

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого _____
Кафедра _____ Електропостачання та енергоменеджменту _____

<p>«До захисту в ЕК» Директор інституту _____ <u>Сергій БЛАЖЕНКО</u> _____ (підпис) (ім'я та прізвище)</p>	<p>«До захисту допущено» Завідувач кафедри _____ <u>Сергій БАЛЮТА</u> _____ (підпис) (ім'я та прізвище)</p>
« ___ » _____ грудня 2025 р.	« ___ » _____ грудня 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності _____ 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» _____

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____ «Електротехнічні системи електроспоживання» _____

на тему: « _____ Вплив відновлюваних джерел енергії на формування балансів електричної енергії енергосистеми _____ »

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЕЛ-2-6М

_____ Левчук Владислав Вікторович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Серьогін Олександр Олександрович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____ Володимир ТЕЛИЧКУН _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально - науковий інженерно - технічний інститут ім. акад. І. С. Гулога

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ЕПЕМ

/Сергій БАЛЮТА/

“17” вересня 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Левчука Владислава Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вплив відновлюваних джерел енергії на формування балансів електричної енергії енергосистеми

керівник роботи Серьогін Олександр Олександрович, професор, доктор технічних наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 17 вересня 2025 року № 712-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 10 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Оцінювання впливу відновлюваних джерел енергії на структуру генерації в загальному балансі ОЕС України.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Проведення аналізу нормативно-правового забезпечення, щодо формування балансів потужності; аналіз режимів генерації ВЕС та СЕС, визначення ефективності їх роботи; розробка прогнозних добових балансів потужності на 2025 рік, з врахуванням розвитку ВДЕ.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Презентація до пояснювальної записки, 28 слайдів

Анотація

Левчук Владислав Вікторович

Дипломний проект на тему:

«Вплив відновлюваних джерел енергії на формування балансів електричної енергії енергосистеми»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ-2025
141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Структура і обсяг роботи. Магістерська дисертація на тему: " Вплив відновлюваних джерел енергії на формування балансів електричної енергії енергосистеми" складається із вступу, 3 розділів, висновків, переліку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 87 сторінок основного тексту, в тому числі 36 рисунки, 23 таблиць, 27 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Актуальність теми. Електроенергетична система України - це сукупність електростанцій-генераторів та споживачів що з'єднані між собою мережами та загальним режимом роботи. Графіки добового споживання і генерації електроенергії Об'єднаної Енергосистеми (ОЕС) України є досить нерівномірними. В той же час існує дефіцит так званих «маневрених» генеруючих потужностей, що можуть працювати в діапазоні потужностей тим самим приймаючи участь у регулюванні частоти енергосистеми так як з точки зору собівартості електроенергії «базові» блоки атомних електростанцій (АЕС) як правило працюють на одному стабільному рівні (технологічно складно, небезпечно та економічно недоцільно змінювати виробіток в часі). Загалом рівень маневреної генерації не перевищує 9%. В той же час економічні стимули для будівництва домашніх і промислових вітрових електростанцій (ВЕС) та сонячних електростанцій (СЕС) в Україні є одними з найпривабливіших у світі, що на фоні стійкої тенденції зниження вартості енергії, одержуваної від поновлюваних джерел, забезпечило їх бурхливе будівництво і проектування. Головною ж особливістю роботи ВЕС та СЕС є

погана прогнозованість їх потужності навіть в короткостроковій перспективі та стохастичний режим роботи з можливістю швидких змін потужності, а також значні відмінності графіків виробництва ними електроенергії у різні, навіть суміжні розрахункові періоди.

Енергетичною стратегією України до 2030 року та Енергетичною стратегією України до 2035 року передбачається досягнення частки відновлювальних джерел енергії 11% до 2020 року. На сьогодні ця частка, за даними НКРЕКП, не перевищує 2%, яка успішно інтегрована до загальної структури генерації ОЕС України, як в нормативно-правовому полі, так і з точки зору диспетчеризації. Загалом, вирішенням проблем, що пов'язані з інтеграцією відновлюваних джерел енергії до загальної структури генерації представлено в роботах авторів Лежнюка П. Д., Жаркіна А.Ф., Кириленка О.В., Папкова Б.В., Денисюка С.П., Попова В.А., Огорокова В.Р., Костюковського Б.А., Кудрі С.О., Баска Б.І. Розен В.П., Дубовський С.В.

У більшості наукових досліджень у галузі відновлюваної енергетики зосереджено увагу на загальних і регіональних характеристиках відновлюваних джерел енергії та визначенні способів їх використання. Разом з тим, враховуючи значну кількість робіт закордонних та вітчизняних вчених дослідження граничних рівнів встановленої потужності ВЕС та СЕС, що дозволять забезпечити роботу всієї наявної потужності АЕС, та проведення прогнозування величини гарячих резервів, що залишаться в управлінні при веденні диспетчерського режиму за умови використання потенційно повної наявної потужності АЕС ВЕС та СЕС є актуальною задачею для електроенергетики країни та складає напрям дослідження.

Усі джерела енергії можна поділити на відновлювані і невідновлювані.

Завдяки фотосинтезу ми маємо головні форми енергії – горючі копалини і біомасу.

Завдяки цьому вони мають постійну потужність. Невідновлювані джерела

енергії характеризуються неможливістю їхнього поповнення після використання.

Якщо співставити цю величину з оцінками енергії, що міститься в розвіданих запасах більшості наукових досліджень у галузі відновлюваної енергетики зосереджено увагу на загальних і регіональних характеристиках відновлюваних джерел енергії та визначенні способів їх використання. Разом з тим, враховуючи значну кількість робіт закордонних та вітчизняних вчених дослідження граничних рівнів встановленої потужності ВЕС та СЕС, що дозволять забезпечити роботу всієї наявної потужності АЕС, та проведення прогнозування величини гарячих резервів, що залишаться в управлінні при введенні диспетчерського режиму за умови використання потенційно повної наявної потужності АЕС ВЕС та СЕС є актуальною задачею для електроенергетики країни та складає напрям дослідження

Метою магістерської дисертації є оцінювання впливу відновлюваних джерел енергії на структуру генерації в загальному балансі ОЕС України.

Для досягнення цієї мети вирішувалися наступні завдання:

- проведення аналізу нормативно-правового забезпечення, щодо формування балансів потужності;
- аналіз режимів генерації ВЕС та СЕС, визначення ефективності їх роботи;
- розробка прогнозних добових балансів потужності на 2025 рік, з врахуванням розвитку ВДЕ;

визначення граничних умов інтеграції ВДЕ до балансу потужності на 2025 рік

- удосконалення методу формування прогнозних балансів потужності в розрізі доби із врахуванням встановлених закономірностей розвитку ВДЕ.

Предметом дослідження є методи та засоби формування добових балансів потужності ОЕС України з врахуванням впливу відновлюваних джерел енергії. Вихідні дані: прогнозні обсяги генеруючих потужностей, що вводяться за роками та виданих ТЕО, відновлюваних джерел енергії на 2020

рік, дані фактичної роботи ВЕС, СЕС та інших видів генерації, фактичні добові рівні споживання в ОЕС України.

Методи дослідження. В роботі використовувався метод відносних приростів для розподілу навантажень між ТЕС, математичні методи лінійної та нелінійної апроксимації за методом найменших квадратів, графічний метод дослідження, регресійно-кореляційний аналіз за допомогою пакету “Аналіз даних” MS Excel.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

Набула подальшого розвитку методика формування прогнозних довгострокових балансів потужності в розрізі доби, що дає змогу оцінити вплив ВДЕ на балансову надійність в ОЕС України шляхом:

- визначення погодинного прогнозного рівня розвантаження АЕС за умови використання в прогнозних добових балансах потужності максимальної прогнозної величини встановленої потужності ВЕС та СЕС, в умовах діючої нормативно-правової бази;
- визначення прогнозної граничної величини встановленої потужності ВЕС та СЕС, що забезпечить максимально можливу генерацію АЕС в умовах діючої нормативно-правової бази;
- визначення погодинного прогнозного рівня розвантаження АЕС за умови використання в прогнозних добових балансах потужності максимальної прогнозної величини встановленої потужності ВЕС та СЕС в умовах відсутності мінімально допустимих складів обладнання ТЕС та їх максимально можливого діапазону робочої потужності;
- визначення прогнозної граничної величини встановленої потужності ВЕС та СЕС, що забезпечить максимально можливу генерацію АЕС в умовах відсутності мінімально допустимих складів обладнання ТЕС та їх максимально можливого діапазону робочої потужності;
- визначення прогнозної величини погодинного гарячого резерву для балансу потужності, в умовах відсутності мінімально допустимих складів обладнання ТЕС та їх максимально можливого діапазону робочої потужності.

Практичне значення роботи. Визначення прогнозних рівнів розвантаження

АЕС за умови використання в добових балансах потужності максимальної прогнозної величини встановленої потужності ВЕС та СЕС дозволить завчасно вжити можливих заходів щодо коригування річних графіків ремонтів та паливних компаній для блоків АЕС.

Визначення прогнозних граничних величин встановленої потужності ВЕС та СЕС, що забезпечить максимально можливу генерацію АЕС та прогнозних величин погодинного гарячого резерву для в умовах повної прогнозної генерації АЕС, ВЕС та СЕС дозволить реально оцінювати довгострокові можливості ОЕС України щодо інтеграції до структури своєї генерації ВДЕ та завчасно вжити всіх необхідних заходів задля її успішності.

Апробація результатів роботи. Результати магістерської дисертації були оприлюднені на XIV міжнародній конференції “Контроль і управління в складних системах” (КУСС-2018) що проходила у період з 15 по 17 жовтня 2025 року.

Публікації. Веремійчук Ю.А., Замулко А. І., Норець М.О. Система управління безпекою постачання електроенергії. Збірник матеріалів конференції «XIV Міжнародна конференція Контроль і управління в складних системах (КУСС-2018)» ВНТУ, Вінниця, С.111.

- **рограмне забезпечення.** Для виконання розрахунків у розділі 3 магістерської дисертації використовувалось наступне програмне забезпечення: Comshare, RAB#4; constructor, MS Excel.

Ключові слова: сонячна електростанція, вітрова електростанція, баланс потужності, базова генерація, встановлена потужність, маневрові потужності, резерв потужності, діапазон потужності, мінімально-допустимий склад обладнання.

ABSTRACT

Structure and scope of the paper. The master's The master's thesis: "Assessment of the impact of renewable energy sources on the formation of electrical energy balances" consists of the introduction, 4 chapters, conclusions, list of sources used. The total volume of work is 116 pages of the main text, including 38 figures, 23 tables, 58 bibliographic titles in the list of references.

Timeliness of the topic. The electric power system of Ukraine is a combination of power generators and consumers connected to each other networks and general mode of operation. Graphs of daily consumption and generation of electricity of the United Energy System (UES) of Ukraine are enough uneven At the same time there is a shortage of so-called "maneuverable" generating capacities that can operate in a range of capacities, thus taking part in regulating the frequency of the power system, since from the point of view of the cost price of electricity "basic" blocks of nuclear power plants (NPPs) usually operate at one stable level (it is technologically difficult, dangerous and economically inexpedient to change output in time). Generally, the level of maneuverability does not exceed 9%. At the same time, economic incentives for the construction of domestic and industrial wind power plants (WPP) and solar power plants (SES) in Ukraine are among the most attractive in the world, which, given the steady decline in the cost of energy from renewable sources, provided them with rapid construction and designing. The main feature of WPP and SES work is the poor predictability of their capacity, even in the short run, and the stochastic mode of operation with the possibility of rapid changes in power, as well as significant differences in the graphs of their production of electricity in different, even adjacent design periods.

Reference of the paper to the scientific programs, plans, topics. The Energy Strategy of Ukraine until 2030 and the Energy Strategy of Ukraine until 2035 predict a share of renewable energy sources of 11% by 2020. Today,

according to the National energy and utilities regulatory commission, this share does not exceed 2%, which has been successfully integrated into the overall structure of the UES generation in Ukraine both in the regulatory field and in terms of dispatching. In general, scientists dealing with the problems associated with the integration of renewable energy sources to the general structure of generation are engaged by scientists from all over the world Lezhnyuk P.D., Zharkina AF, Kyrylenko O.V., Papkova B.V., Denysyuka S.P., Popova VA, Okorokova VR, Kostyukovsky B.A., Kudri S. O., Baska B.I. Rosen V.P., Dubovsky S.V.

In particular, Kostyukovsky B.A. Several representative scenarios of development have been proposed, generating the capacity of the UES of Ukraine in the long run, including the adoption of a national emission reduction plan for large combustion plants. In these works, the boundary levels of the installed capacity of WPP and SES were not determined, which would ensure the work of all available NPP capacity. Also, the projected values of the hot reserves that will remain in operation under the control of the dispatch regime are not given, provided that the potential full capacity of the NPP, WPP and SES is utilized.

The objective of the master's thesis is an assessment of the impact of renewable energy sources on the generation structure in the overall balance of the UES of Ukraine. To achieve this goal the following tasks were solved: the analysis of the actual level of production of WPP and SES in the UES of Ukraine was performed separately for each season, their average daily production level was determined with the construction of daily average profiles, as well as the hourly rate of utilization of installed capacity, the actual consumption level in the UES of Ukraine was analyzed during the last years and the input parameters for long-term forecasting have been determined; forecasts of daily daily balance of power have been developed for different norms legal and physical conditions that may be relevant in the near future. An algorithm is developed that will allow to carry out long-term forecasting of the structure of generation of the UES of Ukraine under various regulatory and legal conditions.

The research object is the process of forming daily power balances in conditions of increasing the share of RES in the structure of generation.

The research subject there are methods and means for forming the daily balance of power of the UES of Ukraine taking into account the impact of renewable energy sources. Output data: projected volumes of generating capacities introduced annually and issued by the feasibility study, renewable energy sources for 2020, actual operation data of WPP, SES and other types of generation, actual daily consumption levels in the UES of Ukraine. Methods of research. In the work the method of relative increments for the distribution of loads between the TPP, the mathematical methods of linear and nonlinear approximation using the least squares method, the graphical method of research, regression-correlation analysis using the package "Analysis of data" MS Excel was used.

The scientific novelty of the obtained results consists in the following:

For the first time, a methodology has been developed for forming long-term projected long-term power balances in the context of the era, which makes it possible to assess the impact of RES on the balance reliability in the UES of Ukraine by:

- determination of the hourly forecast level of unloading of the NPP, provided that in the forecast daily allowances for the power of the maximum forecast value of the installed capacity of the WEU and SES, in the current regulatory framework, is used;
- determination of the forecast limit value of the installed capacity of the WEU and SES, which will ensure the maximum possible generation of the NPP under the current regulatory framework;
- determination of the hourly forecast level of unloading of the NPP, provided that the maximum forecast value of the installed capacity of the WEU and SES is used in the forecast daily allowances in the absence of the minimum allowable components of the TPP equipment and their maximum range of working power;
- determination of the forecast limit value of the installed capacity of

the WEU and SES, which will ensure the maximum possible generation of the NPP in the absence of the minimum allowable components of the TPP equipment and their maximum possible range of working power;

- determination of the forecast value of the hourly reserve for the balance of power, in the absence of the minimum allowable TES equipment and their maximum operating power range.

Practical value of the paper. Determination of the forecasted discharge levels of the NPP, provided that the use of the maximum forecast value of the installed capacity of the WPP and SES in daily allowances in the daily allowance will allow for the timely adoption of possible measures for adjusting annual charts of repairs and fuel companies for NPP units. Determination of the forecasted limits of the installed capacity of the WEU and SES, which will ensure the maximum possible generation of NPPs and the forecast values of the hourly hot reserve in conditions of full predicted generation of NPPs, WEU and SES, will allow to really assess the long-term potential of the UES of Ukraine for integration into the structure of its generation of RES and use in advance. all the necessary measures for its success.

Approbation of the results. The results of the master's thesis were made public at the XIV International Conference "Control and Management in Complex Systems" (CUSS-2018), which took place from 15 to 17 October 2018 with the publication of a scientific article in the conference proceedings.

Publications. A.I. Zamulko, Y.A. Veremiychuk, M.O Norets, Electricity Security Management System // XIV International Conference KUSS-2018 October 15-17, 2018 //

Software. To perform calculations in section 3 of the master's thesis, the following software was used: Comshare, RAB # 4; constructor, MS Excel.

Key words: solar power station, wind power plant, power balance, base generation, installed power, shunting power, power reserve, power range, minimum allowable equipment.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ	16
ВСТУП	17
РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ	21
1.1 Аналіз стану генеруючих потужностей ОЕС України та режимів їх роботи	21
1.2 Стан і розвиток сонячної та вітрової енергетики в провідних країнах світу. Статистика розвитку сонячної та вітрової електроенергетики України.	24
1.3 Перспектива побудови відновлюваних джерел енергії на території України	29
1.4 Визначення основних викликів та загрози що пов'язані зі збільшенням частки відновлюваних джерел енергії в покритті загального балансу потужності в ОЕС України.....	32
Висновки до розділу 1	35
РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНУВАННЯ ВІТРОВИХ ТА СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ, ЇХ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ БАЛАНСУ ПОТУЖНОСТІ В ОЕС УКРАЇНИ	36
2.1 . Аналіз чинників та параметри, які визначають ефективність використання сонячних та вітрових електростанцій	36
2.2 Аналіз фактичного рівня виробітку ВЕС та СЕС в ОЕС України у період 2024-2025 рр.....	41
2.2.1 Визначення середньодобового рівня виробітку ВЕС та СЕС окремо для кожної пори року протягом 2024-2025 рр	41
2.2.2 Побудова середньодобових профілів виробітку ВЕС та СЕС для кожної пори року протягом 2024-2025 рр	43
2.2.3 Визначення погодинного коефіцієнту використання встановленої потужності для середньодобового рівня виробітку ВЕС та СЕС окремо для кожної пори року протягом 2024-2025 рр. та усередненого за два роки	44

2.3 . Аналіз фактичного рівня споживання в ОЕС України протягом 2024-2025 рр.....	46
2.4 Порівняльний аналіз профілів середньодобового виробництва СЕС та ВЕС з профілями середньодобового споживання в ОЕС України	48
Висновки до розділу 2	50
РОЗДІЛ 3 ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ФОРМУВАННЯ БАЛАНСІВ ПОТУЖНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ НА 2024, 2025 р.....	52
3.1 Методика визначення прогнозу електроспоживання ОЕС України.....	52
3.2 Методика визначення прогнозу необхідного покриття ОЕС України	53
3.3 Методика складання заданого графіку навантаження	55
1.1.1 Загальні положення складання заданого графіку навантаження	55
1.1.2 Вибір складу обладнання та розрахунок заданого графіка навантаження для виробників, які працюють за ціновими заявками	58
1.1.3 Метод відносних приростів для розподілу навантажень між ТЕС	70
3.4 Визначення вхідних параметрів для розробки усереднених балансів потужності на 2018 рік та прогнозних балансів потужності на 2025 рік	73
3.4.1 Проведення кореляційно-регресійного аналізу залежності рівня фактичного споживання 2024-2025 рр. від температури навколишнього середовища, побудова математичних моделей	73
3.4.2 Визначення середнього рівня споживання електричної енергії в ОЕС України на 2024 та прогнозного 2025 роки. Побудова профілів споживання 2018 та 2020 року	78
3.5 Розробка прогнозних балансів потужності на 2025 р	82
Висновок до розділу 3.....	83
Список використаних джерел.....	84

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ

АЕС - атомна електростанція;

ВДЕ - відновлювальні джерела енергії;

ВЕС - вітрова електростанцій;

ГАЕС - гідроакumuлююча електростанція;

ГЕС - гідроелектростанція;

КВВП - коефіцієнт використання встановленої потужності;

МЕА - Міжнародна енергетична Асоціація;

ОЕС - об'єднана енергетична система;

СЕС - сонячна електростанцій;

ТЕО - техніко -економічне обґрунтування;

ТЕС - теплоелектростанція;

ТЕЦ - теплоелектроцентрально.

ВСТУП

Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії останнім часом стали одним із важливих критеріїв сталого розвитку світової спільноти. Здійснюється пошук нових і вдосконалення існуючих технологій, виведення їх до економічно ефективного рівня та розширення сфер використання.

Головними причинами такої уваги є очікуване вичерпання запасів органічних видів палива, різке зростання їх ціни, недосконалість та низька ефективність технологій їхнього використання, шкідливий вплив на довкілля, наслідки якого все більше і більше турбують світову спільноту.

До нетрадиційних відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) відносять гідроелектростанції (великі, середні та малі), геотермальну, сонячну, фотоелектричну та теплову енергію, енергії припливів, хвиль океану, вітру, тверду біомасу, гази з біомаси, рідкі біопалива та відновлювані муніципальні відходи, а також теплову енергію, що «створюється» завдяки тепловим насосам, торф, шахтний метан та вторинні джерела енергії, такі як: скидне тепло, промислові відходи, тиск доменного газу та природного газу під час його транспортування.

На сьогодні частка НВДЕ у виробництві енергії у світі ще не є значною, але їх потенціал на кілька порядків перевищує рівень світового споживання паливно-енергетичних ресурсів. Темпи зростання обсягів виробництва енергії НВДЕ також значно перевищують аналогічні для традиційних видів енергії. Так, у найближчі 10 років, прогнозується щорічне зростання світових обсягів виробництва електроенергії традиційної електроенергетики на рівні 2,8%, а електроенергії НВДЕ - 9,2% [1].

В Україні також існує значний потенціал використання НВДЕ. З іншого боку, проблеми ефективності використання традиційних джерел енергії в Україні стоять ще гостріше, ніж у світі чи країнах ЄС. Причинами цього є застарілі

технології, вичерпання ресурсів використання основних фондів генерації електроенергії і тепла, що разом з низькою ефективністю використання палива призводить до значних обсягів викидів шкідливих речовин. Значні втрати при транспортуванні, розподілі та використанні електроенергії і тепла, а також монопольна залежність від імпорту енергоносіїв ще більш ускладнюють ситуацію на енергетичних ринках країни.

Таким чином, Україна має нагальну потребу у переході до енергетично ефективних та екологічно чистих технологій, якими є, в тому числі, і НВДЕ. Але, незважаючи на декларативні заяви щодо усвідомлення цієї потреби з боку різних гілок влади та низку нормативно-законодавчих актів, які стосуються розвитку НВДЕ, - реальних кроків щодо впровадження НВДЕ зроблено досить мало. Частка НВДЕ в енергетичному балансі країни становить лише 7,2 % (6,4 % - позабалансові джерела енергії; 0,8 % - відновлювані джерела).

В умовах зростаючої енергетичної залежності України від російських енергетичних поставок та постійного підвищення цін на енергоносії, енергоємна національна економіка, що розвивається, зазнає значних втрат, що призводить до зниження рівня виробництва та гальмування соціально-економічного розвитку. Тож питання зниження енергозалежності через формування ефективної програми енергозбереження та розвитку альтернативної енергетики України слід віднести до стратегічно важливих, які потребують нагального вирішення.

Україна намагається не відставати від розвинених європейських країн, які динамічно розвивають „зелену” енергетику, максимально використовуючи власний природний потенціал. Лише у 2009 р. з державного бюджету на розвиток альтернативної енергетики в Україні було виділено 500 млн. грн. на об'єкти Міністерства житлового господарства і 1,5 млрд. грн. - за лінією Міністерства регіонального розвитку і будівництва. Але ефективність державної політики у сфері альтернативної енергетики залежить у першу

чергу від ефективності нормативно-законодавчої бази, яка покликана створювати сприятливі умови для роботи на українському ринку відновлюваної енергетики. Основними законами, що регулюють правовідносини у сфері альтернативної енергетики є Закон України „Про альтернативні джерела енергії” [2], прийнятий Верховною Радою України 20 лютого 2003 р. 26 вересня 2008 р. Верховна Рада України ухвалила Закон про „зелені тарифи” на електричну та теплову енергію, 17 лютого 2009 р.[3]. Верховна Рада України прийняла Закон «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України з питань оподаткування щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії та видів палива» 1 квітня 2009 р.[4]. Президентом України був підписаний Закон про внесення змін до Закону України „Про електроенергетику” [5] щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії. Більшість фахівців-енергетиків позитивно оцінюють прийняття Закону про „зелений тариф”, згідно з яким оптовий ринок електричної енергії України зобов’язаний купувати по „зеленому тарифу” електричну енергію, що добута з альтернативних джерел енергії. „Зелений тариф” затверджується Національною комісією регулювання електроенергетики України для суб’єктів господарювання, які є виробниками електричної енергії на альтернативних джерелах, строком на 10 років.

Суттєвим законодавчим кроком на шляху до розвитку альтернативної енергетики можна вважати надання податкових пільг енергокомпаніям, що працюють на альтернативних джерелах енергії, вивільнені кошти за рахунок наданих пільг мають направлятись на здешевлення вартості продукції. Згідно з внесеними змінами до Закону України „Про податок на додану вартість” [6], до 1 січня 2019 р. звільняються від оподаткування операції з ввезення на митну територію України обладнання для виробництва енергії з альтернативних джерел енергії, якщо таке обладнання не виробляється на митній території України. Закон про внесення змін до Закону України „Про електроенергетику” встановлює чіткі схеми обрахунку так званого „зеленого

тарифу” для кожної галузі альтернативної енергетики, залежно від кількості енергії, яку вона виробляє. Такий крок робить більш прозорими схеми встановлення тарифу для конкретної енергокомпанії. Зазначений порядок стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії застосовується за умови, що починаючи з 1 січня 2012 р. питома вага сировини, матеріалів, основних фондів, робіт та послуг українського походження у вартості будівництва відповідного об’єкта електроенергетики становить не менше 30 %, а починаючи з 1 січня 2014 р. - 50 %. Додатковою умовою застосування зазначеного порядку стимулювання виробництва електроенергії за допомогою геліоустановок є використання, починаючи з 1 січня 2011 р., на об’єктах електроенергетики сонячних модулів, у вартості виробництва яких питома вага матеріалів та сировини українського походження становить не менше, ніж 30 %.

Представники компаній, що працюють на українському ринку альтернативної енергетики, зазначають, що існуюче законодавство недосконале та потребує значних доповнень та уточнень. Зокрема, наголошується на тому, що процедура отримання пільги у вигляді звільнення від податку на прибуток є досить складною та забюрократизованою. Таку пільгу може отримати підприємство, яке занесено до спеціального Державного реєстру. Для того, щоб потрапити в реєстр треба пройти відповідну експертизу Державної інспекції по енергозбереженню, однак відповідну інструкцію було розроблено лише для енергоефективних проектів, а механізм проведення подібних експертиз для виробників обладнання не визначено. Щодо положення закону згідно з яким вивільнені за допомогою пільг кошти мають направлятися на здешевлення продукції, то механізми контролю за тим, чи дійсно ці кошти направляються на зазначені законом цілі, не визначені. Слід зазначити, що до сьогодні несформований реєстр імпортованої продукції альтернативної енергетики, що виробляється за межами України, на яку поширюється пільга у вигляді скасування ввізного мита. Не чітко визначений механізм отримання „зеленого тарифу” в Законі

про „зелений тариф”. Більшість експертів наголошують на тому, що проблемним моментом у процедурі отримання „зеленого тарифу” є досягнення домовленостей з обленерго, які знаходяться у приватній власності, тому виникають проблеми з підписанням відповідних договорів. Не врегульовані питання компенсації витрат енергокомпаній, працюючих на альтернативних джерелах, за підключення до єдиної електромережі [5, с. 14, 15]. Україна може посісти гідне місце серед країн-виробників сонячних фотоелементів на кремнієвій основі. На сьогодні українські виробники кремнієвих фотоелементів використовують кремній китайського виробництва. Кабінет Міністрів України минулого року звернув увагу на проблему вироблення власного кремнію та ухвалив Постанову Кабінету Міністрів України від 28.10.2009 р. № 1173, згідно з якою затверджено Державну цільову науково-технічну програму „Створення хіміко-металургійної галузі виробництва чистого кремнію протягом 2009-2012 років” [7]. Фахівці Мінпромполітики зазначають, що реалізація Програми оцінюється у 2,7 млрд. грн., з яких держава профінансує біля 7 %, які підуть на наукові дослідження. Решту фінансування виконання програми забезпечать підприємства, які візьмуть участь в її реалізації.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТА СТАН РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1 Види альтернативних джерел електроенергії

Відновлювана енергія – це енергія, вироблена за допомогою ресурсу, який швидко заповнює (відновляється) у результаті природного або природного процесу, що не припиняється.

Експерти ООН запропонували наступну класифікацію ВДЕ:

- сонячна і вітрова енергія;
- енергія від використання торфу, біомаси, включаючи відходи сільського, лісового, промислового й комунального сектору;
- енергія падаючої води, включаючи ГЕС, потужністю меншою за 1 Мвт;
- геотермальна енергія;
- хвильова енергія, включаючи енергію течій, припливів і відливів, а також енергія температурних перепадів океану;
- енергія залишкового тепла землі (низькопотенціальна енергія).

Одним із ключових векторів сталого розвитку високотехнологічних країн став вибір екологічно чистої енергетики майбутнього, який включає [1]:

- застосування інноваційних принципів вироблення відновлюваної енергії, що сприяє її ефективному використанню, дасть додатковий імпульс охороні навколишнього середовища, забезпечить надійне енергопостачання й підвищення конкурентоспроможності економіки;

- енергозбереження на благо екологічно чистого майбутнього, враховуючи, що викопне паливо довгий час буде затребуване світовою енергетикою, дасть пріоритет тим інноваційним технологіям, які будуть спрямовані на зниження його шкідливого впливу на навколишнє середовище;
- стимулювання науково-дослідних розробок, спрямованих на впровадження екологічно чистої енергетики;
- створення джерел фінансування ВДЕ шляхом удосконалювання ринкових інструментів, включаючи податкові;
- зм'якшення наслідків кліматичних змін, шляхом вироблення необхідних заходів для розвитку ринків технологій «чистої» енергетики, підвищення їх доступності для країн, що розвиваються.

За прогнозом Міжнародного енергетичного агентства [2] (МЕА), до 2025 року споживання електроенергії у світі досягне 26 трлн. кВт/год, при цьому встановлена потужність електростанцій сягатиме 5500 ГВт, до 2035 року – 32 трлн. кВт/год, установлена потужність електростанцій досягне 5900 ГВт. Значну роль (близько 44%) у досягненні заявлених параметрів лідери провідних держав відводять ВДЕ, оскільки традиційні способи вироблення електрики, мають обмежений первинний ресурс, завдають певної шкоди навколишньому середовищу [3].

У 2014 році за даними щорічного інвестиційного дослідження UNEP [4] глобальні інвестиції у ВДЕ досягли 290 млрд. євро, а в 2015 році цей показник перевищив 329 млрд. доларів США [5].

Наявність технологічних інновацій призвело до впровадження поліпшених виробничо-споживчих продуктів ВДЕ з меншими витратами ресурсів. В умовах достатнього вітрового і сонячного потенціалу й не завжди передбачуваних цін нафта, а також дорогої інфраструктури для їхнього застосування, ВДЕ починають успішно конкурувати із традиційною енергетикою.

За останнє п'ятиріччя розвитку інноваційних технологій в секторі ВДЕ практично вдвічі

Автономні системи відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) не є надійними через непостійну доступність та зміни кліматичних умов. В останні роки системи з ВДЕ, такі як автономні сонячні фотоелектричні, вітрові системи були просунуті по усьому світу в порівняно більших масштабах.

Ці незалежні системи не можуть забезпечити безперервне джерело енергії оскільки вони сезонні по своїй природі, фотоелектрична енергетична система не може забезпечити надійною потужністю в несонячні дні, автономна вітрова система не може задовольнити вимогам постійного навантаження внаслідок значних флуктуацій величини швидкостей вітру від години до години протягом року. Очевидно, що комбінація двох або більше ВДЕ більш ефективна, ніж система з одним джерелом з погляду ціни, ефективності й надійності. Така система називається гібридною відновлюваною енергетичною системою (ГВЕС) і стає елементом ринку, що найбільш швидко розвивається в усьому світі.

Як результат, використання вітрової й сонячної фотоелектричної генерації енергії стає реальністю. Однак не можна відмовлятися від інших джерел відновлюваної енергії (ВЕ) / альтернативної енергії (АЕ), технологій генерації, таких як океанська хвиля й припливи, осмотична, геотермальна, паливних елементи (ПЕ) та мікротурбін (МТ).

Загалом, гібридні системи перетворюють усю отриману енергію в один вид, звичайно електричну й/або накопичують енергію в деякому вигляді (хімічному, стисненого повітря, тепловому, механічному маховику, тощо) і агрегований вихід використовується для живлення різноманітного навантаження.

Гібридизація призводить до збільшення надійності системи ВДЕ, однак передбачає оптимальний вибір джерел енергії та технологій їх відбору, що

буде визначати методологію проектування таких систем для покращення експлуатаційних характеристик, розв'язання задач диспетчеризації й керування. Різні джерела генерації можуть сприяти один одному у досягненні більш високої енергетичної ефективності і/або поліпшувати функціонування.

Накопичувальний елемент це складова частина гібридної ВЕ й АЕ системи генерації енергії. Технології зберігання енергії з високою ємністю, такі як насосна гідроелектростанція, зберігання енергії стисненого повітря й зберігання водню загалом не мають швидкого часу відгуку й використовуються для довгочасного зберігання енергії/ керування повільною варіацією навантаження.

З іншого боку, для реагування на короткі тимчасові перешкоди, такі як швидкі перехідні процеси при навантаженні й для прискорення навантаження, використовуються пристрої зберігання з високою швидкістю, такі як батареї, маховики, суперконденсатори й надпровідне магнітне сховище енергії (НМСЕ). Короткий огляд різних технологій генерації енергії ВЕ / АЕ й різних схем зберігання енергії, які можуть використовуватися в гібридних системах.

Таблиця 1.1 - Технології генерації енергії та різні способи зберігання енергії

Основні технології ВУ / АУ	Варіанти накопичення енергії
Біомаса	Акумуляторна батарея
Геотермальна	Стиснене повітря
Гідро/мікрогідро	Махове колесо
Океанські припливи/Хвилі	Водень
Сонячні фотоелектричні панелі	Гідравлічні насоси
Вітер	НМСЕ
Паливний елемент	Суперконденсатор

Будь-яка комбінація технологій генерації енергії ВЕ / АЕ за належного зберігання і, можливо, у комбінації із традиційною технологією генерації, наприклад, дизель-генератором, може утворювати гібридну енергетичну

систему. Наприклад, гібридна система може мати будь-яку комбінацію систем: вітроенергетичної, сонячної на базі фотоелектричних панелей, мікро-гідро, мікротурбіни, звичайного дизель-генератора, акумуляторної батареї й сховища водню, зробленого на основі електролізу, у мережевій або автономній конфігурації.

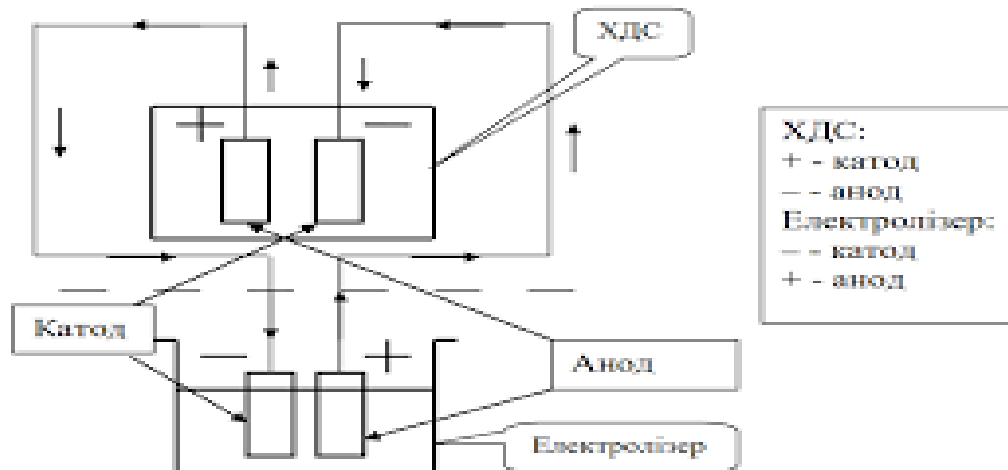


Рисунок 1.1 Перетворення та акумулювання енергії

Виходи різних джерел генерації гібридної енергетичної системи повинні координуватися й контролюватися для одержання максимальної кількості енергії.

Щоб забезпечити максимальну ефективність усієї системи, одночасно сприяючи максимальному скороченню викидів у навколишнє середовище, і в той же час мінімізуючи витрати на виробництво енергії, необхідно використовувати методи багатокритеріальної оптимізації й керування для визначення структури системи й оптимального розподілу одержуваної енергії з різних джерел.

Джерела ВЕ/АЕ мають різні робочі характеристики; тому важливо мати чітко визначену й стандартизовану структуру/процедуру для їхнього з'єднання з метою створення гібридної системи або, більш широко, мікромережа, де локальний кластер джерел розподілених джерел енергії, накопичувачів

енергії й навантажень інтегруються разом і здатні автономно працювати. Робастна мікромережа також повинна мати можливість реалізації технології «включив і працюй», відповідно до якої, пристрою (DG, систему зберігання енергії або кероване навантаження), можуть бути додані в існуючу систему (microgrid), не вимагаючи реконфігурації системи для виконання своєї розробленої функції, а саме: генерації потужності, забезпечення енергоємності або здійснення контролю навантаження.

Для того, щоб вибрати оптимальну конфігурацію гібридної системи, що відповідає вимозі навантаження, оцінка повинна проводитися на основі критеріїв надійності електроживлення й вартості системи життєвого циклу.

До складу гібридних систем можуть також входити джерела теплової енергії (біогазові установки, сонячні теплові колектори) і джерела на органічному паливі (дизель-генератори), які виконують роль резервного живлення. Технологічні конфігурації можуть бути класифіковані відповідно до виду напруги у мережі: постійного, змінного струму або змішані лінії.

У гібридній системі постійного струму всі компоненти з вироблення електрики пов'язані з лініями постійного струму, від яких заряджаються батареї. Батареї повинні мати захист (контролер) від перезарядження й повного розряду. Напруга від джерел змінного струму (вітро-гідротурбіни, дизель-генератор) перетвориться в постійну за допомогою конверторів. Напруга яка виробляється у відповідності до попиту подається на навантаження постійного струму. Навантаження змінного струму живляться через інвертор.

У гібридних системах змінного струму основні джерела напруги можуть бути зв'язані прямо з лінією змінного струму або ж через додаткові конвертори для забезпечення необхідних характеристик змінного струму (актуально у разі з'єднання системи із централізованою електромережею). В обох випадках двонаправлений інвертор контролює подачу енергії для зарядки акумуляторів, а також від акумуляторів на навантаження змінного струму.

Навантаження постійного струму можуть забезпечуватися напругою від акумуляторів.

Виходячи з особливостей роботи, гібридні системи класифікуються як послідовні, що перемикаються та паралельні.

У послідовних системах акумулятори заряджаються від сонячного фотоелектричного модуля (у представленій конфігурації) або від дизель-генератора постійного струму (якщо відсутнє сонячне випромінювання). Від акумуляторів за допомогою інвертора живиться навантаження змінного струму. Система може працювати в ручному або автоматичному режимі за наявності сенсорів зарядки батарей і контролера включення дизель-генератора. Послідовна конфігурація системи має відносно просту схему й у цей час застосовується досить широко.

У якості недоліків можна відзначити часті перезарядження акумулятора, що призводить до скорочення його терміну служби, необхідність наявності батарей підвищеної ємності (для зменшення глибини розряду). Вихід з ладу інвертора призводить до повного відключення споживачів від мережі.

У гібридних системах, що перемикаються, змінна напруга споживачам може подаватися через інвертор від акумуляторів, поновлюваних джерел або від генератора змінного струму. Зарядка акумуляторів здійснюється від поновлюваних джерел або від дизель-генератора (через випрямляч). При роботі системи в автоматичному режимі контролери керування створюють необхідну конфігурацію системи, що дозволяє забезпечити безперебійне живлення споживачів і необхідний рівень заряду акумулятора.

У порівнянні з послідовною гібридна система, що перемикається, має більшу надійність в енергозабезпеченні, але, звичайно, і більшу складність.

У паралельній конфігурації гібридної системи є можливість подачі енергії споживачам незалежно кожним джерелом, що входить у систему (при малих і середніх навантаженнях), а також одночасно від усіх – при пікових

навантаженнях. В останньому випадку потрібна синхронізація форми напруги на виході інвертора й генератора змінного струму. Двонаправлений інвертор забезпечує зарядку акумуляторів від генератора змінного струму й перетворення постійного струму від сонячних батарей і акумуляторів у змінний струм. Слід зазначити, що ефективна експлуатація паралельної гібридної системи вимагає складної системи керування. Однак, виходячи з більших можливостей надійного енергозабезпечення, остання конфігурація має перспективність у практичному застосуванні, особливо, коли в систему підключено кілька видів ВДЕ.

На основі вище наведеного можна відмітити наступні особливості гібридних систем, які роблять їх високоефективними і конкурентоспроможними:

- гнучкість вибору палива, надійність (використання надлишкових технологій і/або зберігання енергії), економічність, зменшення шкідливих викидів;
- можливість включення до їх складу теплових, високопотужних й високоефективних пристроїв (паливні елементи, сучасні матеріали, системи охолодження, тощо);
- можливість одночасно забезпечувати підвищення якості і доступності електроенергії;
- можливість в залежності від місця знаходження включати максимальну кількість ВДЕ;
- забезпечення значно нижчого рівня шкідливих викидів в порівнянні з традиційними технологіями, які використовують корисні копалини;
- досягнення бажаних характеристик при найнижчій прийнятній вартості, що є ключем до прийняття ринком.

Динаміка розвитку сонячної електроенергетики є найбільшою серед ВДЕ в Україні. За виключенням втрат сонячних електростанцій внаслідок анексії

Криму (408 МВт) в Україні існує тенденція до щорічного зростання потужностей СЕС [1]. У 2016 році встановлена потужність сонячних електростанцій збільшилась на 23% . Стрімкий розвиток СЕС в Україні обумовлений відносною простотою реалізації проектів (порівняно з іншими технологіями ВДЕ), істотним падінням цін на обладнання (вартість 1 кВт потужності становить близько 900-1000 доларів) та короткими строками реалізації проекту (6 місяців разом з проектуванням). Хоча обсяг виробництва електроенергії сонячними електростанціями зростає у середньому на 3,5% протягом 2015-2020 років, середня кількість годин роботи станцій на повну потужність за останні три роки знизилась до 928 годин у рік, що відповідає коефіцієнту використання встановленої потужності на рівні 10,6% .

Оцінка технічного потенціалу дослідження потенціалу використання ВДЕ у країнах Південно-Східної Європи (рис.1.2). Одним із етапів проекту стало дослідження технічного потенціалу використання ВДЕ в цих країнах . Оцінка потенціалу сонячної та вітрової енергетики заснована на даних про сонячне випромінювання та наявні вітри у найбільш доцільних територіях регіонів [2].

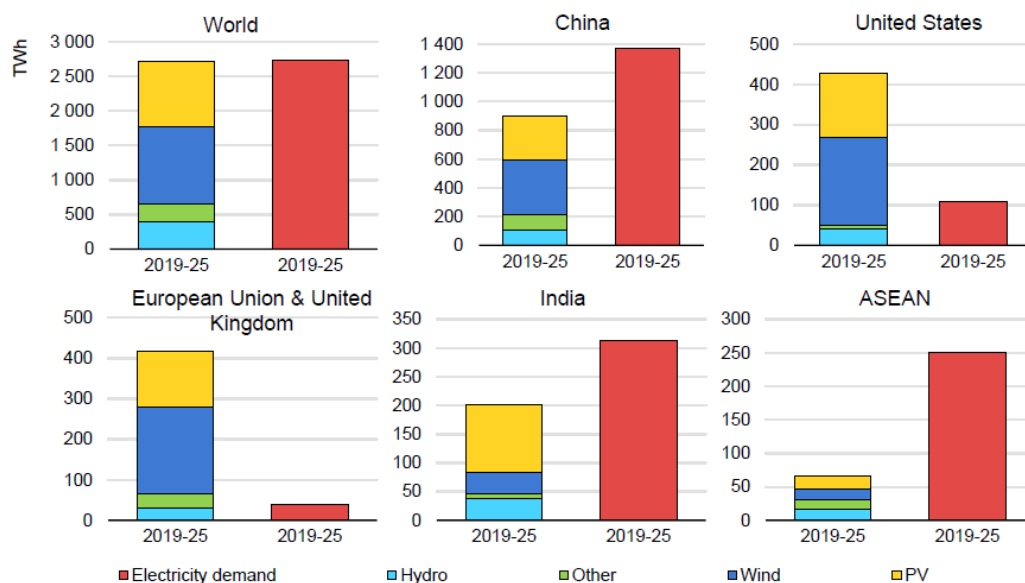


Рисунок 1.2 – Попит на електроенергію та генерацію відновлюваної енергетики, 2019-2025 р.

Очікується, що відновлювана енергетика задовольнить 99% світового зростання попиту на електроенергію протягом 2020-25 років (рис. 1.3). В Європейському Союзі та Сполученому Королівстві очікується збільшення відновлюваної енергетики генерації більш ніж у дев'ять разів перевищує зростання попиту на електроенергію і близьке до триразового зростання попиту США [2]. У більшості країн з розвинутою економікою вугілля, оскільки старіючі флоти виходять на пенсію. У Китаї та Індії прогнози відновлюваної енергетики охоплюють майже 65% зростання попиту, в той час як в країнах АСЕАН викопні палива домінують над збільшенням генерації, запобігаючи зростанню частки відновлюваної енергетики [2].

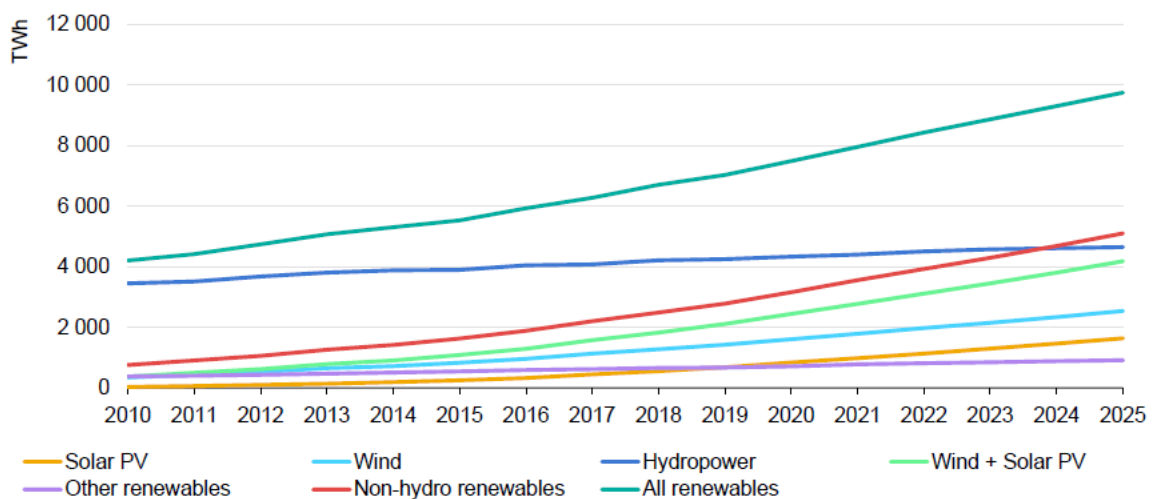


Рисунок 1.3 – Виробництво електроенергії з ВДЕ за технологією, 2010-2025

Гідроенергетика залишається найбільшим джерелом виробництва електроенергії з відновлюваних джерел, але знижується на 50% у 2024 році [2]. Комбінована вітрова та сонячна генерація PV набуває найбільшого приросту 4 000 кВт·год протягом прогнозного періоду [2].

Для розрахунку ВДЕ враховувались такі аспекти:

- ресурсний потенціал;

- відстань до електромереж;
- щільність населення;
- рослинний покрив;
- топографія та висота над рівнем моря;
- розташування природоохоронних територій.

Оцінка була здійснена лише для територій з відповідністю використання ВДЕ більш ніж на 60% [3]. Для інших ВДЕ, інформація про потенціал була обрана з національних енергетичних стратегій або академічних чи техніко-економічних обґрунтувань, а також доповнена та перевірена експертами з енергетики [3]. Більш детально про методологію оцінки - у звіті IRENA “Costcompetitive renewable power generation: potential across SEE” (2017) [3]. За результатами проведеного дослідження було виявлено, що Україна володіє найбільшим серед країн Південно-Східної Європи технічним потенціалом впровадження ВДЕ. Загальний потенціал виробництва електроенергії з ВДЕ в рік складає більше 1 млн ГВт·год [3]. Найбільшу частку (~85%) складає вітрова енергетика – 859 тис ГВт·год [3].

IRENA: економічно-доцільний потенціал розвитку ВДЕ в Україні Програма REmap від IRENA складається з серії дорожніх карт з відновлюваної енергетики для кожної країни, які показують, як ці країни можуть збільшити використання ВДЕ та подвоїти частку альтернативних видів енергії у світовому енергетичному балансі [3]. Важливою частиною цього дослідження стала оцінка потенціалу економічно-доцільно використання ВДЕ в Україні до 2030 року. Економічно-доцільне використання розраховувалось на основі порівняння вартості використання ВДЕ та вартості використання традиційних джерел енергії. Прогнозується, що значна кількість технологій ВДЕ є уже зараз або будуть до 2030 року дешевші порівняно до традиційних джерел енергії за рахунок розповсюдження технологій та ефекту масштабу [3].

Україна володіє значним потенціалом розвитку ВДЕ: як технічно можливим, так і економічно доцільним. Найбільш оптимістичний прогноз наданий IRENA – майже 22 ГВт встановлених потужностей з ВДЕ у 2030 році, що у 20 разів більше ніж у 2016 році. За умови виконання прогнозу IRENA, річна економія викидів CO₂ може скласти 13,4 млн тон [3].

13 жовтня 2020 року, Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) опублікувало новий Огляд світової енергетики 2020 року (The World Energy Outlook 2020), в якому експерти МЕА зосередились на аналізі розвитку глобальної енергетичної системи в наступні 10 років з врахуванням наслідків пандемії COVID-19, а також надали свої рекомендації з прискорення глобального енергетичного переходу до ВДЕ [3]. Висновки цього річного Огляду базуються на детальному моделюванні різних можливих шляхів виходу з кризи, причиною якої стала пандемія COVID-19, з урахуванням особливостей кожного регіону, його енергетичної системи, пріоритетного виду палива та енергетичної політики [3].

За оцінками експертів, через пандемію COVID-19, в 2020 році глобальний попит на енергію скоротився на 5%, викиди CO₂ від сектору енергетики скоротились на 7%, а інвестиції в енергетику скоротились на 18%. Скорочення попиту на окремі види палива складає: 8% - на нафту, 7% - на вугілля, 3% - на природний газ. В той же час, попит на електроенергію скоротився на символічні 2%, а ВДЕ залишились найстійкішими джерелами енергії до викликів пандемії COVID-19 [3].

Експерти МЕА проаналізували шляхи виходу глобального енергетичного сектору з кризи за допомогою 4-х потенційних сценаріїв [3]:

1. Сценарій заявленої державної політики (STEPS) за яким пандемія COVID-19 поступово перейде під контроль урядів у 2021 році, а світова економіка повернеться до докризового рівня [3]. Цей сценарій відображає всі заявлені урядами політичні наміри та цілі в тій мірі, в якій вони реально виконуються [24]. За цього сценарію, глобальний рівень ВВП повернеться до свого

докризового показника вже у 2021 році, а глобальний попит на енергію повністю відновиться на початку 2023 року (проте результати дещо варіюються в залежності від виду палива) [3].

ВДЕ задовольнятимуть 90% глобального попиту на електроенергію в наступні два десятиліття, з домінуючою роллю сонячної енергетики, а рівень використання вугілля вже ніколи не повернеться до минулих показників, а буде і надалі падати (передбачається, що до 2040 року, вперше в історії, частка вугілля в глобальному попиті на енергію впаде нижче 20%) [3].

Щодо попиту на електроенергію, то відповідно до сценарію STEPS, до 2030 року він найшвидше виросте в Індії, яку за показниками супроводжуватимуть Південно-Східна Азія та Африка [3]. В Китаї також спостерігається зростання рівня попиту на електроенергію, частка якого у глобальному попиті досягне 40% у 2030 році [3]. У всьому світі, зростання попиту на електроенергію випереджатиме попит на всі інші види енергії[3].

До 2030 року, частка попиту на електроенергію досягне 21% у глобальному попиті на енергію [3]. Кілька країн, включно з Ганою, Кенією, Сенегалом, Ефіопією і Руандою, знаходяться на шляху до забезпечення цілковитого доступу до електрики вже до 2030 року, але результати сценарію показують, що 660 мільйонів людей як і раніше не матимуть доступу до електрики в 2030 році, включно з 33% всього населення Африки [3].

Генерація електроенергії з ВДЕ до 2030 року зросте на дві третіх порівняно з показником 2020 року[3]. До 2030 року, гідроенергетика, вітроенергетика, сонячна енергетика, біоенергетика та геотермальна енергетика забезпечуватимуть майже 40% глобального електропостачання [3]. Китай все ще займатиме передові позиції на цьому шляху збільшуючи до 2030 року виробництво електроенергії з ВДЕ до показника в майже 1500 мВт·год, що еквівалентно кількості всієї електроенергії виробленої у Франції, Німеччині та Італії в 2019 році [3].

Гідроенергетика залишатиметься найбільшим джерелом ВДЕ, але на першому місці за темпами розвитком знаходитиметься сонячна енергетика, після якої слідуватиме наземна та офшорна вітроенергетики. “Якщо уряди слідуватимуть сценарію STEPS, зростання як сонячної, так і вітрової енергетик буде ще більш вражаючим та доволі обнадійливим у боротьбі зі світовими кліматичними викликами”, - зазначив виконавчий директор МЕА, Фатіх Біроль. Натомість, за словами Фатіха Біроля, розвиток ВДЕ обов’язково має супроводжуватись значними інвестиціями у модернізацію електромереж [3].

2. Сценарій відтермінованого відновлення (DRS) за яким аналізуються ті ж поставлені політичні цілі, що і в сценарії STEPS, проте з урахуванням затягування відновлення від пандемії COVID-19, яка наносить все більший довгостроковий збиток глобальній економічній системі[3]. За цього сценарію, глобальний рівень ВВП до 2023 року не повернеться до свого докризового показника, а глобальний попит на енергію повністю відновиться аж у 2025 році [3]. Попит на нафту впаде нижче 100 млн б.н.е в день, що приблизно на 4 млн б.н.е в день нижче рівня передбаченого сценарієм STEPS [3]. Натомість ні сценарій DRS, ні сценарій STEPS поки що не свідчать про те, що попит на нафту досягнув свого піку[3].

3. Сценарій сталого розвитку (SDS) за яким у наступні 10 років передбачається різке збільшення амбіційності національних політик та інвестицій у екологічно-чисту енергетику, що в повній мірі дозволяє досягнути цілей сталого розвитку, включно з умовами Паризької Угоди, забезпеченням повного доступу до енергії та покращенням якості повітря[3].

Припущення щодо розвитку сфери охорони здоров’я та економіки відповідають аналогічним припущенням сценарію STEPS. Відповідно до сценарію SDS, 2019 рік став останнім роком, коли викиди CO₂ досягли свого пікового рівня. За сценарієм SDS, в наступні 10 років викиди CO₂ будуть на 10 Гігатон нижче, ніж у сценарії STEPS[3].

4. Новий Сценарій нульових викидів до 2050 року (NZE2050) є удосконаленою версією сценарію сталого розвитку[3]. Все більша кількість компаній та країн до середини століття має намір повністю переорієнтуватися на політику вуглецевої нейтральності[3].

Даний сценарій описує ті конкретні кроки, які необхідно виконати за наступні 10 років для досягнення даного результату. Так, до прикладу, для 40% скорочення викидів CO₂ до 2030 року необхідно забезпечити 75% виробництва електроенергії з ВДЕ та 50% продаж електромобілей у 2030 році, порівняно з 2,5% в 2019 році[3].

1.2 Використання СЕС в Україні та за кордоном

Найпотужнішим і найбільш доступним джерелом альтернативної енергетики є Сонце. Технології сонячної енергетики безперервно розвиваються і удосконалюються. Найпоширеніший вид використання «чистої» сонячної енергії це сонячна електростанція (СЕС). Сонячні батареї вимагають мінімального догляду та добре переносять будь-які погодні умови.

СЕС - це система на основі сонячних панелей, які працюють в поєднанні зі спеціальним перетворювачем, або інвертором. Панелі поглинають сонячне світло і переводять постійний струм від них на інвертор А він, в свою чергу, постійну напругу в змінну. Таким чином, підприємство забезпечується безкоштовною енергією, яка залежить від того, наскільки інтенсивний рівень сонячного освітлення.

Територіально Україну можна поділити на чотири зони в залежності від інтенсивності сонячної радіації (рис. 1.4).

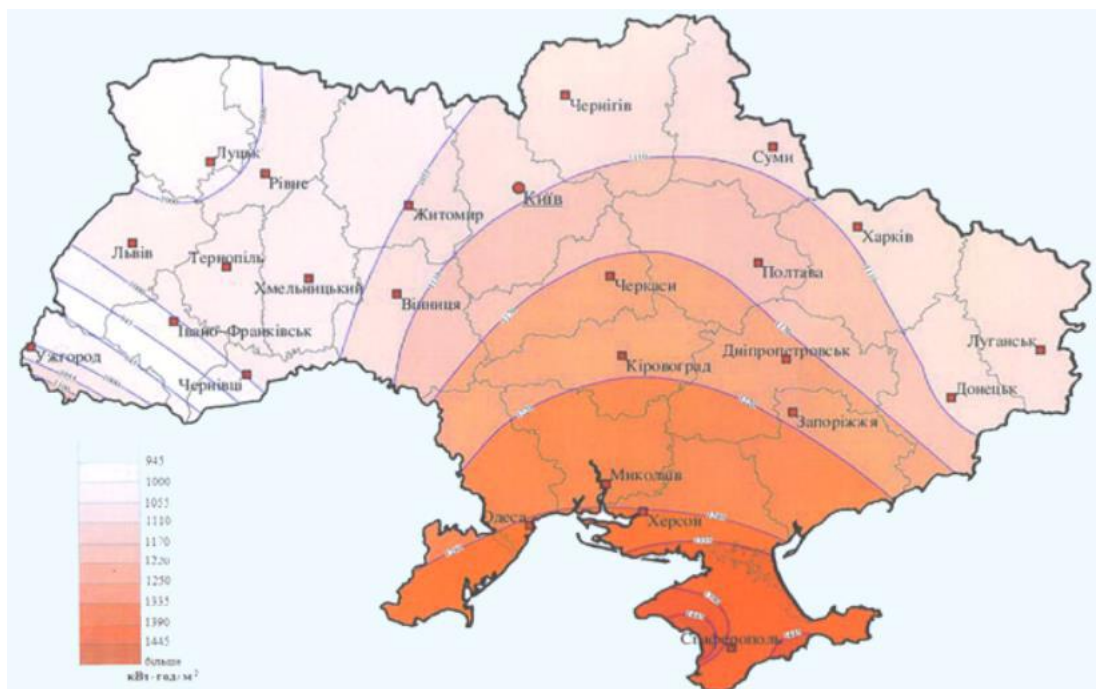


Рисунок 1.4 - Розподіл питомої сумарної сонячної радіації на території України протягом року

Згідно інформації Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України кращими регіонами для перетворення сонячної енергії стали Миколаївська, Одеська, Херсонська області [7] як свідчать дані наведені в табл.1.2.

Середньорічний обсяг електроенергії, що виробляється електростанцією номінальною потужністю 10 кВт складає 6846 кВт·год/рік [7]. Цей показник можна порівняти з показниками більшості країн Західної Європи, де активно розвивається сонячна енергетика (рис. 1.6) [9].

Таблиця 1.2 – Середньомісячне значення інсоляції міст України кВт·год/м² Місяць

Місяць Місто	Місяць												
	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Середня за рік
Миколаїв	1,25	2,10	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Херсон	1,30	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6,00	5,29	4,00	2,57	1,63	1,04	3,55
Запоріжжя	1,21	2,00	2,91	4,20	5,62	5,72	5,88	5,18	3,87	2,44	1,25	0,95	3,44
Маріуполь	1,25	2,04	2,93	4,11	5,57	5,72	5,83	5,18	3,82	2,35	1,26	0,99	3,42
Кривий Ріг	1,23	2,02	2,95	4,20	5,57	5,55	5,77	5,12	3,81	2,45	1,25	0,99	3,41
Дніпро	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,70	5,08	3,66	2,27	1,20	0,96	3,36
Донецьк	1,21	1,99	2,94	4,04	5,48	5,55	5,66	5,09	3,67	2,24	1,23	0,96	3,34
Луганськ	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93	3,34
Кропивницький	1,20	1,95	2,96	4,07	5,47	5,49	5,57	4,92	3,57	2,24	1,14	0,96	3,30
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,90	3,26
Полтава	1,18	1,96	3,05	4,00	5,40	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	3,25
Черкаси	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,40	2,13	1,09	0,91	3,24
Суми	1,13	1,93	3,05	3,98	5,27	5,32	5,38	4,67	3,19	1,98	1,10	0,86	3,16
Ужгород	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88	3,16
Вінниця	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,30	5,16	4,68	3,21	1,97	1,10	0,9	3,11
Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,10
Хмельницький	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,10	0,87	3,06
Житомир	1,01	1,82	2,87	3,88	5,16	5,19	5,04	4,66	3,06	1,87	1,04	0,83	3,04
Чернігів	0,99	1,80	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3,00	1,86	0,98	0,75	3,03
Рівне	1,01	1,81	2,83	3,87	5,08	5,17	4,98	4,58	3,02	1,87	1,04	0,81	3,01
Луцьк	1,02	1,77	2,83	3,91	5,05	5,08	4,94	4,55	3,01	1,83	1,05	0,79	2,99
Тернопіль	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5,00	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,99
Івано-Франківськ	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94
Чернівці	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,4	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94
Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3,00	1,85	1,06	0,83	2,92

Вибір та кількість сонячних панелей здійснюється з огляду електричних характеристик, можливостей встановлення, потужності споживача, площі розміщення [7].

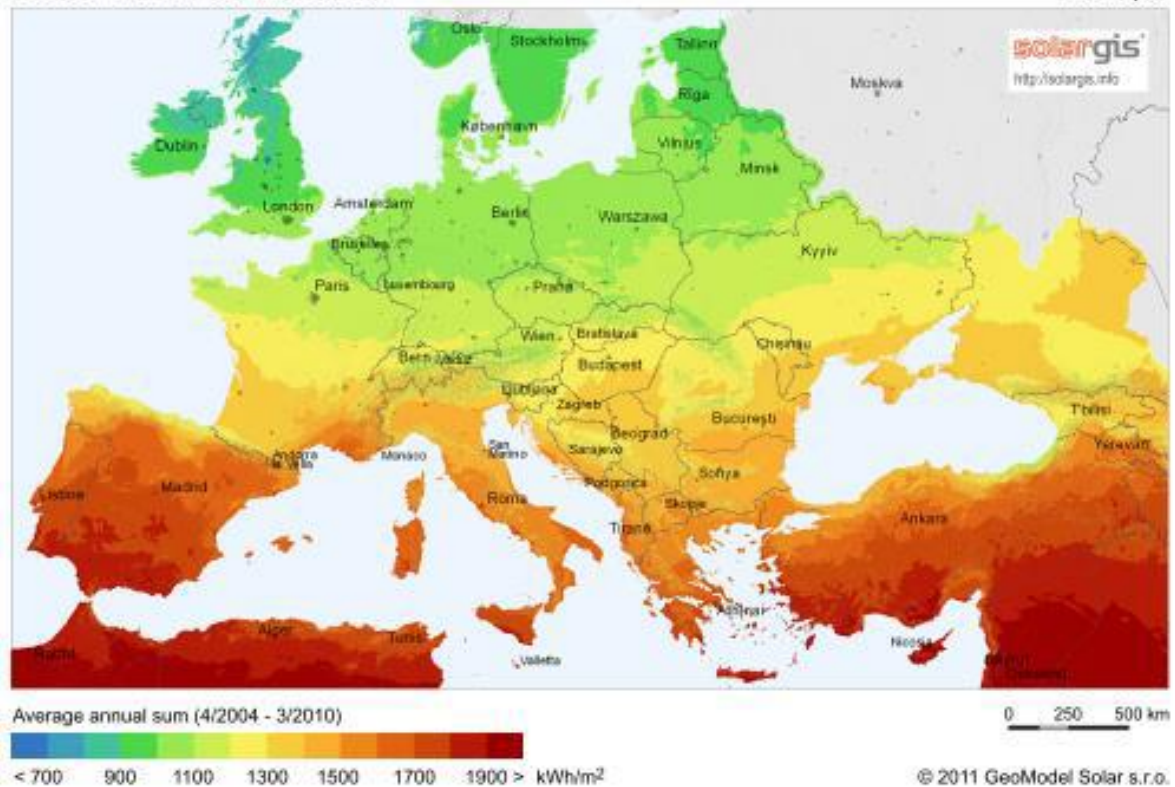


Рисунок 1.5 – Розподіл сонячної радіації по країнам Європи

Сучасний стан. Досвід країн ЄС та північної Америки свідчить, що сонячна енергія може використовуватись в промисловому масштабі навіть вночі. В Іспанії і США є підприємства, що в темний час доби генерують електроенергію з тепла накопиченого в день. Станції, що працюють на сонячній енергії (геліостанції), взагалі безшумні. Істотний недолік полягає у тому, що такі станції займають великі площі. Кожен 1 МВт потужності СЕС потребує відведення щонайменше 1,5 га землі. Мінусом також є те, що вихід енергії – непостійний. На СЕС сьогодні припадає близько 4% виробленої електроенергії з ВДЕ у світі. Перетворення сонячної енергії в електричну відбувається в основному за рахунок використання фотоелектричних елементів. [7]

За допомогою енергії Сонця можна частково забезпечити електроенергією мешканців приватного сектору, (паралельно з роботою електричної мережі).

Для цього використовуються фотоелектричні елементи, які розташовуються на даху будинку [10].

Сонячна енергетика та енергозбереження – загальносвітовий тренд. 2017 рік став знаковим для сонячної фотоелектричної енергетики – у світі ввели в експлуатацію найбільше сонячних потужностей порівняно з іншими типами технологій виробництва електроенергії [7]. На п'ять найбільших національних ринків – Китай, США, Індію, Японію і Туреччину – припадає майже 84% знову встановлених потужностей. Далі йдуть Німеччина, Австралія, Республіка Корея, Великобританія та Бразилія. За сукупною потужністю лідирують Китай, США, Японія, Німеччина, Італія та Індія (рис. 1.6).

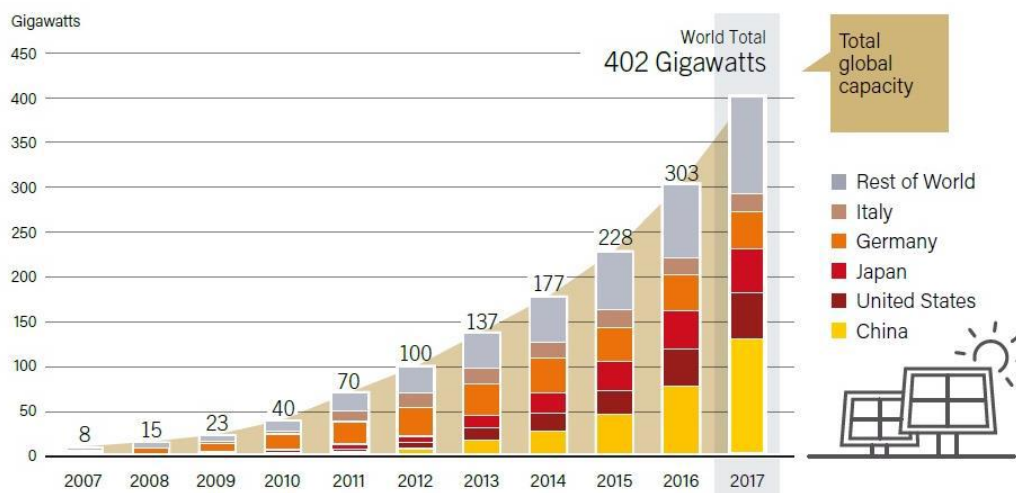


Рисунок 1.6 Глобальна потужність СЕС по країнам або регіонам, 2007-2017 р.

Створення карти сонячної інсоляції в Україні стало необхідною частиною в розвитку альтернативної енергії в нашій країні [7]. Для підтримки розвитку відновлювальної енергетики прийнято було закон про зелений тариф, що дозволяє купляти державі електроенергію, отриману екологічно чистим способом за високою ціною[5]. Най більшої перспективи в розвитку енергетики та серед джерел поновлювальної енергії вважаються саме СЕС, так як рівень інсоляції на 80% площі України становить не менше 3

одиниць[5]. У порівнянні з іншими європейськими країнами це є високим показником для використання сонячної енергії[7].

Згідно даних карти сонячної інсоляції України (рис.1.7) найефективніше сонячні панелі будуть працювати в таких областях [8]: Дніпропетровська, Запорізька, Миколаївська, Херсонська, Одеська.

Саме в цих областях України досягається най більш високий рівень інсоляції в 5 одиниць [8]. При сприятливих умовах в літній період цей показник може досягати 6 одиниць. Самими не сприятливими областями для будівництва сонячних електростанцій являються Чернівецька та Івано-Франківська області, так як показник сонячної енергії в даних областях не перевищує 3 одиниць. В всіх інших областях України показник сонячної інсоляції варіюється в межах 3-5 одиниць[7].

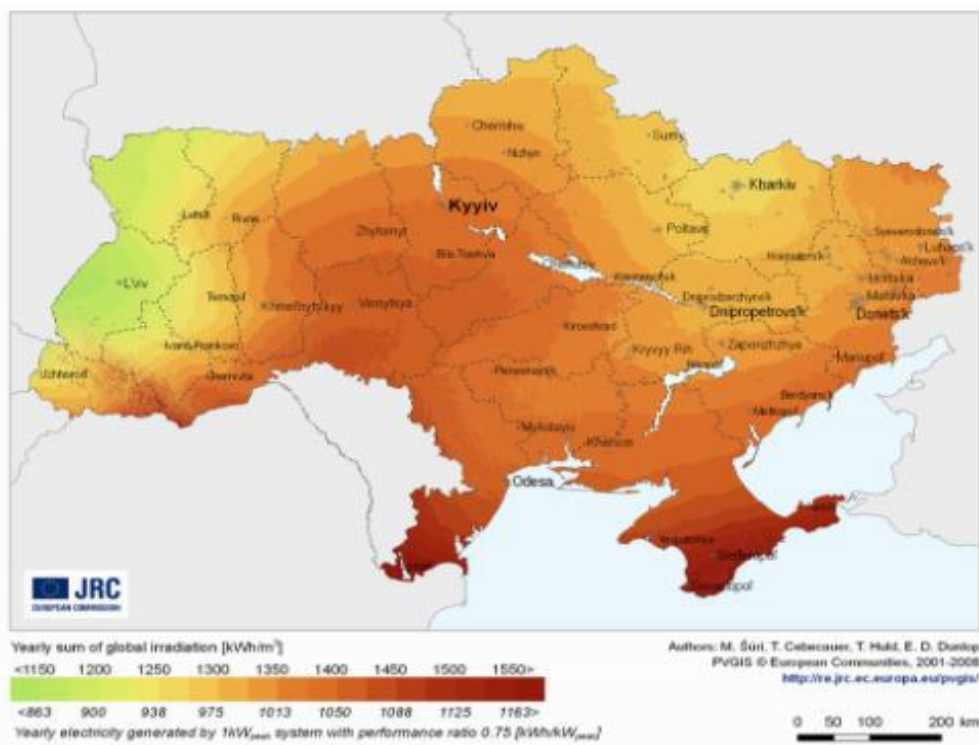


Рисунок 1.7 – Випромінювання і потенціал сонячної енергії в Україні

Переваги використання сонячної енергії для базових станцій (БС) сталіникового зв'язку [11] :

- Відновлювальна сонячна енергія, що є по суті невичерпною;

- Відсутність шкідливих викидів під час експлуатації;
- Простота експлуатації
- Економія

До недоліків відносять:

- Погодні умови.
- Вартість обладнання
- Застосування АКБ Результати досліджень.

Збереження живлення будинків або інших об'єктів для забезпечення безперебійної роботи приладів під час відключення зовнішньої мережі можливе з системою резервного живлення [11] (представлено на рис. 1.9). Основний показник, що необхідний для правильного розрахунку, є сумарна потужність електроприладів, які працюватимуть під час відсутності мережі та їх тривалість роботи [11]. Зі збільшенням вихідної потужності і тривалості роботи збільшується вартість системи, оскільки відбувається збільшення ємності АКБ і потужність інвертора.

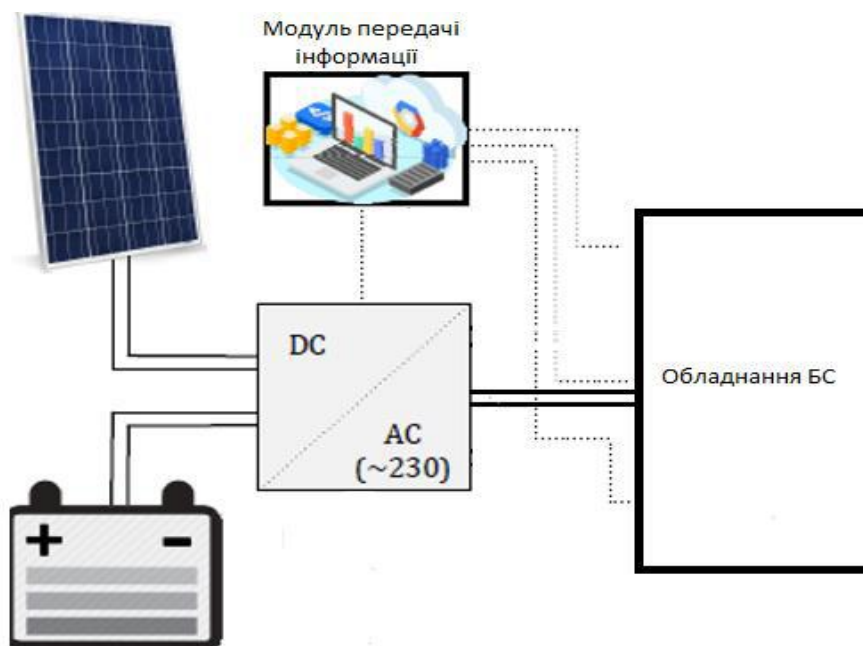


Рисунок 1.8 – Загальна електрична схема живлення автономної системи електропостачання

Оскільки сонячна батарея не може забезпечити постійний потік потужності для навантаження то встановлюється також акумуляторні батареї для короткочасного живлення]. АКБ здатні забезпечувати енергією на не довгий термін . Перемикач підключений до основного пристрою обробки даних, який дозволяє підключати або відключення навантаження. Підключення та відключення навантаження управляється алгоритмом, заснованим на двох параметрах. Одне є пов'язане з інтенсивністю сонячного опромінення. Наприклад, якщо рівень напруги від сонячної батареї та АКБ не може утримувати напругу при номінальному значенні, то навантаження відключиться. Другий параметр - максимальний струм. Якщо велика потужність тоді навантаження відключається. Підключення/відключення користувачі можуть керувати відповідно до своїх налаштувань [11].

1.3 Загальні відомості про стільниковий зв'язок

Мобільний зв'язок – вид телекомунікацій, при якому голосова, текстова та графічна інформація передається на абонентські бездротові термінали, які не прив'язані до певного місця або території. Розрізняються супутникова, стільникова, транкінгова та інші види мобільного зв'язку.

Найпоширенішим на сьогодні видом мобільного зв'язку є стільниковий зв'язок. Бездротовий зв'язок мобільному телефону надає мережа БС.



Рисунок 1.9 – Вигляд БС стільникового зв'язку

Кожна станція забезпечує доступ до мережі на обмеженій території, площа та конфігурація якої залежить від рельєфу місцевості та інших параметрів.

При переміщенні абонента його телефон обслуговується то однією, то іншою БС, причому перемикання відбувається в автоматичному режимі, непомітно для абонента, і ніяк не впливає на якість зв'язку. Такий підхід дозволяє, використовуючи радіосигнали малої потужності, покривати мережею мобільного зв'язку великі території, що забезпечує цьому виду комунікацій, крім ефективності, ще й високий рівень екологічності.

16 червня 1993 року вважається датою, коли в Україні було запроваджено мобільний зв'язок і здійснено перший дзвінок з мобільного телефону. Першою компанією на ринку мобільного зв'язку стала компанія «UMC» (Ukrainian Mobile Communications -Український мобільний зв'язок, тепер - ПрАТ «ВФ Україна»).

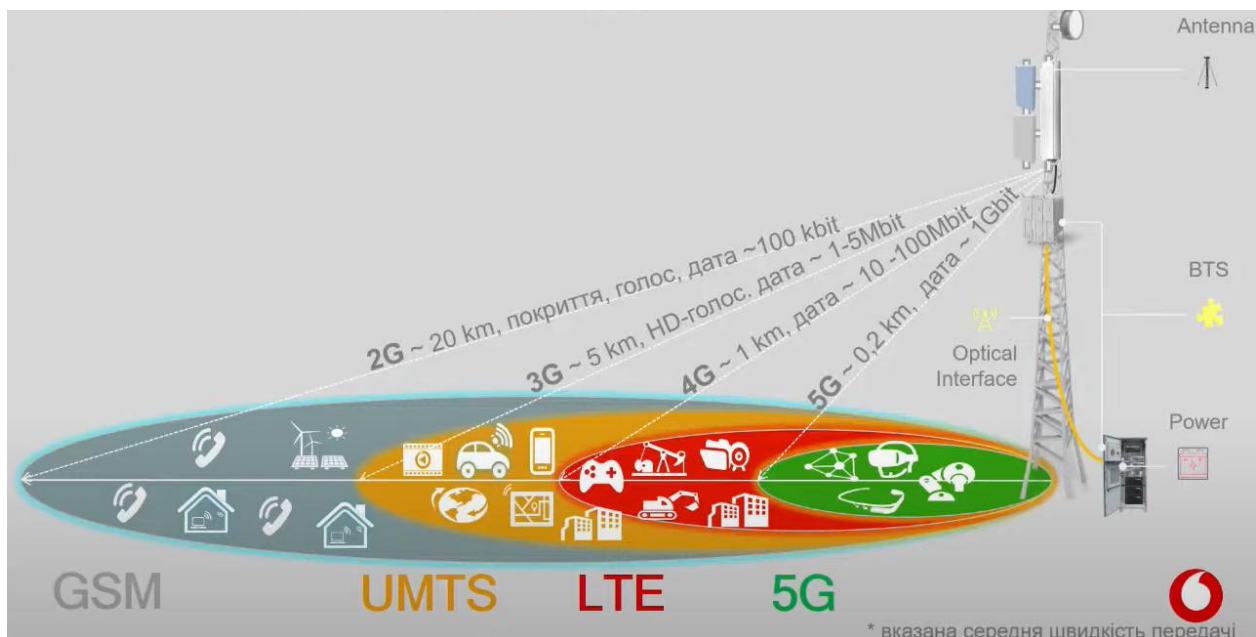


Рисунок 1.10 – Еволюція мереж радіодоступу

З метою прискорення цифровізації суспільства та всіх галузей економіки, впровадження новітніх технологій у сфері телекомунікацій, високошвидкісного безпроводного доступу до мережі Інтернет 17 травня 2019 року було підписано Указ Президента України «Про забезпечення умов для впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку п'ятого покоління» [17].

1.4 Використання автономних, гібридних систем електропостачання в галузі інформаційних технологій та стільникового зв'язку

Гібридна система електропостачання дозволяє застосовувати сонячні панелі, дизель-генераторні установки, та інші види ВДЕ для забезпечення електроживлення БС стільникового зв'язку. Зростання попиту на стільниковий зв'язок операторів в таких регіонах світу як Азія та Африка, де

якість сигналу залишається низькою через відсутність електричної мережі в деяких регіонах. Мобільні оператори вимушені застосовувати ДГУ для живлення БС стільникового зв'язку, а це в свою чергу призводить до величезних експлуатаційних витрат та викидів шкідливих речовин в атмосферу. Також прикладом може послугувати країна Індія де згідно даних досліджень 4 мільйони БС стільникового зв'язку з них 80% підлягають вимкненню електроенергії протягом 8 годин на день [11].

В результаті споживання більше 2 мільярдів дизельного палива в рік, експлуатаційні витрати приблизно 1,5 мільярдів доларів США та виробляючи більше 5 тон викидів газу в атмосферу. Для забезпечення потреб електроживлення БС стільникового зв'язку від СЕС існують наступні варіанти : - Використання сонячних батарей і АКБ для живлення технологічного обладнання БС. - СЕС та ДГУ. Живлення технологічної установки БС стільникового зв'язку здійснюється від сонячних батарей, але вразі погіршення погодних умов на тривалий термін застосовується ДГУ. Актуальною темою зараз являється екологія, зменшення викидів газів в атмосферу. Тому використання в майбутньому ВДЕ відіграватиме значиму роль не тільки в сфері енергетики та економіки, але й усього світу. [11]

Більшість економічно розвинених країн для вирішення питання проблем з подальшим розвитком та трансформації енергомережі знаходять в інтеграції мереж енергопостачання та інформаційно-комунікаційної інфраструктури[10]. Передбачається, що конвергенція мереж та впровадження інформаційних технологій в сфері енергозабезпечення дасть можливість створення інтелектуальної енергетичної мережі або інтелектуальної енергетичної системи не тільки регіонального, а й національного рівня. Основними ідеологами розробки концепції виступили США та країни ЄС[12].

Для використання СЕС головним чином являється площа земельної ділянки та площа даху. Адже середнє значення для вироблення 1 мВт необхідно 1,5 Га землі для розміщення сонячного обладнання (рис.1.11).



Рисунок 1.11 – Гібридна схема живлення БС від СЕС

На Говерлі запустили швидкісний інтернет третього покоління з використанням альтернативних джерел енергії. 3G покриття на Говерлі забезпечила БС “Vodafone”.

Переваги станції також в тому, що вона буде живитися енергією сонця. Відтепер жителі карпатських регіонів зможуть завантажувати в соцмережі свої карпатські історії та відео з неймовірними краєвидами, перебуваючи на найвищій точці України – горі Говерла, яка знаходиться на висоті 2061 метр над рівнем моря.

Окрім цього зв’язком третього покоління можна також користуватись на теренах найвисокогірнішої навчально-спортивної бази «Заросляк», розташованої на висоті 1330 метрів над рівнем моря, де тренуються олімпійської та параолімпійські спортсмени України.

Враховуючи складність рельєфу Чорногорського хребта та гори Говерла, фахівці компанії вперше в Україні скористались альтернативними джерелами енергії. Живлення на станцію подається завдяки використанню сонячних батарей.

«Ми розташували нашу проміжну точку на висоті 1550 м над рівнем моря. Зважаючи на складність виконання технічних робіт на такій висоті, ми прийняли рішення встановити тут БС, що функціонуватиме завдяки сонячним батареям. Нам також вдалось забезпечити якісний 2G зв'язок у важкодоступних місцях гірського хребта. Таким чином, туристи, які збилися зі шляху під час підйомів або спусків та заблукали, зможуть зв'язатись із рятувальниками», – розповідає Володимир Федина, начальник технічного департаменту “Vodafone” Україна у регіон Захід.

Відтепер жителі карпатських регіонів зможуть завантажувати в соцмережі свої карпатські історії та відео з неймовірними краєвидами, перебуваючи на найвищій точці України – горі Говерла, яка знаходиться на висоті 2061 метр над рівнем моря.

Окрім цього зв'язком третього покоління можна також користуватись на теренах найвисокогірнішої навчально-спортивної бази «Заросляк», розташованої на висоті 1330 метрів над рівнем моря, де тренуються олімпійської та параолімпійські спортсмени України.

Враховуючи складність рельєфу Чорногорського хребта та гори Говерла, фахівці компанії вперше в Україні скористались альтернативними джерелами енергії. Живлення на станцію подається завдяки використанню сонячних батарей.

«Ми розташували нашу проміжну точку на висоті 1550 м над рівнем моря. Зважаючи на складність виконання технічних робіт на такій висоті, ми прийняли рішення встановити тут БС, що функціонуватиме завдяки сонячним батареям. Нам також вдалось забезпечити якісний 2G зв'язок у

важкодоступних місцях гірського хребта. Таким чином, туристи, які збилися зі шляху під час підйомів або спусків та заблукали, зможуть зв'язатись із рятувальниками», – розповідає Володимир Федина, начальник технічного департаменту “Vodafone” Україна у регіон Захід.

Висновок до 1 розділу

В розділі було проаналізовано роботу та види альтернативних джерел електроенергії, аналіз технічних рішення систем електропостачання БС стільникового зв'язку. Проведено порівняльний аналіз поширених конструкцій СЕС, які класифікуються за положенням, кількістю колон та кутом покрівлі.

Розглянуто загальні відомості про принцип роботи БС, та стандарти мобільного зв'язку.

В результаті аналізу інструментів регулювання ринку встановлено, що основним інструментом для стимулювання розвитку ринку ВДЕ є законодавчі акти, які регулюють діяльність виробників та забезпечують підтримку зі сторони держави.

РОЗДІЛ 2. РЕЖИМИ РОБОТИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Загальна характеристика об'єкта проектування

Завдяки природним і кліматичним умовам наша країна має значні перспективи у використанні енергії Сонця. Це зумовлене тим, що 60 % енергії у виробництві і побуті витрачається на низько-потенційні процеси з температурою до 100 °С, а інтенсивність сонячного випромінювання складає за день від 8,5 до 1,7 кВт · год/м², або в середньому 1900 кВт год/м² за рік для географічної широти 40-60°. Сьогодні найбільш розповсюдженим напрямком є застосування сонячних установок для гарячого водопостачання, опалення і охолодження будинків, опріснення води, нагріву парників, сушіння сільськогосподарської сировини.

Сонячні теплові установки поділяються на пасивні і активні. В пасивних системах відбувається пряма подача променів у тепловикористовуючі прилади і об'єкти, без регулювання, або з частковим регулюванням у бік зменшення дії променів. При цьому рішення будуть найбільш простими і дешевими, але тепло-поступлення є нерівномірним і з неповним його використанням. До цих систем належать парники і теплиці, вкриті прозорою плівкою або склом; заасклені веранди і лоджії в будинках; зачорнені баки-резервуари для підігрівання води в літній період. При спорудженні будинків з пасивними системами сонячного опалення, для зменшення теплових втрат, північну сторону виконують мінімальної висоти, передбачають вхідний тамбур і посилену теплоізоляцію стін, підлоги, стелі, вікон. Південну (сонячну) сторону - максимальної висоти і повністю зааскленою, що забезпечує максимальне використання сонячної енергії. Для зменшення нерівномірності надходження тепла, частину зааскленої поверхні використовують для природного освітлення і інсоляції приміщень, решту - для нагрівання спеціально зачорнених залізобетонних стінових панелей, які знаходяться за склом з невеликим проміжком (8-10 см) для створення

тепличного ефекту. За рахунок циркуляції повітря проходить відведення тепла від стінових панелей і додатковий нагрів приміщень.

В активних системах сонячні промені потрапляють у спеціальні пристрої, де їх енергія перетворюється у теплову з розрахунковими параметрами. Звідси теплова енергія систематично передається теплоносієм до споживачів, або в акумулюючі пристрої. У результаті забезпечується рівномірне постачання споживачів і більш повне використання енергії. Розглянемо найпростішу активну сонячну систему (рис.2. 1) більш детально.



Рис.2. 1.

- 1 - сонячний колектор;
- 2 - акумулятор тепла;
- 3 - споживач тепла;
- 4 - помпа.

Сонячна енергія поступає в геліоприймач (сонячний колектор), де промені нагрівають спеціальну панель, найчастіше металеву. Від цієї панелі нагрівається теплоносій, який віддає тепло в акумулятор, з якого воно споживається в міру необхідності.

Геліоколектори поділяються на плоскі і фокусуєчі. Плоский колектор складається з чорненої металічної поверхні, яку омиває циркулюючий теплоносій. Колектор розміщують в ящику, на дні якого встановлена теплоізоляція, а зверху герметично закривають віконним склом або плівкою. Через колектор сонячної панелі циркулює теплоносій, який нагрівається і поступає для безпосереднього використання або акумуляції. Теплоносій у системі циркулює за допомогою помпи, або за принципом природної циркуляції. Сонячна енергія, яка потрапляє на зачорнену поверхню, перетворюється на теплову (рис. 2). Для запобігання значних втрат тепла з зачорненої поверхні колектора (1) передню стінку колектора герметизують склом або плівкою (2).

Задня і бічні стінки теплоізолюються мінеральною ватою (3), товщиною 50-100 мм. Віконне скло, яким закривають колектор, повинно мати хорошу прозорість і стійкість до погодних умов. Його крихкість є незначним недоліком. Пластикові плівки, які застосовують замість скла, мають невелику масу, недорогі, але вони скоро старіють, темніють, втрачаючи прозорість, і недовговічні.



Рис.2. 2.

1 - сонячний колектор; 2 - скло; 3 - теплоізоляція; 4 - корпус.

Такі сонячні колектори широко застосовують для нагрівання води в побуті, сільському і комунальному господарстві, де температура теплоносія не перевищує 70-90 °С.

Крім плоских колекторів, для отримання високих температур теплоносіїв застосовують фокусуючі дзеркальні сонячні колектори (рис. 3). Найбільшу здатність до концентрації проміння має параболоїдна поверхня дзеркальної панелі.

Концентруючі панелі забезпечують підвищення щільності сонячного потоку від 2 до 10.000 раз. Ці системи мають і деякі недоліки: складність конструкцій і висока вартість.

Велике значення для технічних характеристик сонячних панелей мають радіаційні властивості матеріалів, з яких вони виготовлені (таблиця 1). При взаємодії сонячного випромінювання з реальними матеріалами відбувається поглинання, відбивання, пропускання сонячних променів. Поглинаючи сонячну енергію, матеріали нагріваються, внаслідок цього виникає їх власне випромінювання. Ці радіаційні властивості матеріалів характеризуються коефіцієнтами ρ - відбивання, μ - поглинання, τ — пропускання, ε -випромінювання.



- 1 - теплоізоляція;
- 2 - концентратор;
- 3 - геліоприймач.

Рис.2. 3.

Вони залежать від температури джерела випромінювання і матеріалу.

Таблиця 1.

Назва матеріалу	При температурі джерела випромінювання, °С				При температурі матеріалу 20...100
	5000		20...100		
	ρ	μ	ρ	μ	ϵ
Поліровані метали	0,7	0,3	0,9	0,1	0,1
Оксидовані метали	0,8	0,2	0,2	0,8	0,8
Біле глянцеve покриття	0,8	0,2	0,1	0,9	0,9
Чорне матове покриття	0,1	0,9	0,05	0,95	0,95
Алюмінієve покриття	0,8	0,2	0,5	0,5	0,5
Бетон	0,4	0,6	0,1	0,9	0,9
Черепиця	0,2	0,8	0,1	0,9	0,9
Скло	0,1	0,0	0,1	0,9	0,9

Для отримання максимального теплового ефекту сонячну панель розташовують так, щоб сонце освітлювало її максимально довгий час. Нахил панелі повинен бути 10-15° плюс географічна широта, що для широти 45 "Складає 55-60°. При цьому поверхня панелі буде приймати найбільшу кількість сонячної енергії.

Теплоносіями в геліосистемах найчастіше застосовують повітря, воду, антифризи, ацетон та інші речовини.

Для акумулювання і збереження надлишку тепла, яке отримується в геліосистемах, використовують теплові акумулятори у вигляді резервуарів, наповнених водою, камінням, гравієм в залежності від конкретних умов. Бак з водою, який має добру теплоізоляцію, зберігає високу температуру довше тижня, а в невеликих баках об'ємом до 100 літрів і тонким шаром теплоізоляції, температура води падає на 10-15° за добу. Характеристики

матеріалів для акумулювання 1 ГДж теплоти при підвищенні температури на 20 °С наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Матеріал	Теплоємність, кДж/кг·К	Теплота плавлення кДж/кг	Питома вага, кг/м ³	Маса, кг	Відносна маса
Камінь	0,837	-	2252	59737	16,4
Вода	4,187	-	1000	11941	3,27
Глауберова сіль (плавиться)	2,09	232,6	1602	3644	1,0

Для акумулювання теплого повітря використовують резервуари, розташовані під будівлями і наповнені камінням діаметром 3-10 см.

Об'єм води або каміння в акумулюючих резервуарах залежить від періодів накопичення і витрат тепла. Кількість тепла, яке акумулюється, визначається по формулі:

$$Q_a = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1), \quad (1)$$

де t_2 і t_1 - початкова і кінцева температури °С; m - маса речовини; c - теплоємність речовини кДж/кг · °С.

Принципову схему універсального теплоакумуючого і теплообмінного пристрою для нагрівання води і повітря подано на рис. 4.



Рис. 2.4.

- 1 - бетонний резервуар з камінням;
- 2 - металевий резервуар-теплообмінник для води;
- 3 - гаряча вода з сонячної панелі;
- 4 - охолоджена вода до сонячної панелі;
- 5 - гаряча вода на використання;
- 6 - холодна вода в теплообмінник для нагрівання;
- 7 - холодне повітря в тепловий акумулятор;
- 8 - тепле повітря з акумулятора тепла на використання

Вода, нагріта в сонячних панелях, накопичується і нагріває воду в металевому резервуарі, де встановлено змійовик, у якому нагрівається вода для споживання. Цей резервуар встановлений у бетонному контейнері і теплоізолюваний камінням. Частина тепла від нього нагріває каміння і повітря, яке проходить через контейнер для опалення приміщень. Для циркуляції теплоносіїв застосовують помпи і вентилятори, продуктивність яких залежить від конкретних умов. На практиці широко застосовується схема активної системи, де комбінуються сонячні панелі, теплообмінники, теплові акумулятори, помпи (рис. 5).



Рис.2. 5

- 1 - сонячна панель;
- 2 - акумулятор теплоти;
- 3 - помпи;

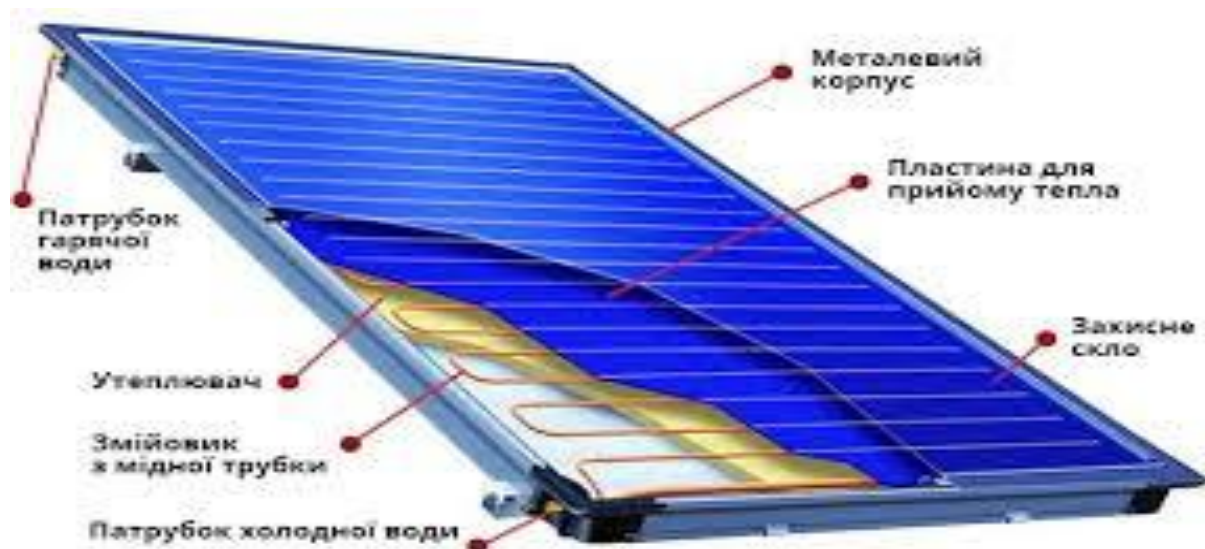
У побутових і виробничих умовах для гарячого водопостачання часто застосовують активні сонячні системи з природною циркуляцією теплоносія, що спрощує їх монтаж і експлуатацію. Одна з таких найпростіших систем (рис. 6) дозволяє організувати ефективне гаряче водопостачання в стаціонарних і автономних умовах дачних будинків, таборах відпочинку, фермах, пасовищах і т. п.

2.2 Обладнання та технічні рішення систем електрозабезпечення

Сонячна панель (рис. 7) виготовляється з дерев'яного або металевого ящика (1), висотою 10-15 см, на дно якого вкладається теплоізоляція (3) - скловата або тирса. На теплоізоляцію встановлюють плоскі сталеві радіатори (2) типу З СТ-11-7 (випускаються промисловістю), які фіксуються в корпусі-ящику (1). Зверху корпус (1) закривається склом (4), для збільшення теплового ефекту встановлюють подвійне скло з проміжком 15-20 мм.

Сонячний колектор виготовляють з декількох штампо-зварних радіаторів типу 3 СТ-11-7 (або інших) загальною площею, розрахованою до відповідного об'єму бака-резервуара. Для отримання максимального теплового ефекту металеву поверхню сонячної панелі зачорнюють. Сонячна панель встановлюється на добре освітленому сонцем місці з кутом нахилу до горизонту 45-60°, при цьому сприймається найбільша кількість енергії. Після монтажу Геліоустановки її систему заповнюють водою з водогону (9) до переливу через патрубок (б). У сонячній панелі (2) вода нагрівається (при певних умовах вище 100 °С) і починається її самоциркуляція по трубопроводу (8) у верхню частину бака-резервуара (1). Одночасно холодна вода з нижньої частини бака(1) поступає в нижню частину сонячної панелі (2), де нагрівається, і цикл повторюється.

Протягом кількох годин за рахунок самоциркуляції, обумовленої перепадом рівня між баком (1) і сонячною панеллю (2), а також різницею питомої ваги нагрітої і холодної води в системі, вода в резервуарі (1) нагрівається до температури 60-80 °С.



- 1 - дерев'яний ящик;
- 2 - плоский сталевий радіатор;
- 3 - теплоізоляція;
- 4 - скло;

Якщо резервуар (1) встановлюють на відкритому повітрі, його фарбують у чорний колір і для зменшення втрат тепла покривають чохлом (5) з прозорої поліетиленової плівки, або покривають теплоізоляцією. Гаряча вода з резервуара поступає на змішувачі мийки, душа, ванни, де регулюється температура холодною водою з водопроводу (9). Під час експлуатації Геліоустановки підживлення резервуара (1) здійснюється з водопроводу (9) автоматично, в залежності від витрати гарячої води, для організації замкнутої гідравлічної системи. При цьому вхідний патрубок "гарячої" води з сонячної панелі в резервуар і вихідний патрубок гарячої води на споживання, повинні бути завжди нижче рівня води в резервуарі і постійно заповнені водою. Заповнювання резервуару (1) можна здійснювати вручну через горловину (6), яка при нагріванні води вище 100 °С відіграє роль запобіжника. Для зниження температури води в резервуарі, при надлишку сонячної енергії, затінюють частину поверхні сонячної панелі.

На практиці використовують найпростішу систему для отримання гарячої води, яка складається тільки з чорного гумового шлангу довжиною 20 метрів. Скручений шланг вкладають на землю і підключають до водопроводу.

За одну годину (в літній сонячний день) 5 літрів води в шлангу нагрівається з 15 до 45 °С. Цю гарячу воду використовують для душа.

Широкого застосування набули Гумові сонячні колектори, які підігрівають воду до 50-55 °С. Вони мають деякі переваги над металевими колекторами. Маса 1 м² найпоширеніших застелених сонячних колекторів становить 40-60 кг, а гумових 4-5 кг. Строк експлуатації гумових колекторів, кращих зразків, становить до 30 років. Вони витримують тиск до 15 кгс/см², стійкі до температурних перепадів від -50 до +180 °С, значно дешевші від інших типів колекторів, їх не розриває замерзла вода (що дозволяє не зливати

контур). Догрівання води до потрібних параметрів, що йде на споживання, відбувається в електропідігрівачах (4). У сонячному (першому) контурі циркуляція антифризу здійснюється насосом, у другому контурі вода циркулює по системі завдяки самоциркуляції.

У побуті і в садово-городніх кооперативах застосовують спрощені сонячні установки для отримання гарячої води (рис. 9а). Основна деталь установки - сонячний колектор (рис. 9б). Він складається з 30 штук покладених паралельно латунних або алюмінієвих трубок і припаяних до збірного колектора. їх діаметр - 16 мм, переріз колектора 40x40 мм, або труба, діаметром 40 мм. Замість трубок можна використати два листи покрівельного заліза, які зварені між собою по периметру з проміжком між ними 10-15 мм. Можна застосувати також штампозварні сталеві радіатори типу СТ—11—7. По центру нижнього і верхнього колекторів зроблені патрубки для подачі холодної води і відведення гарячої.



Рис.2. 9.

- 1 - резервуар з водою
- 2 - сонячна панель;
- 3 - гумова трубка;
- 4 - поплавок;
- 5 - гумові шланги;
- 6 - душ;
- 7-дах душової;
- 8 - теплоізоляція;
- 9 - колектор;
- 10 - трубка;
- 11 -скло.

Сонячний колектор розміщують у дерев'яному ящику розмірами 100x120 см. Попередньо на дно ящика вкладають теплоізоляцію, накривають її тонкою бляхою і прикріплюють до неї трубки нагрівача за допомогою

хомутів, які фарбують у чорний колір. Зверху ящик закривають склом і герметизують замазкою для зменшення теплових втрат. Сонячний колектор встановлюють на даху душової або іншому підвищенні, з нахилом 45-50 °С на південь і з'єднують з допомогою гумових шлангів із резервуаром для води, об'ємом 100-150 літрів. Резервуар ізолюють шлаковатою, а від опадів захищають поліетиленовою плівкою, металевою дахівкою. Резервуар заповнюють водою, яка в замкнутій гідравлічній системі під дією сонця починає циркулювати. До середини дня вода нагрівається до 45°С, а під вечір до 70 °С. Якщо встановити подвійне скло з повітряним проміжком 2-4 см, температура підніметься ще вище. Для використання нагрітої води в хмарну погоду застосовують Гумовий шланг з поплавком, за допомогою якого вода забирається з верхніх шарів резервуару. Нагляд за такою установкою надзвичайно простий. Своєчасно потрібно заповнювати систему водою вище рівня верхньої циркуляційної труби (1), протирати скло на сонячному колекторі від бруду. Цю систему можна використовувати з заповненням водою від водопроводу, для побутових і господарських потреб.

Широко застосовуються сонячні нагрівачі і в сільському господарстві. Використання їх для сушіння сіна значно зменшує витрати енергії і прискорює цей процес в 1,5-2 рази. Вони ефективніші за установки, що працюють на електроенергії чи рідкому паливі.

Для сушіння сіна використовують безкаркасні геліоколектори з гнучких матеріалів - прозорої і чорної поліетиленових плівок. Площа безкаркасних повітряних сонячних колекторів для нагрівання повітря становить від десятків до кількох тисяч квадратних метрів.

2.3 Дослідження режимів роботи БС стільникового зв'язку

У Литві, наприклад, розроблено сонячний повітряний колектор (рис. 10), який складається з двох поліетиленових труб, розміщених одна в одній. Прозора, зовнішня труба (1), товщиною 0,1 мм, шириною 2800 мм, чорна внутрішня труба (2), товщиною 0,2 мм і шириною 2000 мм. Холодне повітря

подається вентилятором у чорний трубопровід, наповнює його і нагрівається від сонця. Тепле повітря, на виході з колектора, подається в сіносховище окремим вентилятором меншої потужності. Цей сонячний колектор скуповується за рахунок економії палива за 3-5 місяців. Його теплова продуктивність на географічній широті Литви становить $160 \text{ Вт} \cdot \text{м}^2$, площа 150 м^2 , витрата повітря $1700 \text{ м}^3/\text{год.}$, температура у внутрішньому колекторі $35 \text{ }^\circ\text{C}$, маса 180 кілограмів.

Ось інший приклад. Сонячний нагрівач повітря, розроблений у Запоріжжі, складається з металевого каркасу, на який натягнуто прозору поліетиленову плівку, а дно покрите чорною плівкою. Ця установка дозволяє прискорити сушіння сіна в два рази і економити до 40 кг умовного палива на 1 т сіна. Сонячні сушарки сіна широко застосовуються у Франції, Німеччині, Польщі, Чехії, Литві.

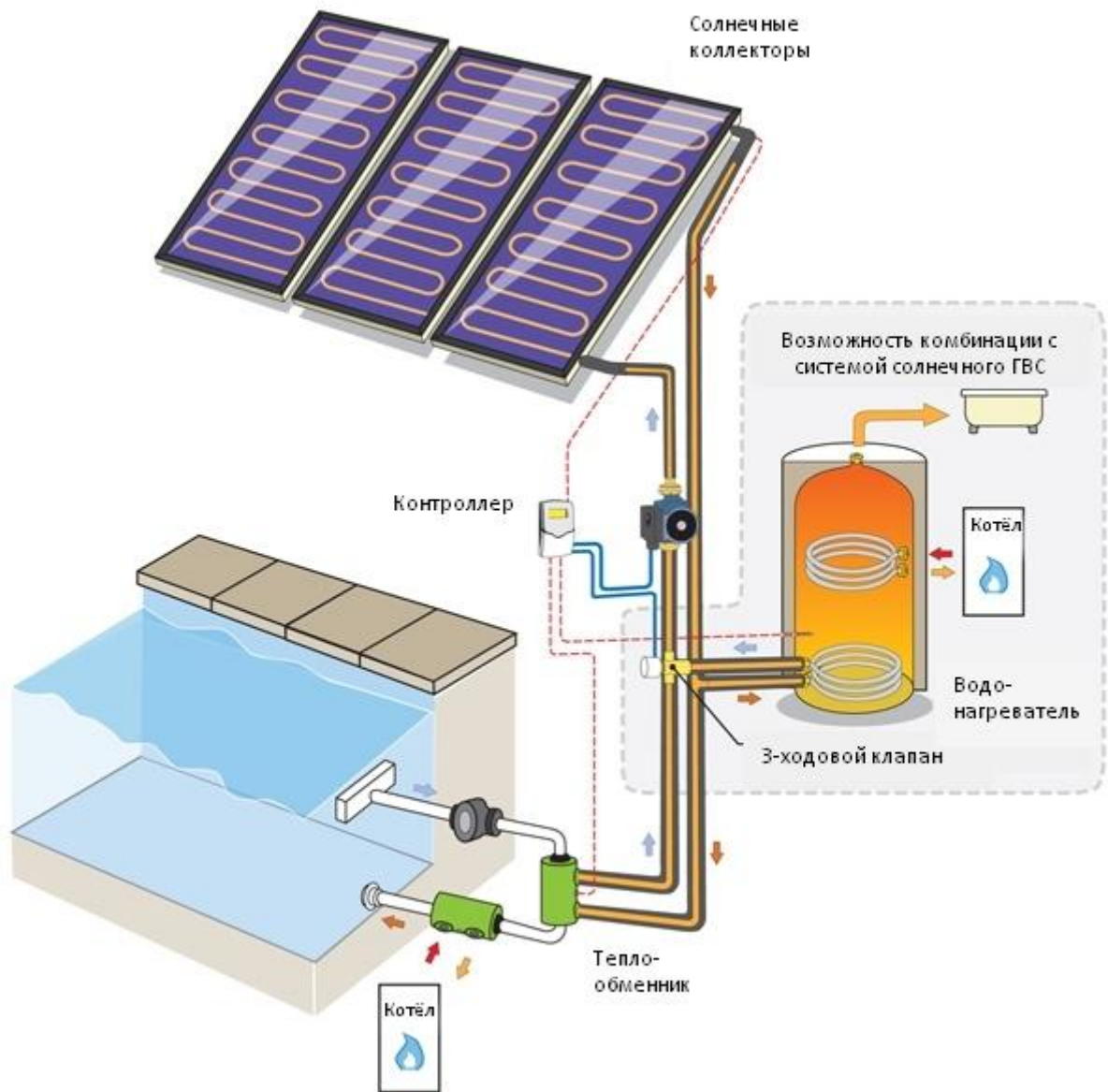


Рис.2. 10

- 1 - прозора зовнішня плівка;
- 2 - чорна внутрішня труба.

У сільському та приватному господарстві сонячна енергія широко застосовується для нагрівання і охолодження тваринницьких і господарських приміщень, для гарячого водопостачання та опріснення води. Розроблене обладнання установок дозволяє на широті 40-45°С стабільно нагрівати воду і повітря до 50-60 °С і економити на 1 м² поверхні сонячних колекторів до 0,1 т умовного палива. Вартість 1 м² сонячних колекторів для нагрівання води коливається від 50 до 200 доларів, у залежності від конструкції і використаних матеріалів.

На початку 90-х років Інститут КиївЗНІЕП і науково-виробничий центр "Геліотерм" розробили нормативні матеріали по розрахунках і проектуванню систем сонячного тепло-і водопостачання. У цей період організовано випуск плоских сонячних колекторів, розроблених інститутом, на Броварському і Симферопольському заводах металоконструкцій.

У НВЦ "Геліотерм" вивчено гідродинамічні характеристики великих сонячних установок (площею нагріву понад 4 тис. кв. м) у різних режимах і розроблено сучасні проекти "сонячних" будинків площею до 600 м², які при експлуатації не використовують органічного палива.

Сьогодні найбільша в Україні сонячна установка гарячого водопостачання площею 1200 м², продуктивністю 50 м³ на добу, з температурою води 60 °С експлуатується в кримському пансіонаті «Кастрополь» з 2023 року.

У Донецькій області діє експериментальна установка на 500 літрів гарячої води, к.к.д. якої становить 56% при сумарній інтенсивності сонячної радіації з 9-10 і до 15-16 годин 5144 Вт · год/м², корисна енергія становить 11,4 кВт/год, вода нагрівається до 64,5 °С.

У м. Берегово, на Закарпатті, з 1994 року експлуатується сонячна установка для гарячого водопостачання на комунальній котельні об'єднання "Закарпаттеплокомуненерго". Установка складається з бака-акумулятора об'ємом 50 м³, площа сонячного колектора понад 100 м², середня фактична

потужність 0,09 Гкал/год, температура води 50 °С, період роботи з квітня по жовтень місяць.

Сонячний потенціал Закарпаття сьогодні практично не використовується, хоча він значний і перевищує 15000 млрд. кВт · год. на рік, що в 1100 разів більше за потреби області на всі види енергоспоживання.

Найбільш широко на сьогодні застосовується сонячна енергія в Криму. Так, на 2024 рік тут діяло 18 об'єктів гарячого водопостачання, обладнаних сучасними геліоустановками загальною площею понад 5000 м², які за рік дають змогу економити 900 т.у. п.

Для значного покращення ефективності роботи невеликих індивідуальних Геліоустановок тут почали встановлювати малі електронасоси з регульованою потужністю від 30 до 80 Вт. Для цих потреб вигідно застосовувати вітроустановки типу "Ромашка", які стабільно працюють при швидкості вітру 2-3 м/с і підтримують постійну циркуляцію води в геліосистемі.

2.5 Методи та підходи щодо проектування СЕС

Створено спеціалізоване науково-виробниче підприємство "УкрГеліопром", яке займається розробкою, виготовленням і впровадженням сучасних енергетичних сонячних систем. Цим підприємством розроблені і випускаються сонячні побутові водонагрівачі оригінальної конструкції ПСВ-100/100-1, запатентовані в Україні і Росії. Водонагрівач призначений для індивідуальних і колективних споживачів (фермерське, індивідуальне або дачне господарство, душові в місцях відпочинку і на виробництві). Вода може використовуватись для гарячого водопостачання, поливу шляхом

змішування або теплообміну, підігріву теплиць у нічний час, а також на різноманітні господарсько-побутові потреби (Рис. 11).

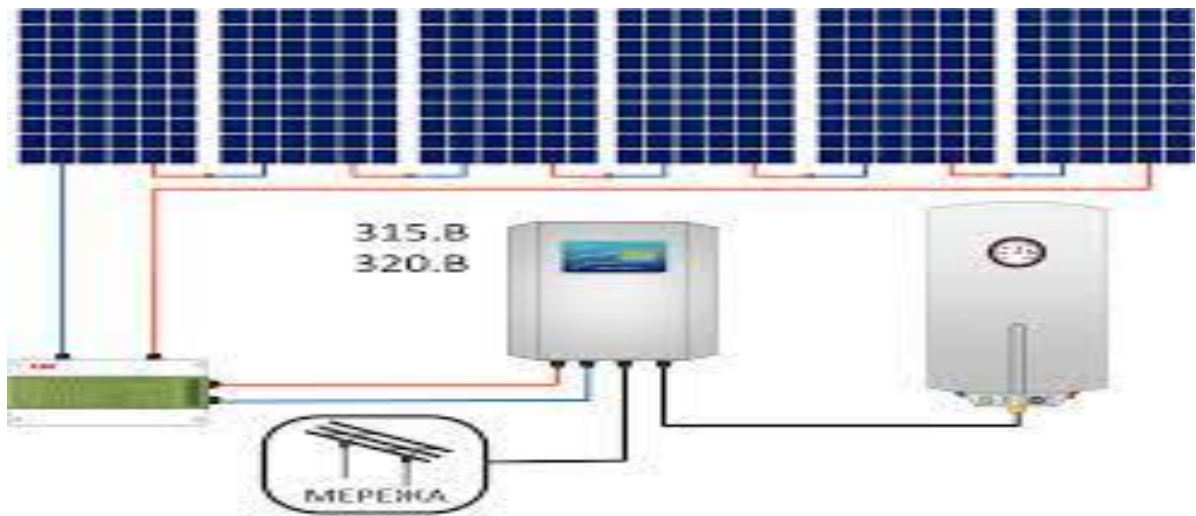


Рис.2. 11

Водонагрівач складається з двох ємкостей для гарячої і холодної води по 100 літрів кожна. Він забезпечує в кліматичних умовах України нагрів води до 50-70 °С. Період роботи: квітень-вересень. Наявність теплоізоляції дозволяє зберегти воду гарячою протягом ночі і в періоди відсутності сонячного випромінювання. Нагрівач ПСВ-100/100-1 має повну експлуатаційну готовність і не потребує спеціальних монтажних робіт. Суха вага водонагрівача 80 кг, гарантійний строк роботи (по корозійності) 8 років. Він встановлюється на стінах, дахах, горизонтальних або вертикальних поверхнях. Габаритні розміри 1600 x 750 x 500 мм. Вартість 390 гривень.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ПРОЕКТОВАНОЇ СЕС ДО ІСНУЮЧОГО ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ

3.1 Проектні рішення системи електрозабезпечення БС зв'язку

Крім цього НВП "Укргеліопром" впроваджує сучасні сонячні системи гарячого водопостачання і тепlopостачання англійського виробництва. Сонячний колектор таких систем виготовлений з найсучасніших матеріалів і є виробом повної заводської готовності (Рис. 12). Зовнішнє покриття з тефлара розроблене фірмою "Дюпон" має високий оптичний к.к.д. (92%), ефективно зберігає тепло, залишаючись при цьому легким і довговічним.

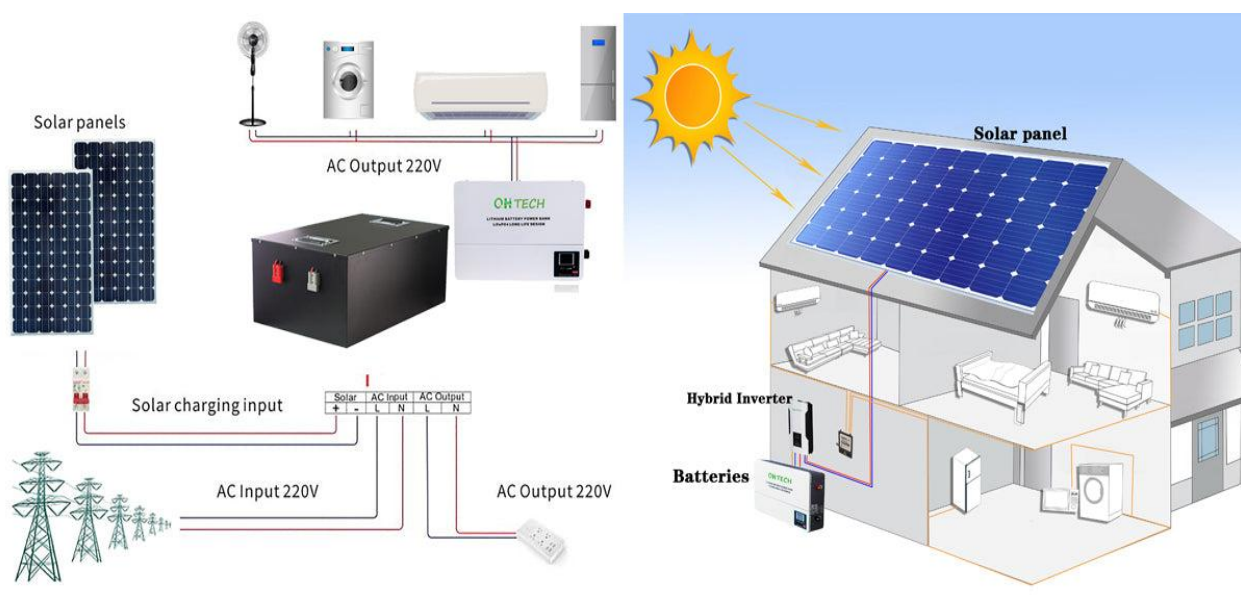


Рис.3. 1.

Внутрішнє покриття з тефлону має високу термостійкість, оптичний к.к.д. 85 % і ефективно зберігає тепло. Поглинаюча поверхня має мідні канали для теплоносія і ребра, покриті селективним матеріалом (чорний нікель, який збільшує поглинання енергії без радіаційних теплових втрат).

Віддзеркалююча фольга збільшує використання всього спектру світлових хвиль, які поступають у сонячний колектор, в той же час теплоізоляція із спіненого ізоціанурату зводить теплові втрати до мінімуму.

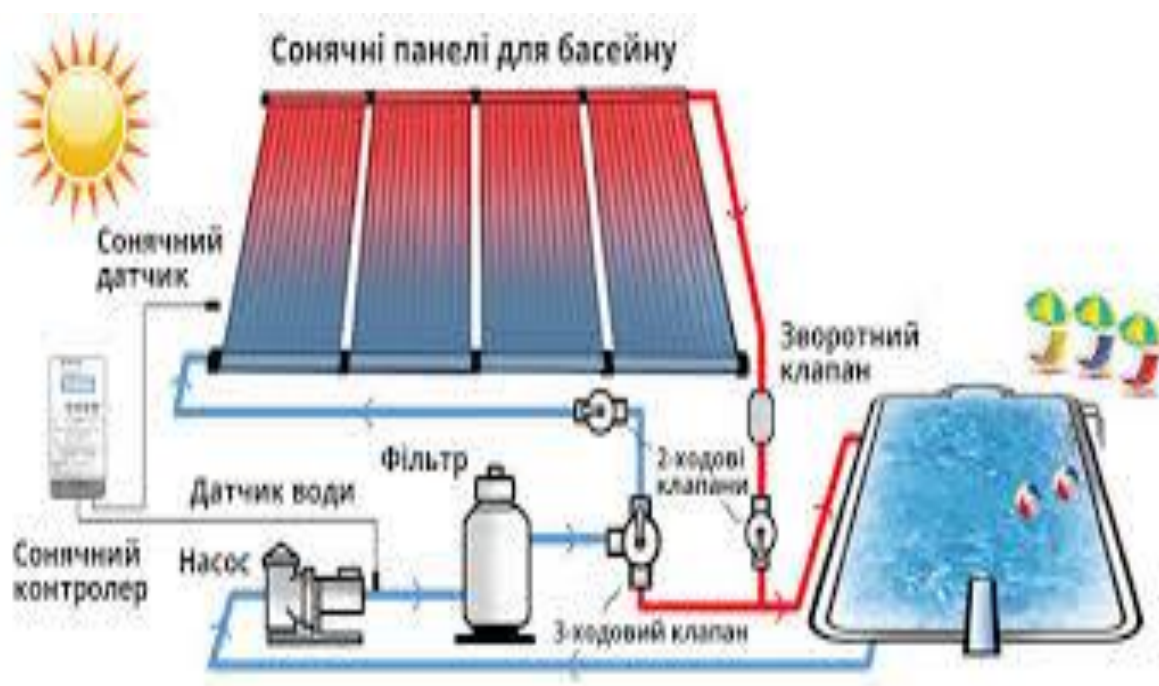


Рис.3. 2.

- 1 - геліокотел, 2 - бак-резервуар,
- 3 - водопровід холодної води,
- 4 - водопровід гарячої води.

Прокладка з мелинекса гарантує водонепроникність сонячного колектора. Алюмінієвий корпус забезпечує довговічність і малу вагу колектора.

Ці системи комплектуються запірною і регулюючою арматурою, автоматикою, насосами, системою управління в залежності від потреб конкретних споживачів. У зимовий період вони можуть працювати на незамерзаючих теплоносіях (антифризах).

Вартість квадратного метра такої геліоустановки (разом з обладнанням) становить 290 доларів, гарантійний строк роботи більше 5 років.

У сусідній Угорщині широко застосовуються сонячні системи промислового й індивідуального виготовлення. Розглянемо деякі з них.

Значний досвід роботи по виготовленню і експлуатації систем сонячного гарячого водопостачання має фірма "Чозер". Вона випускає геліокотли 4-х розмірів по довжині - 1,7 м, 2,5 м, 3,3 м, 3,9 м і ширині 1,7 м, з яких набирається потрібна для кожного конкретного випадку площа нагріву геліосистеми (Рис. 13).

Вони складаються з корпусу, теплоізоляції; труби для теплоносія змонтовані на алюмінієвій зачорненій хвилястій поверхні і герметизовані склом товщиною 4 мм.

Найпростіша система "Геліос-1" (Рис. 14) з природною циркуляцією, яка складається з сонячного колектора, бака-резервуара, системи трубопроводів і запірної арматури.

Бак (2) повинен знаходитись на висоті не менше 400 мм від верхньої частини геліокотла (1) для забезпечення гідравлічної рівноваги системи.



Рис.3. 3

На рис. 15 зображено схему установки, яка за сезон використовує близько 2000 кВт · год енергії сонця для нагріву води.

У таких більш складних системах "Геліос - 2, 3, 4" сонячне тепло акумулюється в бойлері (2). У цих системах підігрів води здійснюється за допомогою газу або електрики автоматично, циркуляція води здійснюється помпою.

"Геліос - 2" дає економію енергії на гарячому водопостачанні для 2-8 споживачів від 1200 до 2500 кВт · год на рік.

Системи "Геліос - 3, 4" можна застосовувати цілорічно при використанні в якості теплоносія антифризу і бойлера з електричним або газовим підігрівом.

Це більш складні системи, де процес підігріву і циркуляції води повністю автоматизовані і контролюються блоком управління (3).

У практиці застосовується тонкостінний пластиковий сонячний колектор (Рис. 16), поверхня нагріву якого відносно об'єму води в ньому дуже велика. Такий колектор добре нагріває воду, але не розрахований на

великий тиск. Тому вихідний трубопровід з'єднується через бак-акумулятор з атмосферою.

Часто використовуються геліоколектори з селективною плівкою на приймаючій поверхні або на внутрішній поверхні прозорого покриття з декількома шарами прозорого покриття, з вакуумом між ними, або повністю вакуумовані.

3.3 Розрахунок режимів роботи СЕС відповідно до сценаріїв

Одна з типових схем геліоустановки гарячого водопостачання (рис. 17) включає в себе: 1 - геліокотел, 2 - теплообмінник, 3 - резервуар-акумулятор, 4 поплавок, 5 - поплавковий клапан, 6 - водопровід, 7 - трубопровід гарячого водопостачання.



Рис.3.4

Для підгріву води в басейнах до 20-30 °С застосовують прості, дешеві гумові геліоколектори, які не мають спеціальних корпусів і не покриті склом або плівкою. Вода з басейну або бака-резервуара прокачується помпою через

такі гумові геліоколектори, які встановлюються на поверхні землі або стінах, площадках добре освітлених сонцем. Вони прості в експлуатації, дешевші від звичних геліосистем у декілька разів, не піддаються корозії, на них не впливають морози.

Для підігріву великих об'ємів води застосовують "сонячні басейни", в яких сонячна енергія поглинається безпосередньо водою зачорненими стінами і дном басейну. Для покращення ефекту поглинання енергії в воду додають спеціальні солі. Такий осіб нагріву води найдешевший і досить ефективний при площі нагріву води не менше 50 м².

Значку увагу розвитку сонячної енергетики надають у Німеччині. А столицею сонячних технологій стало місто Фрайбург, яке розташоване на півдні країни (на 48 широті, що відповідає місцезнаходженню в Україні міст Чернівці і Дніпропетровськ), де кліматичні умови такі, що сонце тут світить частіше і довше, ніж в інших регіонах країни - 1957 годин на рік. Одним з найперспективніших напрямків сонячних технологій є так звана "сонячна архітектура", практично незнана широкому загалу в Україні. Вона найбільш повно заощаджує традиційні енергоресурси.

Однією з широко відомих організацій, які працюють у цьому напрямку енергоощадності, є інститут екології у Фрайбургу. Фахівці з цієї установи передбачають, що до 2015 року кожна новобудова буде "будинком з низьким енергоспоживанням". Понад 10 % новобудов зможуть досягти рівня "пасивних будинків" і обходитись системами аварійного опалення. Ці будинки потребують тільки мінімальну частину від теплої та електроенергії звичайної будівлі. А будинки такого типу, обладнані мініелектротеплогенераторними блоками (найкращим сучасним зразком є мініТЕЦ фірми 8ACH), за рік дають більше електроенергії в загальну мережу, ніж використовують з неї. Ці будинки мають добру теплоізоляцію і максимально використовують енергію сонця. Таким чином, прогнозується скоротити первинну енергопотребу на опалення, охолодження, освітлення, яка становить у країні 40 % енергоспоживання.

Крім традиційних сучасних будівельних матеріалів - каменю, бетону, цегли, пластику в таке будівництво динамічно впроваджується деревина.

Так, фірма "Бауффрітц" споруджує будинки, які на 90 % складаються з деревини, в тому числі - стіни, стеля, дахи, а на замовлення і ринви виготовлені з ялини або ялиці. Власниками фірми спільно з Розенгайським технічним інститутом розроблено унікальний екологічний теплоізоляційний матеріал. Це тирса деревини, оброблена з метою протипожежної безпеки сироваткою, а для усунення можливості цвілі до неї додається сода.

Все більше замовників будують такі будинки. За оцінками спеціалістів, на початок нового тисячоліття 14 % новобудов Німеччини Удуть із дерева, що вдвічі більше, ніж зараз. Будівля з дерева має значні переваги - немає шкідливих виділень, матеріал має чудові будівельно-фізичні та естетичні якості і є екологічно абсолютно чистий.

Для отримання експериментальних даних про те, які будівельні матеріали є найбільш енергоощадними, в 1991 році в Гайденгаймі побудували п'ять однакових двоквартирних будинків з дерева силікатної цегли, пустотілої цегли, керамзиту і пористого бетону. Найефективнішим по енергоспоживанню виявився дерев'яний будинок, на опалення якого використано 46 кВт · год. теплової енергії на квадратний метр. Будинок побудований на традиційних матеріалах споживає від 140 до 200 кВт · год., що значно вище нових німецьких нормативів, які становлять 85 кВт·год. тепла на квадратний метр.

Відомий німецький архітектор з Фрайбурга Роль Діш у сучасному енергоощадному будівництві крім деревини широко застосовує теплоізоляцію з полістеролу для цегляних стін.

Широкознаний сонячний будинок Р. Діша "Геліотроп" повністю може повертатись за сонцем. Зимою сонячне проміння максимально проникає в середину будинку, а влітку фасад закривається бляшаними екранами. На даху фотовольтаєвкі елементи виробляють електроенергію для всіх потреб

споживачів у будинку, надлишок якої в літній період надходить у загальну мережу.

За рахунок сучасного обладнання цей будинок виробляє в п'ять разів більше електроенергії, ніж у ньому споживають.

Поручнями балконів тут служать сонячні колектори, які гріють воду для побутових потреб мешканців. Розробки, застосовані в "Геліотропі", широко впроваджуються в масове будівництво.

Однією з таких розробок є фотовольтайкове обладнання.. Хоча це обладнання сьогодні ще досить дороге, але при масовому виробництві ціни на нього постійно знижуються. У Німеччині сьогодні виробляється 10 % всього "сонячного електроструму" світу. Потужність цього обладнання становить 15 МВт, а в 2020 році має зрости до 15 тис. МВт, що дасть змогу забезпечити 20 % потреб країни в електроенергії.

«Віссманн» виготовляє два типи плоских сонячних колекторів «Колорсол», вертикальні і горизонтальні, які використовуються на плоских дахах. Вони виготовляються з мідного поглинача, покритого високоселективним шаром, який забезпечує добре поглинання сонячної енергії та незначні втрати тепла У поглиначі змонтований мідний змієвик, по якому о рухається теплоносій, він відводить тепло від поглинача і змієвика. Поглинач знаходиться в алюмінієвому корпусі з двома шарами високоефективної теплоізоляції, що зменшує втрати тепла. Склопкриття колектора з малим вмістом заліза забезпечує малі втрати від відбивання сонячного проміння.

«Віссманн» застосовує також трубчасті вакуумовані колектори «Дюсол» з трубками типу "HEAT-PIPE". Вони складаються з скляних вакуумованих трубок, в яких розміщено мідний абсорбер-поглинач з високоселективним шаром. Біля абсорбера змонтована теплова трубка, заповнена легкокипаруючою рідиною. Теплова трубка під'єднана до конденсатора за допомогою еластичного з'єднання. Це так зване "сухе з'єднання" дозволяє замінювати скляні трубки під тиском при заповненій системі.

Інший тип високоефективного колектора "Тубосол" містить шість скляних труб із глибоким вакуумом, завдяки чому тепловтрати мінімальні. У трубах розміщено мідний абсорбер, в якому змонтований теплообмінник з двох співосьових трубок із зустрічним рухом теплоносія в них. Для максимального використання сонячного випромінювання кожна трубка встановлена з можливістю повороту (Рис. 18).

Колектор застосовується для підігрівання гарячої води та води в басейнах, а також при певних умовах - для опалення будинків. Ці колектори мають на 20-30 % вищу ефективність, ніж плоскі колектори. Крім колекторів, сонячні системи "Виссманн" містять також ємнісні підігрівачі, помпову установку, блок регулювання і компенсатор об'єму.

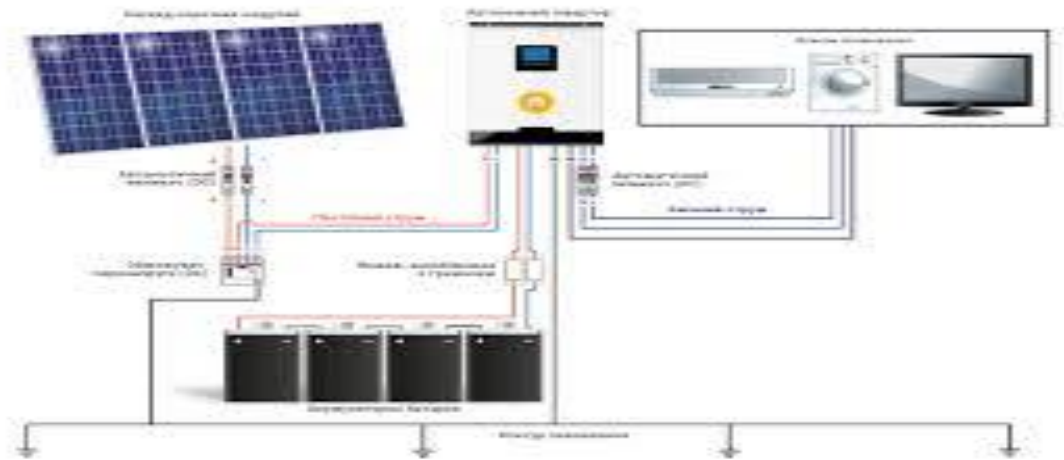


Рис.3. 5

- 1 - вакуумовані скляні труби,
- 2 - абсорбер,
- 3-теплообмінник із співосьовими трубами,
- 4-трубаподачі,
- 5- зворотна труба

Сталеві ємнісні підігрівачі (об'ємом 300-500 л) призначені для двожджерельного підігріву гарячої води. Вони містять змійовик, по якому протікає солярний обмінний розчин, а також змійовик приєднаний до котла.

Помпова установка складається з лічильника води, клапана безпеки, зворотнього клапана, вентиля і власне помпи. Модуль регулювання S10 підтримує різницю температури у двожджерельному підігрівачі води. Крім нього часто застосовують модуль регулювання типу "SOLARTROL" - електронний регулятор, який здійснює контроль використання сонячної енергії і забезпечує максимальну ефективність установки.

Системи гарячого водопостачання є зручними споживачами сонячної енергії, так як температура води в них невисока і в літній період вона відрізняється від зовнішнього повітря не більше ніж на 35-45 °С. Це дозволяє розробляти сонячні установки на основі сонячних колекторів із достатньо високим к.к.д.

За теплий період року з березня по жовтень на поверхню землі потрапляє більша частина річної кількості сонячної енергії (рис. 19), яку можна достатньо ефективно використати за допомогою сучасних технічних засобів для найрізноманітніших потреб.



Рис. 3.6

Крім цього, якщо розглядати вікна всіх будівель в Україні як пасивні сонячні системи, то всі вони сприймають у зимові сонячні дні 32 млн. ГДж теплової енергії. Якщо б цією енергією вдалось замінити теплоенергію, яка надходить із опалювальних котелень, можна заощадити до 1,5 млн. тон умовного палива за рік, що складає 4 % від кількості палива, яке використовують на опалення. Цей ефект повинен досягатись не засобами активної, досить дорогої геліотехніки, а за допомогою автоматичного регулювання теплової потужності опалювальних приладів у приміщенні.

Для оцінки економічної ефективності спорудження сонячної установки споживач повинен визначити, які витрати він має зробити, скільки заощадить палива і електроенергії завдяки її роботи і за який час окупляться його витрати. Такі висновки можна зробити на основі розрахунків, виконаних на базі конкретних місцевих умов споживання енергоресурсів. Для цього можна використати узагальнені оцінки величини питомої економії палива і електроенергії, віднесені до одного квадратного метра сонячного колектора, визначеної для різних регіонів (рис. 20).

На шкалі з лівого боку відмічені значення питомої економії умовного палива, а на шкалі справа - економія електричної енергії для варіанту

сонячного гарячого водопостачання, застосованого замість електропідігріву ВОДИ.



Рис.3. 7

Вказані на діаграмі значення віднесені до орієнтованої на південь поверхні сонячного колектора площею один квадратний метр, з одним склом і встановленого під кутом 30° до горизонту. Знаючи вартість палива або електроенергії, споживач може визначити доцільність застосування і терміни окупності сонячної установки того або іншого типу і виробника.

Набутий досвід використання сонячної енергії і сучасного обладнання дозволяє прогнозувати технічні обсяги сонячного потенціалу на Україні в 3,48 млрд. МВт · год. на рік, що еквівалентно 0,72 млрд. т.у.п. Ми тільки починаємо використовувати цей величезний потенціал, який багато років широко використовується в інших країнах.

Найбільшим виробником сонячних систем теплопостачання є США (в рік тут виготовляють понад 1,3 млн. м² колекторів і в експлуатації знаходиться понад 18 млн. м² колекторів). У країнах Західної Європи працює

5,9 млн. м², а в Японії - 11 млн. м² сонячних установок. У США виробництвом Геліоустановок займається 200 середніх і малих підприємств. Встановлені тут геліосистеми, ще в 1990 році виробляли 3,5 ГДж низькопотенційного тепла.

В Ізраїлі законом зоб'язано кожний будинок обладнувати сонячною водопідігрівною установкою. Змонтовані тут 800 тис. сонячних колекторів виробляють біля 1,5 млн. ГДж енергії і забезпечують 70 % населення гарячою водою.

В Україні до 2010 року прогнозується впровадити установки сонячного теплопостачання загальною площею 9 млн. м² (загальною потужністю 1100 МВт), що забезпечить економію 250 тис. т.у.п. за рік.

Крім цього планується надати широкого розвитку фотоенергетиці на основі сонячних фотоелектричних станцій (СФЕС) з їх значним удосконаленням і зменшенням вартості за рахунок масовості виробництва. На сьогодні середня вартість встановленої потужності сонячних батарей на (СФЕС) становить 8 грн./Вт, а вартість генерованої електроенергії - 1 гривня за кіловат-годину.

Вітчизняне виробництво сонячних батарей у 2010 році прогнозується в обсязі 300-1300 МВт загальної потужності. У нас є значний потенціал і можливості експортувати до 35 % виробленого сонячного фотовольтаїкового обладнання в інші країни, які не мають природних покладів сировини для їх виробництва і відповідних високотехнологічних сучасних виробників.

Висновок до розділу 3

Для опалення будівлі теплота подається до радіаторів з сезонного акумулятора за допомогою теплообмінника Т2. Акумулятор заряджається до температури 95 °С від сонячного колектора за допомогою теплообмінника Т1 або від теплового насоса. Вентиляція будинку здійснюється повітрям (П), підігрітим в утилізаційному теплообміннику Т6, видалення повітря (ВП) відбувається вентилятором. Для гарячого водопостачання вода, що подається в душ, спочатку підігрівається в теплообміннику Т3, розміщеному в баку 3 утилізації теплоти вод, а потім догрівається до 55 °С в теплообміннику Т4 в баку 4 за рахунок теплоти, що підводиться від колектора сонячної енергії або від теплового насоса. Акумулятор; баки, два насоси, (Н2 і Н3) і тепловий насос розміщені в підвалі, ЕОМ і один насос (Н1) – в мансарді. Охолоджена використана вода (ВВ) відводиться в каналізацію.

ВИСНОВОК

Застосування сонячних установок для виробництва холоду і кондиціонування повітря викликає великий інтерес в умовах жаркого клімату, так як при цьому пікове навантаження охолодження збігається в часі з максимумом надходження сонячної радіації.

Тепловий комфорт людини залежить від швидкості відведення теплоти, яка визначається температурою і відносною вологістю повітря, швидкістю його руху, фізичною активністю людини. Відведення теплоти відбувається в результаті конвекції, випромінювання та випаровування вологи з поверхні тіла людини.

Вибір способу охолодження будівлі залежить від кліматичних умов: те, що підходить для сухого жаркого клімату пустинь, не годиться

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.minregion.gov.ua/wpcontent/uploads/2017/03/Rozvitok-VDE-v-Ukrai--ni.pdf>
2. Revised version, November 2020. Information notice [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: www.iea.org/corrections
3. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://de.com.ua/uploads/0/1703-EnergyStratagy2030.pdf>
4. Закон України “Про ринок електричної енергії” (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 27-28, ст.312) [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>.
5. Відновлювані Джерела Енергії в Україні [Електронний ресурс]. URL:https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ua/pdf/2019/09/RenewablesReport_2019-ua.pdf (дата звернення 15.01.2020).
6. Бойко М.П. Системи мобільного зв'язку: Конспект лекцій.- Одеса: ОНАЗ, 2004 – 76 с.
7. Офіційний сайт Міністерство енергетики та вугільної промисловості України [Електронний ресурс] URL:http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245490768&cat_id=35081
8. Закон України “Про ринок електричної енергії” (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 27-28, ст.312) [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>.
9. Оцінка ресурсного потенціалу сонячної електроенергетики у Одеській області // Басок Б.І., Веремійчук Ю.А. – К.: «КІМ».- 2019. -250 с. ISBN 978-617-628-081-1

10. Веремійчук Ю.А., Опришко В.П., Притискач І.В., Ярмолюк О.С. Оптимізація функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів. Київ, Видавничий дім «Кий», 2020. 186 с. ISBN 987-617-7177-12-7
11. Безкостний П.І. Впровадження сонячних електростанцій та дослідження їх впливу на роботу електроенергетичних систем. – 2017. – с. 1–28.
12. Цифрові технології в інноваційній трансформації економіки України за редакцією чл. кор. НАН України І.Ю. Єгорова, д.е.н. О. І. Никифорок, к.е.н. В. Е. Ліра, - 10.07.2020. – 309 с.
13. Офіційна веб-сторінка FG Wilson [Електронний ресурс] URL: https://www.fgwilson.com/ru_RU.html
14. Офіційна веб-сторінка VODAFONE [Електронний ресурс] URL: <https://www.vodafone.com/>
15. Зведене покриття всіх 4G/3G операторів України [Електронний ресурс] URL: <https://www.mobua.net/maps/?pos=48,31,6>
16. Завод Corum Group впервые в Украине тестирует 5G телеметрию [Електронний ресурс] URL: <https://www.vodafone.ua/ru/news/corum-group-5g-telemetry>
17. Указ Президента України «Про забезпечення умов для впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку п'ятого покоління» від 17 травня 2019 року [Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/242/2019#Text>
18. Tom De Saulles; Free cooling systems / BSRIA, 2004 - 91 с.
19. ПУЕ – 2017. Правила улаштування електроустановок.
20. Бондаренко І.М. Системи радіозв'язку. Кн.2, ч. 1, радіолінії зв'язку: Навч. посібник - Харків. : ХІ ВПС, 2003. – 162с.
21. Системы солнечного тепло – и хладоснабжения / [Э.Р. Авязов, М.А. Барский – Зорин, Н.М. Васильев и др.]; под ред. Э.В. Сарнацкого и С.А. Чистовича.– М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.

22. Veremiichuk, Y. Berzina, K., Zicmane, I., Mahnitko, A., Patel, D.K., Optimal power flow in power system in Latvian market conditions. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM Volume 19, Issue 4.1, 2019, Pages 369-375
23. Офіційний сайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України. Енергія Сонця [Електронний ресурс] URL: <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>
24. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок
25. ГІД 34.20.178:2005 Проектирование электрических сетей напряжением 0,4-110 кВ. Рекомендации
26. Офіційний сайт Міністерство енергетики та вугільної промисловості України [Електронний ресурс] URL:http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245490768&cat_id=35081
27. Щур В.І. техніко-економічне обґрунтування параметрів гібридної вітро-сонячної системи для електропостачання окремого об'єкта / і. з. Щур, В. І. Климко. // електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2014. – с. 92–100.