

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ БІОЛОГІЧНИЙ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

**Кваліфікаційна робота
магістра**

на тему ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИКОРИСТАННЯ
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1018

спеціальності 101 екологія, освітньої програми екологія та
охорона навколишнього середовища

Зеленський В.О.

Керівник доц., доц., к.ф.-м.н. Маслова О.В.

Рецензент доц., доц., к.б.н. Воронова Н.В.

Запоріжжя – 2019

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТФакультет біологічнийКафедра загальної та прикладної екології і зоологіїОсвітній рівень магістрСпеціальність 101 екологіяОсвітня програма екологія та охорона навколишнього середовища**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології, д.б.н., проф.

_____ О.Ф. Рильський

« _____ » _____ 2019 року

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студента

Зеленського Владислава Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Екологічна безпека використання альтернативних джерел енергії

керівник роботи Маслова Оксана Володимирів, к.ф.-м.н., доцентзатверджена наказом ЗНУ від « 12 » червня 2019 р. № 940 -с2. Строк подання студентом роботи _____ грудень 2019 року3. Вихідні дані до роботи: Статистичні дані використання альтернативних джерел енергії у світі, Україні та м. Запоріжжі; матеріали зібрані при особистому налаштуванні та монтажу сонячних панелей, статистичні дані.4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Розглянути основні фактори використання альтернативних джерел енергії, визначити негативний і позитивний вплив на навколишнє середовище, провести розрахунок та аналіз отриманих результатів.5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) таблиці: 7 таблиць, 7 графіків та 15 рівнянь

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	КОНСУЛЬТАНТ	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Чаусовський Г.О.		

7. Дата видачі задання 11.02.2018р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Огляд наукової літератури. написання розділу 1	жовтень-грудень 2018	Виконано
2	Засвоєння техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. написання відповідного розділу	січень-лютий 2018-2019	Виконано
3	Проведення експериментальних досліджень, оформлення результатів досліджень. Статистична обробка даних Написання відповідного розділу	березень-квітень 2019	Виконано
4	Оформлення кваліфікаційної роботи магістра	травень-вересень 2019	Виконано
5	Передзахист Рецензування кваліфікаційної роботи	жовтень - грудень 2019	Виконано
6	Захист кваліфікаційної роботи	січень 2020	Виконано

Студент _____ Зеленський В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Маслова О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ Притула Н.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ	
1.1 Загальна інформація	11
1.2. Сонячна енергія	19
1.3 Вітрова енергетика	34
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	
2.1 Методика розрахунку досліду	47
2.2 Об'єкт дослідження	52
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	
3.1 Визначення впливу антропогенних факторів на розрахунок доцільності використання сонячних панелей	60
3.2 Розрахунок потенціалу зменшення викидів	63
3.3 Оцінка екологічної ефективності модернізації альтернативними джерелами Хортицького району	68
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНІЙ СИТУАЦІЇ	72
ВИСНОВКИ	82
РЕКОМЕНДАЦІЇ	83
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	84
ДОДАТКИ	90

РЕФЕРАТ

Робота викладена на 95 сторінках друкованого тексту, містить 7 таблиць, 7 графіків, 15 формул та 8 додатків. Перелік посилань включає 60 джерела.

Об'єктом дослідження виступають: промислові та житлові об'єкти споживання електроенергії Хортицького району м. Запоріжжя.

Метою роботи було визначити та розрахувати екологічну доцільність використання альтернативних джерел енергії на прикладі Хортицького району м. Запоріжжя.

Методи дослідження - методи порівняння та статистичної обробки отриманих результатів з використанням програм Mathcad та Excel.

В результаті дослідження розраховано потенціал використання сонячних панелей у житловому секторі м. Запоріжжя (при установці комплексу Risen RSM60-6-280 за рахунок сонячної енергії будуть повністю забезпечені електроенергією 83.54% квартир, а повна окупність модернізації буде через 4 роки та 2 місяці).

Новизна роботи полягає в тому, що проведено розрахунок потенціалу конкретного району щодо застосуванні альтернативних джерел енергії електроспоживання багатоквартирних будинків, що дає можливість скоротити за 1 місяць 7177,5 тон вугілля і 19140 тон кисню.

Отримані результати можуть бути використані для практичних рекомендацій модернізації сучасних житлових комплексів м. Запоріжжя.

**АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ,
СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ПОНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ,
СОНЯЧНА ЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ, КІЛОВАТ НА ГОДИНУ, ЖИТЛОВІ
БАГАТОКВАРТИРНІ БУДИНКИ**

ABSTRACT

The work is presented on 95 pages of the printed text, contains 7 tables, 7 graphs, 15 conditions and 5 additions. The list of references includes 60 sources.

The object of the study is: industrial and residential objects of electricity consumption which are located in Khortitsky district in Zaporizhzhya.

The aim of this work – determination and calculation of the ecological feasibility of using alternative energy in the Khortitsky district, Zaporizhzhya.

Research methods - methods for comparing and statistically processing the results obtained with Mathcad and Excel.

The result of this research is computing of the potential of using solar panels in the residential sector in Zaporizhzhya was calculated (installing the Risen RSM60-6-280 complex, 83.54% of apartments will be fully supplied with electricity, and the full payback of modernization will be in 4 years and 2 months).

The novelty of the work is that the calculation of the potential of certain terrain for the using of alternative energy sources of electricity in apartment buildings, which allows to reduce 7177.5 tons of coal in 1 month and avoid wasting 19140 tons of oxygen.

The obtained results can be used for practical recommendations for modernization of usual residential complexes in Zaporozhye.

ALTERNATIVE POWER SOURCES, SUN PANELS, ELECTRICITY CONSUMPTION, RENEWED ENERGY RESOURCES, SUNNY ELECTRIC STATION, KILLOW PER HOUR, RESIDENTIAL MULTI STAREY HOUSES

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ПДЕ – поновлювані джерела енергії;

МЕА – Міжнародне енергетичне агентство;

СЕК ООН – Європейська економічної комісії Організації Об'єднаних Націй;

IHS ENERGY – Лондонський глобальний інформаційний провайдер,
утворений в 2016;

ДП «НЕК «Укренерго» – державне підприємство «національна енергетична
компанія»;

ОЕС – об'єднана енергосистема;

АЕС – атомна електростанція;

ГЕС – гідроелектростанція;

ГАЕС – гідроакумулювальна електрична станція;

СЕС – сонячна електрична станція;

ВЕС – вітрова електрична станція;

БіоЕС – біопаливна електростанція;

кВт* год – кіловат на годину;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

В – вольт;

А – ампер;

Гц – герц;

Вт – ват;

мм – міліметр;

% – відсоток;

м³ – метр кубічний;

°С – градус Цельсія;

мг – міліграм;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ВСТУП

В наш час перед людством гостро стає питання додаткових джерел енергії, тобто використання альтернативної енергетики, яка забезпечує вироблення механічної, теплової та електричної енергії не використовуючи традиційні види джерел енергії.

Актуальним завданням для нашої країни є впровадження методів отримання дешевої екологічно чистої енергетики. Динамічний розвиток суспільства вимагає все більшого використання енергії і використання викопного палива вже не може повністю задовільнити потреби людства в найближчі століття. Одержання дешевої і доступної енергії було й залишається одним з актуальних завдань сьогодення. Традиційні джерела енергії інтенсивно вичерпуються, до того ж їх використання пов'язане з багатьма негативними наслідками тому подолати існуючі труднощі можна до певної міри, шляхом використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії.

Вдалим рішенням такому положенню справ може стати розвиток альтернативної енергетики, яка використовує енергію сонця, вітру і води, а також біопалива з органічних відходів або спеціально вирощуваних рослин.

Серед найпопулярніших видів альтернативної енергетики можна виділити: сонячну, вітрову, біологічну, космічну, енергію термоядерного синтезу. Найбільш перспективними серед них вважаються вітроенергетичні та сонячна. Освоєння в Україні вітроенергетики ще не досягла значного потенціалу. До речі, саме вітроенергетика в останні десятиріччя інтенсивно розвивається в Європі, США та багатьох країнах Азії і, по суті, є основним напрямом освоєння альтернативних джерел енергії у світі. Доказом цього служить міжнародний день вітру який святкують 15 червня кожного року. Всесвітній день вітру (Global Wind Day) був створений з ініціативи Європейської асоціації вітроенергетики і Всесвітньої ради по енергії вітру.

Це свято, мета якого – розкрити широкому загалу можливості і величезний потенціал вітроенергетики, не є офіційним вихідним днем але це свято підкреслює вагомий внесок в виробництво екологічно безпечної енергетики яке може дати ефективне рішення виходу із глобальної екологічної кризи.

Сьогодні однією з найбільш динамічних видів електричної енергії є сонячна. Сонячна енергія як поновлювання сировини є такий ресурсний потенціал, який набагато перевищує потенціал викопних ресурсів. Обсяг енергії, щорічно що дається Землі Сонцем, в 15 000 разів більше річного споживання атомної енергії та енергії з викопних джерел.[1].

На тему використання сонячної енергії проводилося чимало досліджень по всьому світу, зокрема професор кафедри технічної термодинаміки і відновлюваної енергетики Інституту холоду, кріотехнологій і екоенергетика О. Дорошенка, збільшення частки сонячних електростанцій природно для південних регіонів України, необхідно нарощувати використання сонячної енергії, адже воно дозволяє зменшити виснаження природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища.[2].

Тема роботи – екологічна безпека використання альтернативних джерел енергії, яка розкриває можливості поновлювальних джерел енергії в сьогоденні і дає напрямок рішення великій проблемі в світі та в галузі екології, а саме в вивченні питання антропогенне забруднення навколишнього середовища при розробці та використанні традиційних джерел енергії. Якщо раніше забруднення було характерно лише для окремих районів, то зараз таким прикладом може послужити будь-яке місце, де проживає людина. Пов'язано це з тим, що останнім часом сильно збільшилося споживання електроенергії та кількість автотранспорту, забруднення ґрунту, викидів в атмосферу отруйних речовин, отруєння водою.

Мета – визначити та розрахувати екологічну доцільність використання альтернативних джерел енергії на прикладі Хортицького району м. Запоріжжя.

Поставлена мета передбачає виконання таких завдань:

– дати загальну характеристику альтернативним джерелам енергії та виявити методом порівняння і статистичної обробки дані екологічної безпеки використання альтернативних джерел енергії на стан природного середовища території, на прикладі Хортицького району м. Запоріжжя.

– охарактеризувати фізико-географічні особливості району дослідження і здійснити статистичну обробку та провести аналіз отриманих результатів;

– надати власні рекомендації щодо використання альтернативних джерел енергії м. Запоріжжя та Запорізької області.

Об'єктом дослідження виступають: промислові та житлові об'єкти споживання електроенергії Хортицького району м. Запоріжжя.

Предметом дослідження є альтернативні джерела енергії (сонячні панелі, вітряки і біопаливо з органічних відходів) та практичне використання їх у Запорізькому регіоні.

Для виконання поставлених завдань використовується сукупність емпіричних та статичних методів: метод дослідження картографічних об'єктів, метод порівняння та метод статистичної обробки отриманих результатів.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальна інформація

На основі досліджень та аналізу напрямів розвитку енергетики відповідно до діючих національних стратегій МЕА визначено, що основними джерелами енергозабезпечення залишатимуться природний газ, відновлювана енергетика та енергоефективність.

Споживання природного газу до 2030 р. зросте приблизно на 20% та залишиться на цьому ж рівні до 2040 р., а з урахуванням зобов'язань країн світу щодо реалізації Паризької кліматичної угоди та інтенсивного розвитку низьковуглецевих та відновлюваних джерел енергії прогнозується підвищення споживання природного газу за цей період до 45%. Прогнозоване зростання споживання природного газу обумовлено також необхідністю розвитку потужності, якою можливо було би маневрувати для режимного регулювання стохастичної (нестабільної) генерації відновлюваних джерел енергії.

За довгостроковим прогнозом споживання нафти продовжуватиме зростати до 2040 р., але більш низькими темпами, в основному за рахунок зростання попиту у сфері вантажоперевезення, авіації та нафтохімічної промисловості.

Відповідно до висновків експертів Світового банку, наведених у звіті «Commodity Markets Outlook. 2018» очікується, що в 2018 р. ціна нафти в середньому складе 65 доларів США за барель через підвищення попиту і скорочення видобутку, така ціна збережеться і в 2019 році.

Факторами, що підтримують цю вартість, будуть продовження обмеження видобутку нафти як країнами, що входять в ОПЕК, так і не є її членами, і високий рівень попиту.

За експертною оцінкою Світового банку, ціни на природний газ і вугілля підвищуватимуться на 20% у 2019 р., що на 16% вище показників, прогнозованих у жовтні 2017 року.

Сьогодні світові тенденції розвитку енергетики характеризуються поглибленням інтеграції енергетичних систем, зростанням використання нетрадиційних відновлюваних джерел енергії та об'єктів розподіленої генерації.

При цьому частка прямого та непрямого використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) зросте з сьогоднішніх 9% до 16%. Інтенсивне зростання використання ВДЕ в електроенергетиці та реалізація цілей кліматичної Паризької угоди «наблизять кінець періоду широкого використання вугілля». Зокрема, в ЄС відновлювані джерела енергії стануть основним засобом виробництва електроенергії до 2030 р.

За прогнозом МЕА енергоефективність, що визначається через обсяги енергоспоживання на одиницю ВВП, має підвищуватися в глобальному масштабі прискореними темпами. Подальше підвищення енергоефективності стримує загальне зростання споживання первинної енергії – без підвищення енергоефективності обсяги кінцевого споживання за прогнозований період мали би зрости більш ніж удвічі.

Стан ринку енергоефективності в глобальному масштабі та заходи щодо підвищення енергоефективності, за оцінкою Європейської економічної комісії Організації Об'єднаних Націй (ЄЕК ООН), вже досягли рівня, при якому їх внесок в енергозабезпечення переважає внесок будь-якого іншого джерела енергії, ставши таким чином «першим паливом» для економіки країн-членів МЕА. За прогнозом до 2040 р. (WEO 2017) енергоємність та вуглецеємність ВВП за рахунок реалізації енергоефективних програм та виконання зобов'язань країн за Паризькою угодою має бути знижено на 37% та 10% відповідно проти рівня 2016 року.

Прогнозована МЕА (WEO 2017) динаміка зміни структури встановленої потужності електростанцій у світі за періоди до

2020 – 2030 рр. підтверджує що приріст генеруючих потужності електростанцій, що використовують відновлювані джерела енергії, складе майже 2/3 загального приросту генеруючих потужності до 2040 р.

За висновками звіту підготовленого компанією IHS ENERGY для Асоціації операторів розподільчих електричних мереж «Стимулююче регулювання розподілу електроенергії в Україні. Застосування уроків, засвоєних із міжнародного досвіду» на основі вивчення міжнародного досвіду реформування інфраструктурних галузей, відзначено, що у Великобританії реформа електроенергетичної галузі досягла найбільш позитивних результатів. Більшість принципів тарифного регулювання електроенергетичної галузі з використанням методу прибутковості на інвестований капітал, згодом застосовуваних під час реформування електроенергетичної галузі в інших європейських країнах, здійснювалось з урахуванням досвіду Великобританії.

В умовах стимулюючого тарифоутворення у Великобританії за 15 років у 2 рази скорочено витрати електророзподільних компаній.

Відповідно до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства (ЕС) 24.09.2010 р., членом якого Україна стала з 01.02.2011 р., і Закону України від 15.12.2010 р. №2787-VI Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про Енергетичне Співтовариство та ратифікувавши Угоду про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, Україна гармонізує національне законодавство з нормами законодавства ЄС у сфері енергетики, зокрема, положення Директив Третього Енергетичного пакету: Директиви 2009/72/ЄС про спільні правила внутрішнього ринку електричної енергії, Регламенту (ЄС) 714/2009 про умови доступу до мережі транскордонного обміну електроенергією, Директиви 2005/89/ЄС про заходи для забезпечення безпеки інвестування до системи електропостачання та інфраструктури.

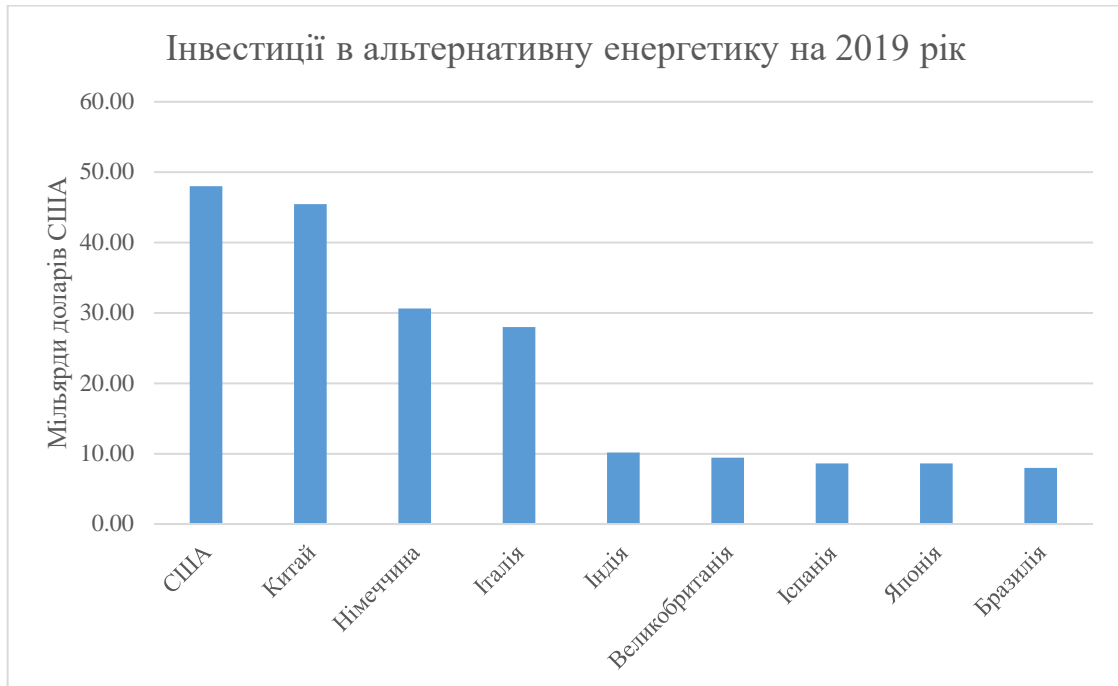


Рисунок 1.1 – Зображення кількості інвестицій

На виконання положень Директиви 2009/72/ЄС прийнято Закон України від 13.04.2017 р. №2019-19 «Про ринок електричної енергії». Метою нового ринку електричної енергії є запровадження конкурентних механізмів функціонування ринку електроенергії, вільний вибір контрагентів та забезпечення права споживача вільно обирати постачальника електроенергії. Законом передбачено різні механізми купівлі-продажу електроенергії – двосторонні договори, ринок «на добу наперед» та внутрішньодобовий ринок. Для забезпечення достатніх обсягів електроенергії, необхідних для балансування в реальному часі обсягів виробництва та імпорту електроенергії і споживання та експорту електроенергії, врегулювання системних обмежень в ОЕС України, а також фінансового врегулювання небалансів електроенергії, передбачено «балансуючий ринок» та ринок «допоміжних послуг».

ДП «НЕК «Укренерго» 28.06.2017 р. у Брюсселі підписано «Угоду про умови майбутнього об'єднання енергосистем України та Молдови з енергосистемою континентальної Європи», схвалену 28 європейськими

системними операторами Групи ENTSO-E «Континентальна Європа». Угода набула чинності 07.07.2017 р.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 р. №605 р, схвалено Енергетичну стратегію України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» (ЕСУ-2035), якою визначено мету і цілі розбудови енергетичного сектору відповідно до потреб економічного і соціального розвитку країни на період до 2035 р.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 06.06.2018 р. №497 р затверджено «План заходів з реалізації етапу «Реформування енергетичного сектору (до 2020 року)» Енергетичної стратегії України до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» тощо.

Загальна встановлена потужність ОЕС України станом на 01.01.2018 р. становила 51,8 ГВт, з яких потужність ТЕС, ТЕЦ та блок-станцій становила 59,0%; АЕС – 26,7%; ГЕС – 9,1%; ГАЕС – 2,9%; СЕС – 1,5%; ВЕС – 0,6%; та БіоЕС – 0,2%. Виробництво електроенергії електростанціями ОЕС України за 2017 р. становило 155,4 млрд кВт·год, що на 0,4% більше порівняно з 2016 р. З них АЕС – 55,1%; ТЕС, ТЕЦ і Блок-станціями – 36,9%; ГЕС – 5,8%; ГАЕС – 1,0%; ВЕС – 0,6%; СЕС – 0,5% та БіоЕС – 0,1%.

Виробництво електроенергії електростанціями ОЕС України за перше півріччя 2018 р. збільшилось на 1,9% порівняно з відповідним періодом 2017 р. і становило 79,9 млрд кВт·год, при цьому альтернативні джерела енергії за цей період збільшили виробництво електроенергії на 38,2% (338,82 млн кВт·год) та становило 1,2 млрд кВт·год.

Експорт електроенергії за 2017 р. становив 5,2 млрд кВт·год, що на 28,6%; більше порівняно з 2016 р. За перше півріччя 2018 р. експорт електроенергії зменшився на 0,9% порівняно з відповідним періодом 2017 р. і становив 3,1 млрд кВт·год.

Відповідно до затвердженого Міненерго вугілля України 15.06.2018 р. «Прогнозного балансу електроенергії Об'єднаної електроенергетичної

системи України на 2018 рік» виробництво електроенергії електростанціями ОЕС України становитиме 160,057 млрд кВт·год, у тому числі АЕС – 52,4%; ТЕС, ТЕЦ і Блок-станціями – 38,6%; ГЕС і ГАЕС – 7,6%; ВЕС, СЕС і БЕС – 1,4%. Експорт електроенергії за 2018 р. передбачено в обсязі 6,095 млрд кВт·год.

Відповідно до Закону України від 22.09.2016 р. №1540-19 (у редакції від 10.06.2018 р.) НКРЕКП здійснює регулювання діяльності природних монополій, зокрема шляхом проведення цінової і тарифної політики, у тому числі у сфері електроенергетики.

Відповідно до постанови НКРЕКП від 16.12.1996 р. №256 (у редакції від 21.06.2018 р.) «Про затвердження Умов та Правил здійснення підприємницької діяльності з оптового постачання електричної енергії» та постанов Кабінету Міністрів України від 05.05.2000 р. №755 і від 05.06.2000 р. №922 (у редакції від 17.03.2018 р.) Оптовий ринок електроенергії України (ОРЕ України) функціонує за моделлю «єдиного покупця».

Основними факторами, які негативно впливають на роботу ОЕС України є: комплекс проблем паливо забезпечення та паливоспоживання ТЕС; фізичне зношення і моральне старіння енергоблоків ТЕС і ТЕЦ більше, ніж 80%; наближення до закінчення строку проектної експлуатації енергоблоків АЕС; відпрацювання розрахункового технічного ресурсу більшістю ліній електропередачі і електричних підстанцій напругою 220 кВ і вище; недостатня забезпеченість мобільним резервом ОЕС України в умовах впровадження відновлюваних джерел енергії, що мають стохастичний режим роботи тощо.

Альтернативні джерела енергії – відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонячна, вітрова, геотермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси,

до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів.

Світова тенденція зміщення акцентів у сторону альтернативної енергетики підтверджується, зокрема, такими статистичними даними. В 2017 році інвестиції в таку енергетику склали по всьому світу більше 100 мільярдів доларів США, а загальносвітовий обсяг електроенергії, що генерується за допомогою відновлюваних джерел, за оцінками експертів досяг рівня 240 ГВт. Ці цифри відповідають 50 відсотковому зростанню альтернативної енергетики в порівнянні з даними 2014 року. На сьогоднішній день альтернативні джерела енергії складають за різними оцінками від 4 до 8 відсотків загального обсягу світової енергетики.



Рисунок 1.2 – Схематичне зображення типів альтернативної енергетики, яка використовується в Україні

Розвиток та використання альтернативних та відновлювальних джерел енергії (вітрової і сонячної енергії, біопалива, тощо) є вагомим фактором для зміцнення енергетичної безпеки та зменшення негативного техногенного впливу на навколишнє природне середовище. Важливість розвитку альтернативної енергетики є очевидною, адже вона відіграє вирішальну роль у зменшенні парникових викидів, зниженні негативного

впливу на довкілля, підвищує безпеку енергопостачання, допомагає зменшити залежність від імпорту енергії.

Традиційні види енергетики достатньо забезпечують людство електрикою і теплоносіями, але при цьому завдають істотної шкоди навколишньому середовищу. Недоліками, наприклад, гідроелектростанцій є руйнація природного ландшафту та екосистеми, так як гідроелектростанції заважають природній течії річок і в додаток виводять з господарського користування великі площі родючих земель, що погано впливає на економіку будь-якої країни. Теплова електростанція споживає велику кількість природного палива, яке століттями накопичувалось у надрах Землі і є невідновлювальними джерелами енергії, яке забруднює навколишнє середовище, а імідж АЕС серйозно похитнули аварії в Чорнобилі та Фукусімі, що привело до непоправних людських втрат та забруднення території на десятки років.

Поновлювані джерела, до яких відносять енергію сонячного випромінювання, вітру, морів, річок, біомаси, теплоти Землі, та вторинні енергетичні ресурси, які існують постійно або виникають періодично у довкіллі. Міжнародне енергетичне агентство вважає, що в 2035 році в усьому світі енергія, одержана від сонця, вітру, води, тепла землі, а також з біомаси, збільшиться в два рази порівняно із сьогоднішнім днем і складе 16 відсотків від всього виробництва. Ще оптимістичніше оцінює ситуацію Європейський галузевий союз поновлюваних джерел енергії. На його думку, до 2035 року частка альтернативної енергії виросте до 35 відсотків. Європейська комісія вважає, що в 2030 році в Європі п'ята частина енергії вироблятиметься з екологічно безпечних джерел. У Німеччині, як в одній з найбільш орієнтованих на альтернативні джерела енергії країн, частка поновлюваної енергії може скласти 40 відсотків, а у виробництві електричної енергії – близько 67 відсотків, передбачає Федеральний союз поновлюваних джерел енергії.

1.2. Сонячна енергія

Сонячне випромінювання, що доходить до Землі – лише мала частина того, що сонце створює кожного дня. Запас сонячної енергії є надзвичайно великим, якщо порівнювати з потребами людини в енергії. Рівень та інтенсивність енергетичної освітленості сонячним випромінюванням залежить від місця та часу. Сонячна стала потужності випромінювання, яку виміряли завдяки супутникам, є приблизно 1360 Вт/м^2 . Це показник сумарного потоку сонячного випромінювання, що проходить за одиницю часу через одиничну площу, орієнтовану перпендикулярно потоку, на відстані однієї астрономічної одиниці від центру Сонця зовні земної атмосфери. Але поверхні Землі досягає не уся сонячна енергія, адже частина її втрачається в атмосфері Землі. Ця кількість дорівнює приблизно 1000 Вт/м^2 і залежить від умов. Згідно з даними Національного управління з аеронавтики і космічного простору (NASA), сонячна енергія повертається до космосу лише двома шляхами: відбиттям чи за рахунок відображення світла. Кількість сонячного опромінення що відбивається дорівнює приблизно 30% всього сонячного опромінення, при цьому відбиття атмосферою 5-6%, групами хмар 20-22% та земною поверхнею 3-4%. Хоча, сонячна енергія є також одним із джерел і інших видів енергії на нашій планеті, якими є деревина, нафта, вугілля та природний газ, – всі ці види створюються з процесів фотосинтезу та фізико-хімічних реакцій. Енергія сонця має велику кількість переваг, але головними є її безпечність для навколишнього середовища, низьке забруднення та безкінечні обсяги запасу.

Рівень та потенціал в Європі.

Розглядаючи в загальній кількості попит країн на теплову енергію в Європейському Союзі у 2004р., можна зробити висновок, що найбільшу частину теплової енергії, близько 31%, йде на промисловість, на

домогосподарства йде 46%, а залишок 23% на сферу послуг. Якщо взяти до уваги проект ESONEATCOOL де використовують інформацію MEA; та акцентування зробити не на постачанні, а на попиті енергії в Європі.

Сумарний обсяг попиту на теплової енергії підраховують сумою попиту на тепло, тобто суму компонентів сонячного тепла, геотермального тепла, тепла, що споживають від системи централізованого опалення, та тепла, що створюється як результат використання палива, а також у вигляді електричної енергії. Електричну енергію враховують з урахуванням на те, що значна її частина буде використовуватись при опаленні приміщень та підігріву води. Попит, наприклад, у промисловому секторі, дорівнює приблизно 8,7 ЕДж лише теплоенергії та 4,4 ЕДж електричної енергії, що відповідно у фінансових витратах приблизно 120 млрд. євро, цю суму сплачує промислова галузь. Вважають, що теплова енергія сонця має велику перспективу, оскільки її вигідно використати у промисловості.

В рамках Робочої групи 49 Міжнародного Енергетичного Агентства «Сонячна теплоенергетика в промисловості» (МЕА, Програма Сонячної Теплоенергетики) нараховується приблизно 120 налагоджених (стабільних) систем сонячної теплової енергетики по всьому світу. З останніх автоматизацій була створена онлайн база даних таких установок, які зібрані на сайті за посиланням [3]. Враховуючи, що 31% кінцевого споживання тепла йде на промислове виробництво, є великий потенціал розвинення технологій та ринку споживання в ЄС. З отриманих даних ESONEATCOOL 2006, приблизно 30% потреб промислового сектору у теплоенергії припадає на тепло при температурах менше 100°C, ще 57% сумарного попиту у промисловості направлено на теплову енергію при температурах до 400°C. Згідно з цією інформацією, що була зібрана в ході проекту POSHIP 2001, для галузей харчової промисловості, виробництва вина, пивоваріння, виробництво авто, машинобудування, текстиль та целюлозно паперова промисловість 60% споживання йде на теплоенергію при температурі до 250°C.

У міжнародних дослідженнях робочі температури розподілили на три категорії. Наприклад, Робочою групою МЕА 33 надане таке визначення температур за діапазонами: низька робоча температура – до 80°C, середня робоча температура – 80-250°C, висока робоча температура – 250-400°C.

Існують різні діапазони температур для різних процесів, у яких може використовуватись сонячна теплова енергія: низькотемпературне тепло використовується для процесів миття, тепло середніх температур – у процесах, що потребують пари, таких як пастеризація або висушування, високотемпературне тепло – 250-400°C потрібно у виробництві хімікатів. Таким чином, широкомасштабних сфер застосування сонячної теплової енергії у промисловості не так вже і багато. Причина полягає в тому, що часто нелегко відповідати очікуванням промисловості у таких аспектах, як терміни окупності та гнучкість системи сонячної теплоенергетики. Сонячна теплоенергетика здебільшого використовується у системах нагрівання холодної живильної води для процесу генерації. У промислових процесах, часто у якості теплоносія у розподільчих мережах використовується пара, навіть якщо температура, яка потрібна у точці використання у процесі, є значно нижчою. У таких випадках, або пара має генеруватися за рахунок сонячної теплової енергії, або є необхідність реструктурувати систему розподілу тепла.

Щоб створити вищі температури, у сонячні теплові системи необхідно вкладати більші інвестиції. У багатьох випадках установка сонячної теплоенергетики задовольнятиме попит на таке тепло, що потребується у певному промисловому процесі, але обладнання необхідно буде реорганізувати.

На рисунку 1.3 можна побачити, що значний відсоток встановлених потужностей в експлуатації припадає на Китай (67%) та Європу (16%).

Відсоток від загальної встановленої потужності, що лишається, розподіляється таким чином: США та Канада – 6%, країни Азії без врахування Китаю – 4%, Латинська Америка – 3%, Австралія та Нова

Зеландія – 2%, країни Близького Сходу та Північної Африки – Ізраїль, Йорданія, Ліван, Марокко та Туніс – 2%, а також деякі африканські країни на південь від пустелі Сахара, а саме, Мозамбік, Намібія, ПАР та Зімбабве – 0,4%.

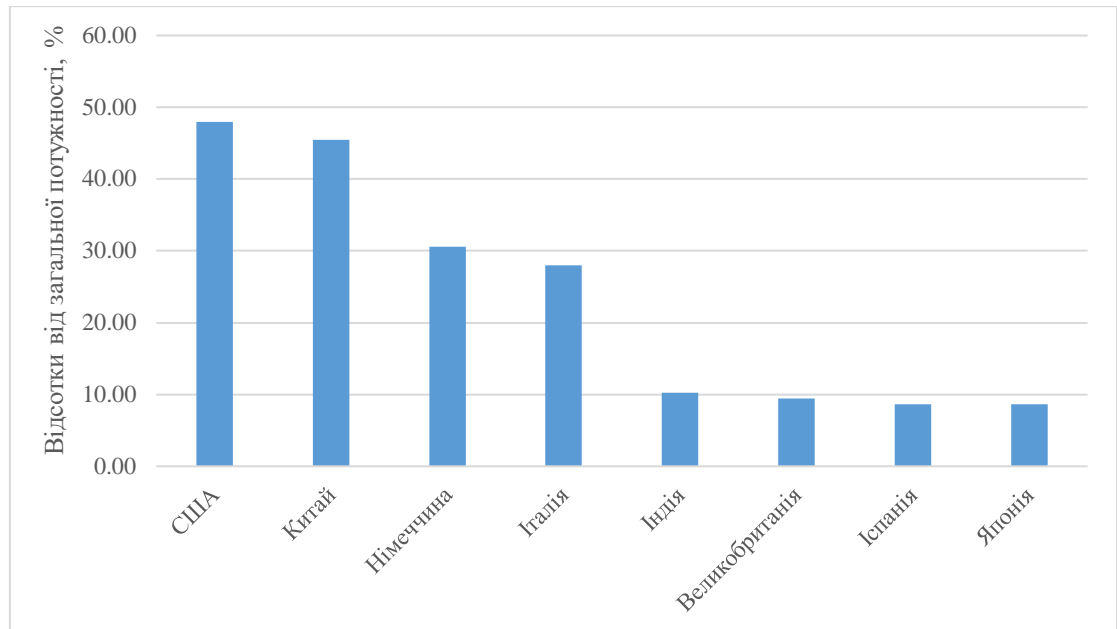


Рисунок 1.3 – Кількісне співвідношення

За типами колекторів, розподіл сукупних потужностей в експлуатації у 2012 р. був таким:

- 65% вакуумні трубчасті колектори
- 26% заклені плоскі колектори
- 8% незаклені водні колектори
- 1% заклені та незаклені повітряні колектори

Сукупне річне виробництво енергії сонячними колекторами (всі сонячні системи теплоенергетики в експлуатації станом на кінець 2011 р.) у 56 країнах, які подали дані у 2011 році, становило 195,5 ПВт·год. Цей обсяг означає, що завдяки сонячним колекторам було збережено приблизно 21 млн. т нафти та скорочено викиди CO₂ на 64 млн. т.

Заходи з енергоефективності та екологічні вигоди, з одного боку, і економічні, з іншого – роблять енергоефективність привабливою для

промислових компаній. Більше того, існує план дій з енергоефективності Європейської Комісії, який говорить, що 40% цільових показників, встановлених Кіотським протоколом, можливо виконати за рахунок заходів енергоефективності. В Австралії та Новій Зеландії існує програма енергоефективності обладнання, що спрямована на підвищення енергоефективності шляхом прийняття стандартів та маркування даних щодо енергоспоживання на приладах. Ця програма є компонентом Національної стратегії підвищення енергоефективності, прийнятої на рівні Міністерств. У разі невиконання вимог Програми застосовуються штрафні санкції. У червні 2013 р. у США був представлений Національний план дій в сфері запобігання зміні клімату. Одним з основних елементів плану є підвищення енергоефективності будівель якнайменш на 20% до 2020 р. у комерційному, промисловому та житлово-комунальному секторах, а також акцент на використанні відновлюваної енергії та скороченні втрат енергії. В центрі уваги Національного плану дій Індії на 12-ту п'ятирічку – «швидший, більш сталий та більш інклюзивний розвиток». Встановлено завдання скоротити інтенсивність викидів у ВВП у 2020 р. на 20% - 25% у порівнянні з рівнем 2005 роком, шляхом додавання 30000 МВт встановлених потужностей відновлюваної енергетики за період 2012-2017 рр. У тому числі прийнята і Програма підвищення енергоефективності промисловості.

Програми, які діють на цей момент в інших країнах:

- 1) Угода Данії щодо енергетики на 2012-2020 рр.;
- 2) План розвитку відновлюваної енергетики та підвищення енергоефективності в Алжирі на 2011-2030 рр.,
- 3) Національна енергетична стратегія Албанії.

Перелік програм підвищення енергоефективності можна знайти на офіційній сторінці Міжнародного енергетичного агентства за посиланням[4] .

Сонячна електростанція – інженерна споруда, що перетворює енергію сонячного випромінювання на електричну енергію. Всі сонячні електростанції (СЕС) поділяють на кілька типів: ті що використовують фотоелектричні модулі (фотоефект) і ті що перетворюють сонячну енергію на теплову, яка приводить у дію тепловий двигун.

У переважній більшості сонячна теплових електростанцій застосовується концентрація сонячних променів. За типом концентрації вони поділяються на:

- баштового типу
- тарілчастого типу;
- параболо циліндричні;
- комбіновані.

На практиці існують і плавучі СЕС, тобто сонячні електростанції, розташовані на воді, мають кілька переваг. Наприклад, природне охолодження. Окрім цього, вода відбиває сонячні промені, і панелі поглинають значно більше тепла. У жовтні 2018 бельгійська влада заявила, що планує будувати СЕС на штучних озерах. У системах використовують сонячні трекери та активну систему охолодження.



Рисунок 1.4 – Плавучі СЕС

Все ще існує велетенський потенціал скорочення енергоспоживання в промисловості. У Зеленому документі щодо енергоефективності (Європейська Комісія 2005) потенціал енергозбереження оцінюється у 350 ТВт·год/1260 ПДж. Таким чином, необхідно розробити стратегію, яка поєднуватиме вже існуючі рішення з новими технологіями. У якості прикладу енергоаудиту теплоспоживання можна навести «Керівні правила енергетичного аудиту «Ейнштейн» (Проект під егідою програми «Розумна енергія Європи»): методологія розділена на 4 основні частини, а саме «попередній аудит», «аудит», «оцінка альтернатив» та «пропозиції». Так наприклад, на сьогоднішній день в Сеулі запуснено 160 тис. домашніх сонячних електростанцій, які скорочують викиди вуглекислого газу на 100 тон щорічно. Влада міста розробили спеціальну схему оренди сонячних панелей для місцевих жителів, яка виявилася дуже популярною.



Рисунок 1.5 – «Сонячна» вулиця Gwanghwamun Square

У місті вже покритий сонячними батареями бейсбольний стадіон, є «сонячна» вулиця Gwanghwamun Square, яка живить свою інфраструктуру виключно «чистої» енергії. Але влада Сеула має намір не зупинятися і

будувати цілі «сонячні» райони, залучаючи за допомогою «зеленої» революції більше туристів.

Найбільші СЕС в Україні на 2019 це:

- Нікопольська сонячна електростанція, Нікополь — 246 МВт
- Перове, Крим — 105,56 МВт
- Охотникове, Крим — 82,65 МВт
- Миколаївка, Крим — 69,7 МВт
- Кам'янець-Подільська СЕС, Хмельницька область, 63.8 МВт
- Кілія, Одеська область — 54,8 МВт
- СЕС Токмак Solar Energy — 50 МВт
- Долинівка, Дунайська СЕС — 43 МВт
- Староказача — 43 МВт
- СЕС Терновиця — 20 МВт
- ФЕС Костогризове — 18 МВт
- Ірлявська — 11 МВт
- Самбірська — 10,1 МВт
- Лазурне (або Скадовське) — 10 МВт.

Особливу увагу при використанні, розрахунках і виборі сонячних панелей необхідно враховувати такі критерії як:

- частку сонячної енергії та її ефективність
- ефективність системи
- питомий обсяг виробництва сонячної енергії
- баланс потоків енергії

Кожна з перерахованих критерій має свою складову, яка впливає на інтегральну оцінку виробництва сонячної енергії і тому необхідно усвідомлено вибирати технічні характеристики сонячних панелей з урахуванням прив'язки до місцевості

Частка сонячної енергії та її ефективність демонструє реальні можливості задовольнити потреби в енергії за рахунок сонячної теплової

енергії у середньорічному попиті. Таким чином, цей показник описує ефективно сонячне тепло, яке використовується, відносно сукупного попиту на теплопостачання.

$$SF(\%) = \frac{q_{solar}}{q_{conv.HG} + q_{solar}}, \quad (1.1)$$

де $SF(\%)$ – частка сонячної енергії; $q_{conv.HG}$ – річне виробництво теплової енергії традиційним теплогенератором, яке вимірюється між акумулятором енергії та традиційним теплогенератором, кВт·год; q_{solar} – річне виробництво теплової енергії на вторинному контурі кВт·год.

Один з показників – ефективність системи. Він показує скільки сонячної енергії з колектору може бути застосовано у замкнутій системі, в яку входять колектор, трубопровід, теплообмінник та тепловий акумулятор. Через надлишкову теплову потужність влітку ефективність є низькою, якщо система завелика, адже має високу частку сонячної енергії.

$$SE(\%) = \frac{q_{solar,Storage}}{q_{solar,Collector\ area}}, \quad (1.2)$$

де $q_{solar,Storage}$ – щорічне значення доданої енергії до сонячних акумуляторів, кВт·год; $q_{solar,Collector\ area}$ – щорічне значення сонячної енергії на поверхні колектору, кВт·год.

Питомий обсяг виробництва сонячної енергії відповідає обсягу енергії у кВт·год на 1 м² площі колектору на рік. Якщо частка сонячної енергії є вищою, питома виробництво сонячної енергії може зменшитись через вищі втрати енергії у зв'язку з вищою температурою.

Питоме виробництво сонячного колектора:

$$\frac{kWh}{m^2 a} = \frac{q_{solar}}{A_{gross\ collector\ area}}, \quad (1.3)$$

q_{solar} – річне сонячне покриття системи, кВт·год;

$A_{gross\ collector\ area}$ – загальна площа колекторів, м².

Річне сонячне покриття системи враховує загальну характеристику місцевості та сумарну сонячну інсоляцію та азимутальний кут, які розглянемо нижче.

Особливу увагу при виборі і використанні сонячних панелей приділяється енергобалансу на абсорбері.

Баланс потоків енергії на абсорбері стосується наступних даних: вхідні дані – це питома енергія сонячного випромінювання на абсорбері мінус питома чиста енергія, питомі втрати конвекційної енергії, питомі втрати потужності випромінювання, питомі втрати потужності передачі та питомі втрати коефіцієнту відбиття на абсорбері. Втрати при конвекції розраховують за формулою

$$q_{loss} = \sum q_{convection} + q_{transmission} + q_{radiation} + q_{reflection}, \quad (1.4)$$

де q_{loss} – втрачена енергія, $q_{convection}$ – енергія конвекції, $q_{reflection}$ – енергія, що відбивається від площини.

Втрати при конвекції пропорційні площі поверхні абсорбера та різниці температур між поверхнею абсорбера, навколишнього повітря та проміжку між абсорбером та скляною поверхнею.

Втрати за рахунок теплопровідності описують як матеріальну константу, площу поперечного перерізу та товщину матеріалу.

Потоки енергії зображені на рисунку 1.6 .

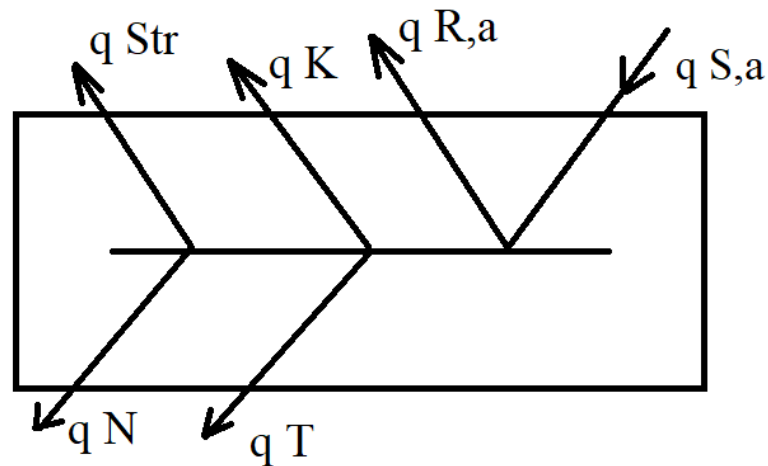


Рисунок 1.6 – Баланс потоків енергії на абсорбері енергії зображено в графічному вигляді, де: $q_{S,a}$ питома потужність на абсорбері q_N питома корисна потужність q_K питомі втрати потужності при конвекції q_{Str} питомі втрати потужності при випромінюванні q_T питомі втрати потужності при передачі питомі втрати потужності при відбитті на абсорбері

Типова конструкція найбільш відомої та поширюваної сонячної панелі зображена на рисунку 1.7 :

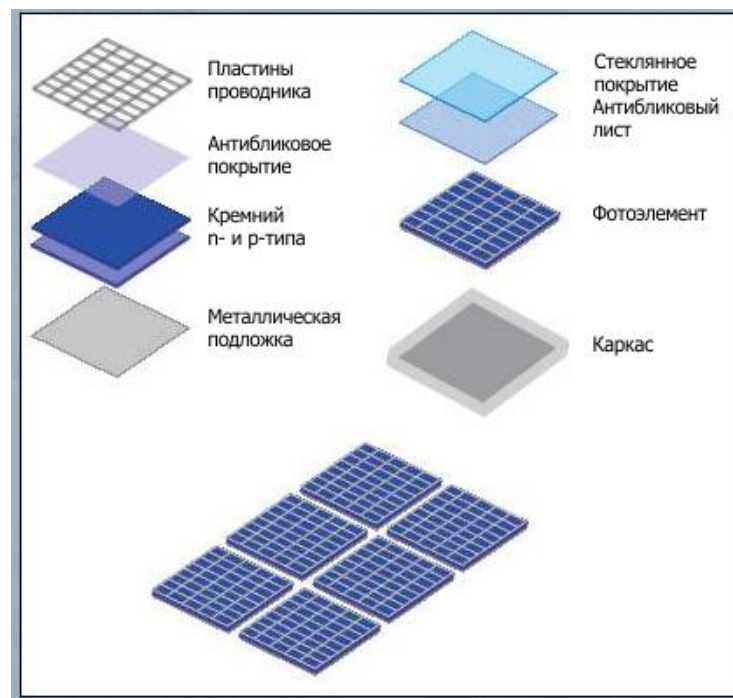


Рисунок 1.7 – Схематично зображено складові сонячної панелі

Загальний фізичний принцип зображений на рисунку 1.8 :

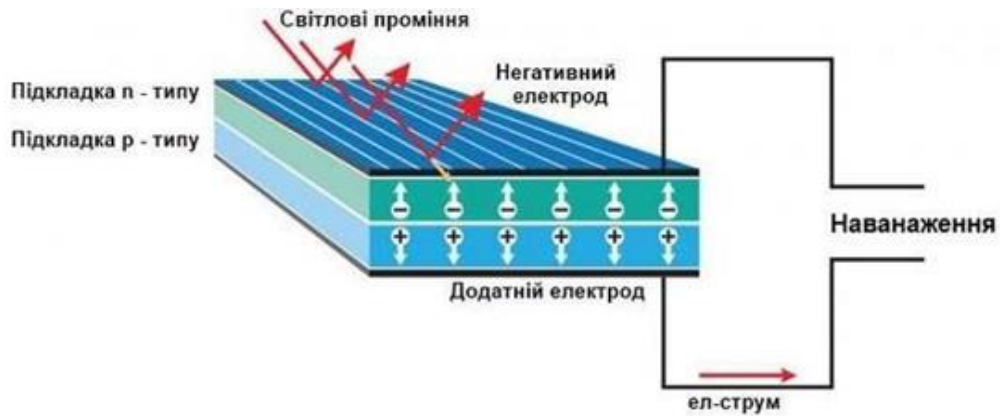


Рисунок 1.8 – Принцип утворення електроенергії

Кут падіння променів, а також азимутальний кут та кут нахилу стосуються досягнення найефективнішого шляху використання сонячного колектору. Азимутальний кут корелює з градусами, на які поверхня колектору відхиляється від точного південного напрямку, а кут нахилу демонструє відхилення від горизонтальної поверхні. Експерименти з фотоелектричними системами доводять, що найбільш ефективна орієнтація системи має азимутальний кут близько 0° та кут нахилу близько 30°

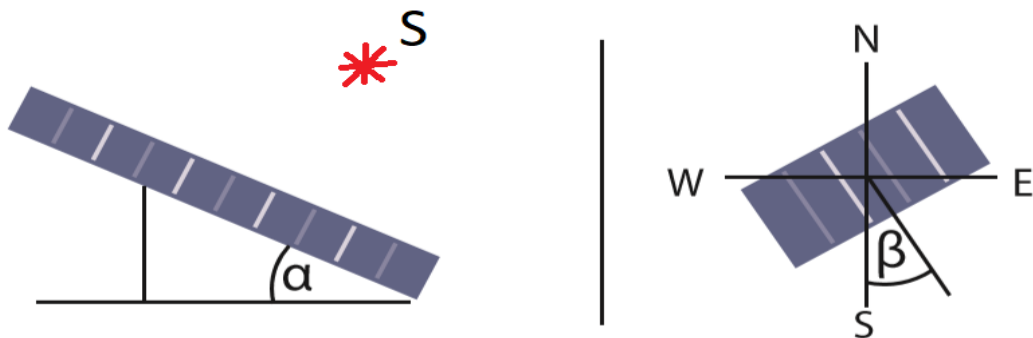


Рисунок 1.9 – Кут нахилу α та азимутальний кут β

Типи колекторів. Сонячні колектори можливо розділити на стаціонарні та трекерні системи. Колектор слід обирати відповідно до необхідних в процесі температур.

Таблиця 1.1 Відповідність колектору до температури

Тип колектору	Діапазон температур °С
Стаціонарний	
Плоский колектор	30 – 80
Вакуумний трубчастий колектор	150 – 200
Складний параболічний концентратор	60 – 240
Одновісні трекерні системи	
Колектор з лінзами Френеля	60 – 250
Параболоциліндричний колектор	60 – 300
Циліндро-параболічний колектор	60 – 300
Двовісні трекерні системи	
Параболодзеркальні	100 – 500
Колектор з поля геліостатів	150 – 2000

Системи без стеження, такі як плоскі колектори, використовуються у низькотемпературних процесах до 80°C. Для вищих температур необхідні системи з концентраторами. Властивості і особливості кожного виду з колекторів розглянуті і винесені в Додатки.

Сонячна інсоляція - це кількість сонячної радіації, що поступає на 1 м². поверхні, що знаходиться перпендикулярно до сонячних променів за один світловий день.

Сонячна інсоляція, яка надходить за поверхню змінюється і залежить від висоти сонця, хмарності та інших природних явищ, кута падіння сонячних кращою (ранок, полудень, вечір). У зв'язку з такими відмінностями зручніше користуватися усередненими показниками в залежності від пори року і місця розташування. Сумарна сонячна інсоляція дає можливість розрахувати, яка кількість сонячної радіації (кВт * год / м² *

день) отримає сонячний колектор або сонячна батарея в той чи інший місяць року.

Для оцінки рівня інсоляції використані супутникові дані NASA за період з 1985 по 2005 рр.

Дані о сонячній інсоляції по регіонах дозволяють оцінити продуктивність сонячного колектору і сонячних батарей.

Для кожного міста України інсоляція різна і залежить від регіону та пори року.

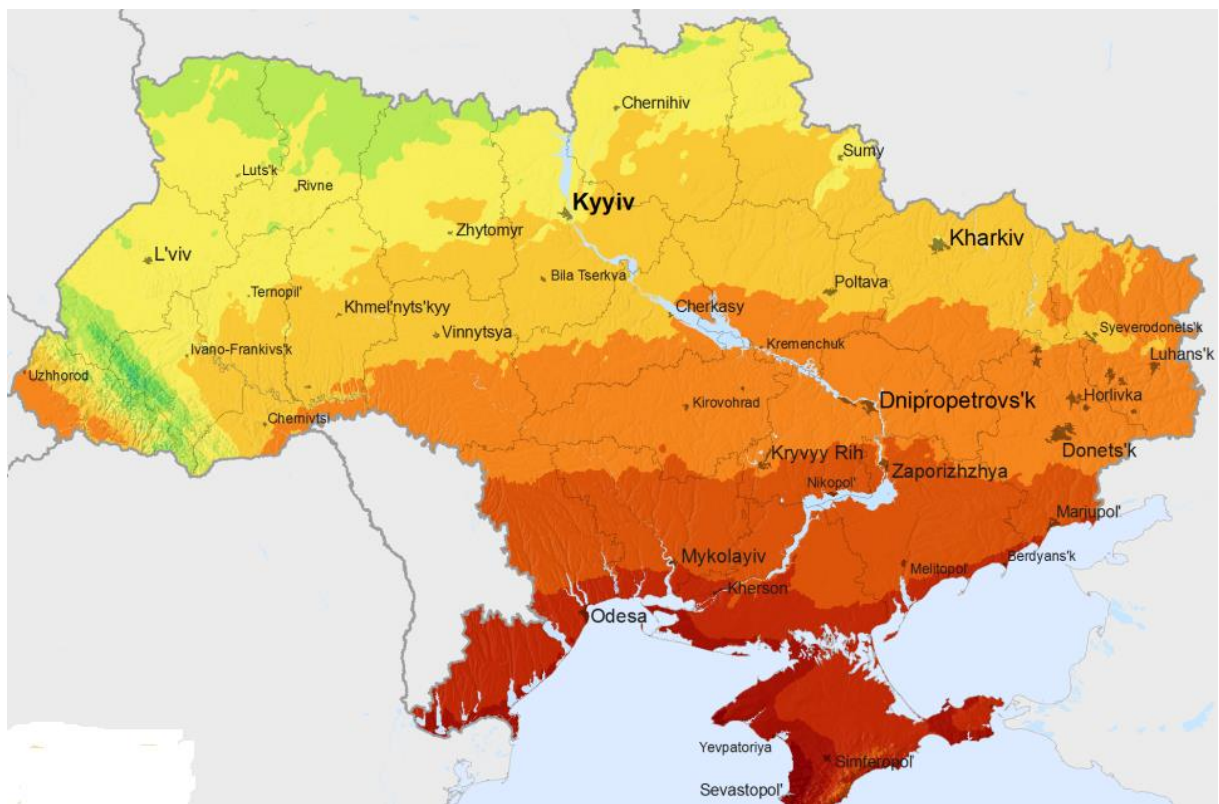


Рисунок 1.10 – Карта інсоляції України

На карті позначено кількість сонячної енергії, яке падає сумарно за рік на горизонтальну поверхню площею 1 кв.м. Поверхня має нахил в сторону екватора під кутом який дорівнює географічній широті місця виміру. За допомогою таблиці можна дуже просто оцінити продуктивність, наприклад, сонячного колектору на 2 м². в червні, встановлена в місті Запоріжжя

Приблизний розрахунок сонячної енергії, для цих параметрів, можна розрахувати: $2 \text{ м}^2 \cdot 30 \text{ днів} \cdot 5,72 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2 / \text{день} = 343,2 \text{ кВт} \cdot \text{час}$ – це середня кількість сонячної енергії, яку отримає наш колектор.

Для правильного розрахунку необхідної кількості сонячних батареї для будинку потрібно враховувати багато інших параметрів, які безпосередньо впливають на розрахунки.

Сонячна інсоляція важлива для будь-якої сонячної електростанції, як для автономної, так і для мережевої, оскільки, саме від неї залежить вироблення всіх встановлених сонячних батареї і ефективна робота всього комплексу обладнання СЕС, окупність.

Електростанція діє за принципом перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Способи перетворення сонячної радіації різні й залежать від конструкції електростанції.

Майбутнє сонячної енергетики – за прямим перетворенням сонячного випромінювання в електричний струм за допомогою напівпровідникових фотоелементів – сонячних батареї. Дослідники з національної лабораторії «Лос- Аламос» зробили значний прорив в технології фотоелементів на квантових точках, що дозволить високоефективним сонячним панелям працювати в вигляді прозорого скла. В майбутньому, будь-яке освітлене сонцем вікно можна перетворити в мініатюрну сонячну станцію.

1.3 Вітрова енергетика

Одержання дешевої і доступної енергії було й залишається одним з актуальних завдань сьогодення. Традиційні джерела енергії інтенсивно вичерпуються, до того ж їх використання пов'язане з багатьма негативними наслідками, тому подолати існуючі труднощі можна до певної міри, шляхом використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії. Одним з найбільш перспективних серед них вважаються вітроенергетика. Освоєння вітроенергетики в Україні, можна сказати, ще не досягла значного потенціалу. До речі, саме вітроенергетика в останні 10 – 15 років інтенсивно розвивається в Європі, США та багатьох країнах Азії і, по суті, є основним напрямом освоєння альтернативних джерел енергії у світі.

Таблиця 1.2 – Співвідношення країн та потужності

Країна:	Потужність, ГВт :
США	89
Німеччина	59
Китай	172

Вітрова електростанція – електростанція, яка за допомогою вітрової турбіни перетворює механічну енергію вітру в електричну. Вітрові електростанції – це система відновлюваної енергетики, оскільки вітер – відновлюване джерело енергії.

З усіляких пристроїв, що перетворюють енергію вітру в механічну роботу, у переважній більшості випадків використовуються лопатеві машини з горизонтальним валом, установленим по напрямку вітру. Набагато рідше застосовуються пристрої з вертикальним валом.

Турбіни з горизонтальною віссю і високим коефіцієнтом швидкості мають найбільше значення коефіцієнта використання

енергії вітру (0,46-0,48). Вітра турбіни з вертикальним розташуванням осі менш ефективні (0,45), але мають ту перевагу, що не вимагають настроювання на напрямок вітру.

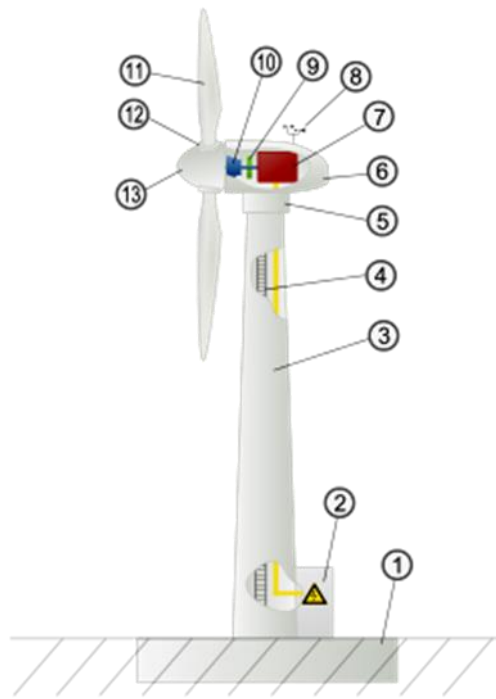


Рисунок 1.11 – Будова вітряка.

де 1 – Фундамент; 2 – Силова шафа, що включає силові контактори й ланцюги управління; 3 – Вежа, 4 – Сходи; 5 – Поворотний механізм; 6 – Гондола; 7 – Електричний генератор; 8 – Система слідкування за напрямком і швидкістю вітру (анемометр); 9 – Гальмівна система; 10 – Трансмісія; 11 – Лопаті; 12 – Система зміни кута атаки лопаті; 13 – Ковпак ротора: Система захисту від пожежі та вібрацій; Телекомунікаційна система для передачі даних про роботу вітра генератора; система блискавкозахисту.

Вітрове колесо, розміщене у вільному потоці повітря, може в найкращому випадку теоретично перетворити в потужність на його валу $16/27=0,59$ (закон Беца) потужність потоку повітря, що проходить через площу перетину, яке захоплюється вітровим колесом. Цей коефіцієнт можна назвати теоретичним ККД ідеального вітрового колеса. У дійсності ККД

нижче і досягає для найкращих вітрових коліс приблизно 0,45. Це означає, наприклад, що вітрове колесо з довжиною лопаті 10 м при швидкості вітру 10 м/с може мати потужність на валу в найкращому випадку 85 кВт.

Сьогодні запропоновано безліч варіантів механізмів для перетворення вітру в електричну енергію. Основним його елементом є вітроколесо. За принципом роботи та схемою будови вітроколеса вітрові електростанції поділяються на 3 класи:

1. Крильчасті (пропелерні) – мають вітроколесо з лопатями, розташованими перпендикулярно до валу.
2. Карусельні або роторні.
3. Барабанні.



Рисунок 1.12 – Крильчасті вітроколеса

В карусельних та барабанних вал вітроколеса встановлюється вертикально. Воно обертається під дією вітру на лопаті, розташованій з одного боку осі колеса, у той час як інші лопаті прикриваються ширмою або повертаються з допомогою спеціального пристрою ребром до вітру. Ці обидва класи є громіздкими і менш ефективними порівняно з крильчастими. Виходячи з цього вся сучасна вітроенергетика базується в основному на

крильчастих типах вітродвигунів. Пропелерні вітродвигуни досконалі, відносно мало матеріалоємні, забезпечують досить високий коефіцієнт використання енергії вітру.

Необхідно враховувати, що при розташуванні поруч кількох вітряків вони повинні розташовуватися не ближче ніж за три висоти один від одного аби не перехоплювати «чужий» вітер.

Вітроколесо установки закріплюється на горизонтальному валі, що обертається в двох підшипниках, змонтованих у головці вітродвигуна. Обертання вітроколеса передається електрогенераторові через механічний редуктор. Голівка вітродвигуна монтується на башті, висота якої визначається з розрахунком виносу вітроколеса вище від усіх оточуючих перешкод, що можуть впливати на потоки повітря. Вона може обертатися навколо вертикальної осі. Позаду голівки закріплюється хвіст для встановлення вітроколеса на вітер. Потужність вітродвигуна без регулюючого пристрою збільшується або зменшується пропорційно до кубу швидкості вітру, наслідком чого є нерівномірність роботи електрогенератора. Щоб усунути цю ваду у вітродвигуні застосовано автоматичне регулювання швидкості обертання електрогенератора. Напруга, яка знімається з електрогенератора, стабілізується стабілізатором напруги. Стабілізована вихідна напруга коливається в межах 210 В до 230 В і не залежить від швидкості вітру.

Перша в СРСР вітрова електростанція потужністю 8 кВт була споруджена в 1929-1930 р. під Курськом за проектом інженерів Уфимцева і Ветчинкіна. За рік у Кримській АРСР було побудовано більшу ВЕС на 100 кВт, що була на той час найбільшою ВЕС у світі. Вона працювала до 1942 р., але у час війни була зруйнована. Проте найшвидше вітроенергетика розвивалася в США. Ще в 1941 р. там була побудована перша ВЕС потужністю 1250 кВт.

Існуючі на сьогоднішній день в Україні потужності вітрових електростанцій перевищують 51 МВт, а з моменту, коли запрацювала перша

вітчизняна вітрова електростанція, вироблено понад 80 млн кВт·год. електроенергії. За оцінками фахівців, загальна потенційна потужність української вітроенергетики становить 5000 МВт. Узбережжя Чорного та Азовського морів, гористі райони Карпат, Одеська, Херсонська, Запорізька, Донецька, Луганська і Миколаївська області найбільш підходять для будівництва вітрових електростанцій. [27]

Підраховано, що за нинішнього рівня розвитку вітроенергетики спорудження у «вітряних» регіонах України вітрових електростанцій (ВЕС) дозволило б покрити ледве не третину потреби електроенергії, яку ми споживаємо. Із технічної точки зору вітрова електроенергетика на сьогодні вже впритул наблизилася до традиційної: На сучасних вітрових турбінах коефіцієнт використання встановленої потужності сягає 42% .



Рисунок 1.13 – Комбіноване використання енергії сонця і вітру

Вітроенергетика потребує спеціального опрацювання кліматологічної інформації характеристик вітру, а саме:

– дані спостережень за швидкістю вітру на метеорологічних станціях приведено до умов оптимального вітровикористання, для чого оцінюється вплив орографічних особливостей та здійснюється приведення цих даних до умов відкритого місця та висоти типових вітроустановок для вибору найбільш раціонального розміщення вітроенергетичних об'єктів та визначення вітрового потенціалу.

– проводяться коротко термінові спостереження за швидкістю вітру.

У кожному конкретному випадку необхідно здійснювати прив'язку до стаціонарної метеорологічної мережі, яка виконується у декілька етапів:

– порівняння фізико-географічних та орографічних умов розташування найближчих метеорологічних станцій та пункту анеморозвідки (вибираються декілька станцій з однаковим класом відкритості флюгера за напрямом вітру та класом рельєфу);

– порівняння даних станцій та епізодичних спостережень короткого часового розрізу, тісноти зв'язку між ними та повторюваності вітру за напрямом;

– вибір станції, що базується на найменших відхиленнях статистичних показників мінливості та найбільшій тісноті зв'язку між даними стаціонарного та епізодичного пункту спостережень.

Після вибору станції приведення приймається найдоцільніший метод, а в ряд експериментальних спостережень вноситься відповідна поправка з урахуванням нормованої середньої швидкості вітру та середніх квадратичних відхилень. На даному етапі виділено два основні напрямки досліджень методів використання вітрової енергії:

– використання енергії вітру для виробництва електроенергії в комплексі з промисловими електромережами;

– використання енергії вітру для виробництва електроенергії та виконання механічної роботи в автономних енергосистемах.

Енергію вітру відносять до відновлюваних видів енергії, так як вона є наслідком активності Сонця.

До початку 2016 року загальна встановлена потужність усіх вітра генераторів склала 432 ГВт, таким чином, перевершила сумарну встановлену потужність атомної енергетики. Установки діють за принципом перетворення кінетичної енергії повітряних мас в атмосфері в електричну, механічну, або в будь-яку іншу форму енергії. Потужність вітра генератора залежить від площі, що охоплюється лопатями генератора, і висоти над поверхнею. Найбільшого поширення в світі набула конструкція вітряка із трьома лопатями і горизонтальною віссю обертання.

Данія, Нідерланди і Німеччина навіть збираються закласти штучний острів в Північному морі для вироблення вітрової енергії. Проект планується реалізувати на найбільшій міліні Північного моря, так як тут вдало поєднуються такі фактори: відносно низький рівень моря і потужні потоки повітря. Основною метою проекту є створення комплексу вітряків, який може виробляти до 30 ГВт дешевої електроенергії. Довгострокові плани передбачають збільшення цієї кількості до 70-100 ГВт, що дозволить забезпечувати енергією близько 80 мільйонів жителів Європи.

Переваги ВЕС:

1. Екологічно-чистий вид енергії. Виробництво електроенергії за допомогою «вітряків» не супроводжується викидами вуглекислого чи будь-якого іншого газу.

2. Ергономіка. Вітрові електростанції займають відносно мало місця і легко вписуються в будь-який ландшафт, а також відмінно поєднуються з іншими видами господарського використання території.

3. Відновлювана енергія. Енергія вітру, на відміну від викопного палива, невичерпна.

4. Краще рішення для важкодоступних місць та ділянок. Для віддалених місць встановлення вітрових електрогенераторів може бути найкращим і найдешевшим рішенням.

Недоліки:

1. Нестабільність. Нестабільність полягає в відсутності гарантій отримання необхідної кількості електроенергії. На деяких ділянках суші сили вітру може виявитися недостатньо для вироблення необхідної кількості електроенергії.

2. Відносно невисокий вихід електроенергії. Вітрові генератори значно поступаються у виробленні електроенергії дизельним генераторам, що призводить до необхідності встановлення відразу декількох турбін. Крім того, вітрові турбіни неефективні в період пікових навантажень.

3. Висока вартість. Вартість установки потужністю 1 МВт становить 1 мільйон доларів.

4. Небезпека для дикої природи. Обертіві елементи турбіни становлять потенційну небезпеку для деяких видів живих організмів.

5. Шумове забруднення. Шум від «вітряків» може викликати занепокоєння, як диких тварин, так і людей, які проживають поблизу.



Рисунок 1.14 – Небезпека для дикої природи та ушкодження від надпотужного вітру

Використання енергії вітру є одним із найдавніших відомих способів використання енергії із навколишнього середовища, і було відоме ще в давні часи.

Виробництво електроенергії за допомогою вітру в Україні зображено на графіку рисунку 1.15.



Рисунок 1.15 – Динаміка розвитку вітрової енергетики України

Будова вітрогенератора.

Основні функціональні частини вітрогенератора:

1. Ротор турбіни.
2. Генератор.
3. Інвертор-система електричного регулювання турбіни.
4. Акумуляторні батареї.
5. АВР – автоматичний перемикач джерела живлення.

Ротор турбіни складається з 3-5 лопаті і складається з скловолокна, яке дає змогу досягати легкість, міцність і, відповідно, оптимальні аеродинамічні властивості. Лопаті перетворюють кінетичну енергію вітру у обертовий механічний момент генератора. Спеціально розроблений дизайн ротора забезпечує плавну роботу й безперебійне обертання турбіни у всьому діапазоні робочих швидкостей.

При екстремальних погодних умовах з великими поривами вітру, система пасивного гальмування надійно захистить турбіну від перевантаження.

Вітрогенератор орієнтується на вітер за допомогою хвостового кіля, що є найбільш доцільнішим рішенням для малих вітряків, з точки зору економії капітальних і операційних коштів.



Рисунок 1.16 – Сучасні вітряні лопаті вітрогенератора

Безредукторний генератор на постійних магнітах перетворює механічну енергію обертання ротора у електричний струм. При використанні постійних магнітів для збудження генератора відпадає потреба у електричних щітках на роторі і, відповідно, їхньому складному технічному обслуговуванню.

Генератор сконструйований для роботи при малих швидкостях обертання, без потреби редукторної передачі, що спрощує технологію і комплектування, покращує надійність і ефективність роботи, а також знижує шумове навантаження.

Інвертор – система електричного регулювання турбіни побудована за принципом змінний струм генератора – постійний струм – змінний струм в мережу/споживач.

Застосування ланки постійного струму створює своєрідний буфер між регулюванням турбіни/генератора і роботою вихідного інвертора на мережу/на споживача. Контрольна система генератора перетворює змінний

струм генерації у постійний, який може бути збереженим у акумуляторах або безпосередньо поданим до інвертора, останній моделює його у вихідний змінний струм. Ця технологія забезпечує стабільну подачу електроенергії при частоті 50 Гц і напрузі 220 В незалежно від швидкості обертання генератора.

Акумуляторні батареї – накопичують електроенергію для використання в безвітряні години. Також вони вирівнюють і стабілізують вихідну напруга з генератора. Завдяки їм ви отримуєте стабільну напругу без перебоїв навіть при поривчастому вітру. Енергозабезпечення вашого об'єкту йде від акумуляторних батареї.

Особливу увагу приділяють інсталяції і вибору опори для вітрового генератора. Згідно §5 постанови Кабінету Міністрів України від 15.07.98 №1094 «Про державну експертизу з енергозбереження» і доповнення №3 «Інструкції про порядок передачі документації та здійснення державної експертизи з енергозбереження», вітрогенератори потужністю до 75 кВт не підлягають обов'язковій державній комісії по енергозбереженню. Для інсталяції вітрогенератора потужністю до 75 кВт і висотою до 30 м для приватного некомерційного користування не потрібно ніяких документів, дозволів і довідок.

Основні фактори для інсталяції віротурбіни такі:

Перш за все, ви повинні перевірити, чи є у вас достатньо місця для вітрової турбіни. По-друге, для ефективної роботи вітрогенератора необхідно вибрати таке місце його інсталяції, яке є вільним від перешкод для вітру (дерев, будинків, інше). Якщо ви хочете встановити вітрогенератор поряд з будинком, то висота щогли повинна бути на 3-5 метрів вищою, або якщо щогла на рівні будинку, її треба встановлювати від будинку на відстані не менше 3-х кратної висоти дому. За наявності високих дерев, відстань до них повинна бути не менше 2-х кратної висоти дерева. Це дуже складно, але все це істотно впливає на кількість енергії, яка вироблятиметься. Простіше кажучи, будь-які перешкоди негативно

впливають на продуктивність вітряної електростанції, тому необхідно розташувати турбіну в такому місці, де вона знаходитиметься вище за всі довколишні будівлі і дерева.

По-третє, із збільшенням висоти інсталяції турбіни збільшується швидкість вітру і зменшується турбулентність повітряних потоків. Тому вибір висоти – це є компроміс між капітальними затратами на спорудження опори вітряка і ефективністю роботи та періодом окупності. Також потрібно враховувати особливості й площу інсталяційної місцевості для вибору оптимальної конструкції опори вітрогенератора. Довгий час вважалося, що енергія вітру є зовсім не ідеальною для використання, оскільки передбачає використання великих територій. При технологіях того часу, щоб досягти потужності вітроелектростанції в 1 тис. МВт, потрібно вкрити вітрогенераторами декілька десятків квадратних кілометрів. Вітрові турбіни мали максимальний ККД при частоті обертання ротора 10-20 разів за секунду. Це частота інфразвукових коливань, які вкрай негативно впливають на все живе, особливо на людський мозок. Механізм впливу інфразвукових коливань на живі організми ще недостатньо вивчений, проте відомо, що ці коливання є резонансними для клітинних мембран. Таким чином, при впливі інфразвуку на клітину її розвиток пригнічується, а через певний час вона гине. У людини найбільш чутливими до інфразвуку є нейрони головного мозку. Таким чином, вітроенергетори старих конструкцій насправді не є екологічно чистими, тому вважалося, що масове використання можливе тільки на територіях, де протягом життя декількох наступних поколінь не планується ведення будь-якої господарської діяльності. Але технічні зміни лопаті сучасних вітрових зменшують негативний вплив.

Сучасний стан вітряного перетворювача в електричну енергію сьогодні дає широку можливість використовувати вітрогенератори в побуті. Далі наведено приклад використання альтернативних джерел енергії на зупинці громадського транспорту, де на зупинці є можливість зарядити

мобільний телефон, а також безкоштовний Wi-Fi і додаткове підсвічування. Все це можливо за рахунок сонячної панель і вітрогенератору, які розташовані на даху навісу місця очікування громадського транспорту поруч з житловими будинками (рисунок 1.17).



Рисунок 1.17 – Сучасна зупинка громадського транспорту

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методика розрахунку досліду

Для розрахунку потенціалу переходу на сонячну енергію необхідно визначити кількість сонячної енергії, на яку можна розраховувати в даній місцевості. Зазвичай ці дані можна отримати у місцевого постачальника сонячних батареї або на гідрометеостанції. Важливо враховувати два фактори: середньорічну сонячну радіацію, а також її середньомісячні значення при найгірших погодних умовах, ці данні вказані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Рівень сонячної радіації в містах України

Середній місячний рівень сонячної радіації (кВт / год / м.кв. / день)													
Міста:	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	Середнє за рік
Київ	1.69	2.56	3.15	3.49	4.71	4.19	4.48	4.4	3.14	2.44	1.39	1.44	3.1
Львів	1.66	2.49	2.9	3.23	3.96	3.81	3.9	4.06	3.01	2.34	1.48	1.34	2.85
Харків	1.19	2.18	3.42	4.48	5.65	5.89	5.83	5.05	3.71	2.24	1.27	0.93	3.49
Одеса	1.08	1.78	2.68	3.87	5.4	5.7	6.39	5.63	3.96	2.45	1.06	0.87	3.41
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
Запоріжжя	1.21	2	2.91	4.20	5.62	5.72	5.88	5.18	3.87	2.44	1.25	0.95	3.44
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
Дніпро	1.21	1.99	2.89	4.05	5.55	5.57	5.7	5.08	3.66	2.27	1.2	0.96	3.36

Нижче зображено на графіку зміну рівня сонячної радіації в місті Запоріжжя в залежності від місяця року.

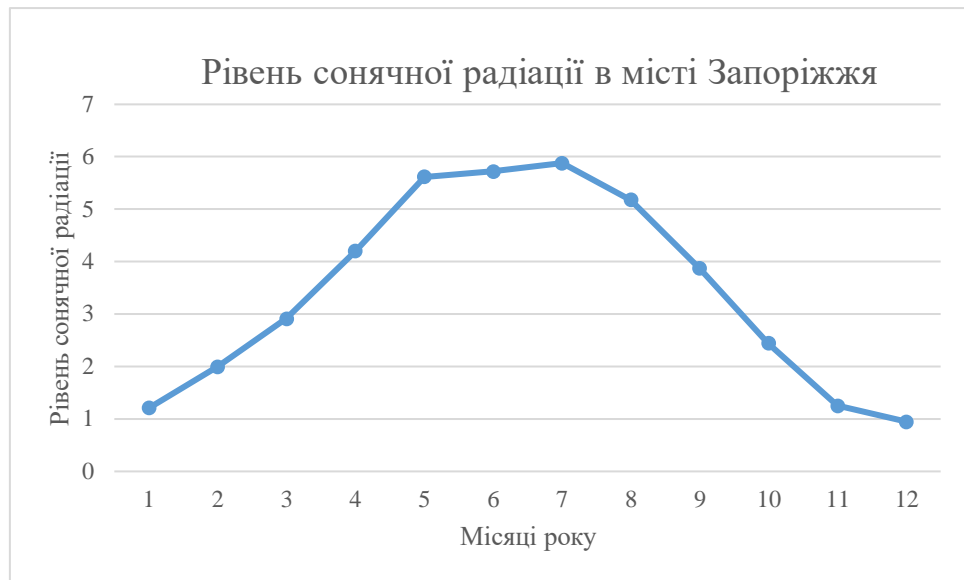


Рисунок 2.1 – Графік сонячної радіації м.Запоріжжя

Тепер можна підрахувати номінальну потужність фотоелектричного модуля.

Взявши з таблиць значення сонячної радіації за період і розділивши його на 1000, одержимо так звану кількість пікогодин, тобто, умовний час, протягом якого сонце світить як би з інтенсивністю 1000 Вт / м².

Модуль потужністю P_W протягом обраного періоду виробить наступну кількість енергії:

$$W = \frac{k \times P_w \times E}{1000}, \quad (2.1)$$

де E – значення інсоляції за обраний період, k – коефіцієнт рівний 0.5 в літній і 0.7 в зимовий період.

Цей коефіцієнт робить поправку на втрату потужності сонячних елементів при нагріванні на сонці, а також враховує похиле падіння променів на поверхню модулів протягом дня. Різниця в його значенні взимку і влітку обумовлена меншим нагріванням елементів в зимовий період.

Виходячи з сумарної потужності споживаної енергії і наведеної вище формули легко розрахувати сумарну потужність модулів. Звідки, простим поділом сумарної потужності на потужність одного модуля, одержимо кількість модулів.

Використовуючи фотомодулі різної потужності – 50 Вт, 70 Вт, 80 Вт, 100 Вт, 150 Вт, можна побудувати генератор з необхідною нам встановленою потужністю. Якщо потреба в енергії становить, наприклад, 84 Вт, найкраще їй відповідає система з двох модулів по 50 Вт. Якщо ж загальна потужність модулів сильно відрізняється від розрахункової величини, доведеться користуватися або недостатньо потужним, або занадто потужним генератором. У першому випадку сонячна батарея не зможе задовольнити загальну потребу в енергії. Тому потрібно вирішувати, чи влаштує часткове забезпечення потреб. У другому випадку буде надлишок електроенергії.

Визначення ємності акумуляторної батареї залежить від потреби в енергії і від кількості фотоелектричних модулів, а саме від зарядного струму. Так як в переважній більшості випадків використовуються свинцеві батареї, виготовлені за різними технологіями – AGM, gel, то для них оптимальним є 10% зарядний струм. У прикладі з 90 Вт мінімальна ємність батареї складе 60 ампер-годин (А×год), а оптимальна – 100 А×год. Така батарея зможе зберігати 1200 Вт×год при 12 В. Цього достатньо для електропостачання, коли денне споживання енергії становить 280 Вт×год.

Раніше майже у всіх фотоелектричних системах використовувалося постійна напруга 12 В. Широко застосовувалися прилади на 12 В, що були підключені прямо від батареї. Тепер, з появою ефективних і надійних інверторів, все частіше в акумуляторах використовується напруга 24 і 48 В. В даний час напруга електричної системи визначається надходженням сонячної енергії протягом дня. Комплексі системи, що виробляють і споживають менше 1000-1500 Вт×год в день, краще всього поєднуються з напругою в 12 В. Системи, що виробляють 1000-3000 Вт×год в день,

зазвичай використовують напругу 24 В. Системи, що виробляють понад 3000 Вт·ч в день, використовують 48 В.

Напруга в системі – це дуже важливий фактор, який впливає на параметри інвертора, засоби управління, зарядного пристрою та електропроводки. Одного разу встановивши всі ці компоненти, їх важко замінити. Деякі компоненти системи, наприклад, фотомодулі, можна переключити з 12 В на більш високу напругу, інші – інвертор, проводка і засоби контролю призначені для певної напруги і можуть працювати тільки в цих рамках.

Інвертор перетворює постійний струм низької напруги в стандартний змінний (220 В, 50 Гц). Інвертори бувають від 250 Вт до понад 8000 Вт. Інвертори потужністю 3000 Вт і вище часто здатні працювати в паралельному підключенні, збільшуючи загальну вихідну потужність у відповідну кількість разів. Так само їх можна об'єднувати для побудови 3-фазної мережі. Електрика, що виробляється сучасними синусоїдальними інверторами, відрізняється кращою якістю, ніж те, що підключено до звичайного будинку з місцевої енергосистеми. Існують також «модифіковані» синусоїдальні інвертори, вони не такі дорогі, але при цьому придатні для більшості побутових завдань. Інвертор також може слугувати «буфером» між будинком і комунальною енергосистемою, дозволяючи продавати надлишок електроенергії в загальну електромережу.

Кращий спосіб уникнути непотрібних втрат – використання відповідних електричних кабелів і правильне їх підключення до приладів. Кабель повинен бути максимально коротким. Провідники, що з'єднують різні прилади, повинні мати площу поперечного перерізу не менше 4-6 мм². Щоб падіння напруги не перевищувало 3%, кабель між сонячним модулем і акумулятором повинен мати поперечний переріз 0,35 мм² (для 12-вольтової системи) або 0,17 мм² (при 24 В) на 1 метр та один модуль. Тобто, кабель довжиною 10 м для двох модулів повинен бути не тонше:

$10 \times 2 \times 0,35 \text{ мм}^2 = 7 \text{ мм}^2$. Оскільки з кабелем більше 10 мм^2 в перерізі важко використовувати, іноді доводиться змиритися з більш високими втратами. Якщо частина кабелю пролягає під відкритим небом, він повинен бути стійким до поганих погодних умов. Дуже важлива його стійкість до ультрафіолетового випромінювання.

Важливо пам'ятати, що розмір батареї повинен дозволяти зберігати енергію як мінімум протягом 4 днів. Уявімо собі комплексну систему, яка споживає потужність $2400 \text{ Вт} \times \text{год}$ в день. Розділивши цю потужність на типову напругу 12 вольт, отримаємо денне споживання $200 \text{ А} \times \text{год}$. Значить, 4 дня зберігання дорівнюють: $4 \text{ дня} \times 200 \text{ А} \times \text{год}$ в день, дорівнює $800 \text{ А} \times \text{год}$. У разі використання свинцевої батареї, до цієї цифри треба додати 20%, а краще 30-50%, щоб акумулятор ніколи не розряджався повністю. Отже, ємність ідеального свинцевого акумулятора становить мінімально $1000 \text{ А} \times \text{год}$. Якщо ж використовується кадмієво-нікелеву або залізо-нікелеву батарею, додаткові 20-50% ємності не потрібні, тому що лужним акумуляторам не шкодить регулярна повна розрядка. Також ми не розглядали вплив температури зовнішнього середовища (особливо негативних температур) на ємність акумуляторів, що трохи б ускладнило розрахунки, але як показує практика зазвичай АКБ розміщують в опалюваному приміщенні і відповідно поправка на температуру не суттєва.

Фотоелектричні модулі працюють найкраще тоді, коли фотоелементи розташовані перпендикулярно сонячним променям. Стеження за Сонцем може привести до збільшення щорічного виробництва енергії на 10% взимку і на 40% влітку в порівнянні з нерухомо закріпленим фотоелектричним модулем. «Стеження» реалізується за допомогою монтажу сонячного модуля на рухомій платформі, що обертається за Сонцем. Перш за все, потрібно порівняти переваги зайвої енергії, отриманої завдяки стеженню за Сонцем, з вартістю монтажу і техобслуговування системи стеження.

Оскільки пристрої стеження недешеві, для подальшого моделювання ми будемо враховувати нерухомо закріплений фотоелектричний модуль.

Дуже важливим фактором економічного аналізу є термін використання фотоелектричної системи. Терміни служби різних компонентів сонячного енергопостачання підраховані на основі досвіду, накопиченого за останні роки. Термін служби фотоелектричних панелей без помітного зниження ККД оцінюється в 20-25 років. Каркаси і кріплення з алюмінію і нержавіючої сталі (використовуються в більшості фотоелектричних систем) - термін служби не нижче фотоелектричних модулів. Акумулятори - залежно від характеру циклу заряд / розряд, або буферний режим роботи (розряд не більше, ніж на 30%), середній термін служби складає від 4 до 10-12 років. Контролери заряду акумуляторів розраховані щонайменше на 10-15 років безремонтної експлуатації. Інвертори зазвичай служать не менше 10-15 років. Всі ці данні потрібно враховувати при моделюванні переходу на сонячну енергію.

2.2 Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є район міста Запоріжжя, а саме його частина з великою кількістю житлових багатоквартирних будинків. Оскільки Запоріжжя відноситься до індустріальних міст з сильно забрудненою атмосферою, під розгляд також підпадають підприємства, де можлива модернізація та повна або часткова відмова від невідновлювальних джерел енергії. Методика розглядання модернізації підприємств, характерних для Запоріжжя, було частково запозичено та модифіковано для вказаних вище умов. Основні рекомендації можна підкреслити на досвіді підприємств, що функціонують в Австрії, США, Кіпрі, Саудівській Аравії та в інших країнах світу. Основні методики використання сонячної енергії на підприємствах вказано нижче:

1) Броварня GÖSS.[34]

Австрійська броварня Göss щорічно випускає близько 900 000 гл пива. Керівництво броварні невпинно працює над покращенням сталості виробництва та скороченням викидів CO₂ з виробничого об'єкту. На цей момент тепlopостачання виробничих процесів підприємства здійснюється за рахунок двох котлів на природному газі та системи централізованого опалення. Потреба в тепловій енергії дорівнює 64,4 МДж/гл готового пива. На додаток до вищезазначених джерел тепlopостачання встановлено реактор анаеробного зброджування осаду з верхнім виводом, який виробляє біогаз з осаду стічних вод. Реактор задовольняє 7% потреби у тепловій енергії броварні Göss, а з мережі центрального опалення задовольняють 39% потреби. Щоб оптимально інтегрувати сонячну теплову установку у виробничий процес, увагу зосередили на зміні теплоносія в системі тепlopостачання з пари на гарячу воду у ферментері.



Рисунок 2.2 – Броварня GÖSS

Реалізація використання сонячних панелей на виробництві такого типу має мету – скоротити споживання теплової енергії за рахунок

утилізації тепла. Спочатку скоротили потребу в первинній енергії за рахунок оптимізації процесу, утилізації тепла та управління навантаженням. Для детального аналізу взяли наявні попередні дані. Потребу в тепловій енергії розраховали, виходячи з даних виробництва на рівні процесів, та підраховали енергетичні баланси всіх приміщень, таких як броварня, підвальні приміщення для ферментації та зберігання. На системному рівні провели «пінч»-аналіз. Для кожного виробничого об'єкту розробили оптимальне «альтернативне енергетичне рішення» разом із заходами з підвищення енергоефективності та інтеграції сонячної теплової установки. Було встановлено сонячні колектори загальною площею 1375 м² плоского типу. Також було встановлено водяний акумулятор об'ємом 200 м³. Обрана точка інтеграції сонячної теплової установки – процес затирання солоду. Теплова енергія застосовується для підігріву підживлювальної води.

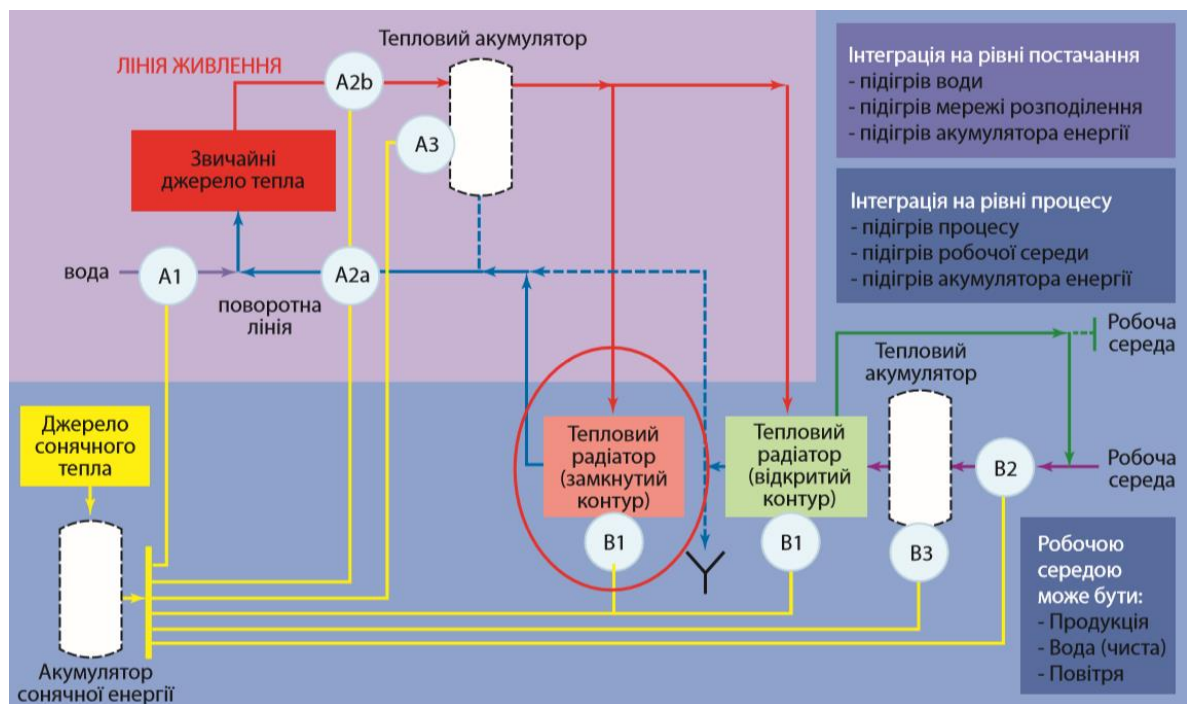


Рисунок 2.3 – Схема інтеграції сонячної енергії

Це підприємство зробило демонстрацію можливостей реальної інтеграції великих сонячних теплових установок у пивоварній промисловості. Оптимальний діапазон температур пивоваріння та

солодження – в діапазоні 50°C - 100°C, тому цей сектор є великою мірою придатним для впровадження сонячних теплових установок.

2) Nestle Waters.

У м. Ер-Ріяд, Саудівська Аравія, у компанії Nestle Waters встановлено сонячні колектори для підігріву води, яка застосовується для миття пляшок на виробництві питної води. Компанія Millennium Energy Industries у 2012 р. встановила на цьому промисловому підприємстві 230 плоских сонячних колекторів. [34]

Загальна площа, на якій встановлені колектори, складає 515 м². Колектори виробляють 0,36 тис. МВт електроенергії. У технологічний ланцюг впроваджені теплообмінник, комплексні насоси та резервуари для зберігання води на 15 000 л. Точка інтеграції сонячної теплової установки – ділянка операції миття пляшок, де використовується гаряча вода.

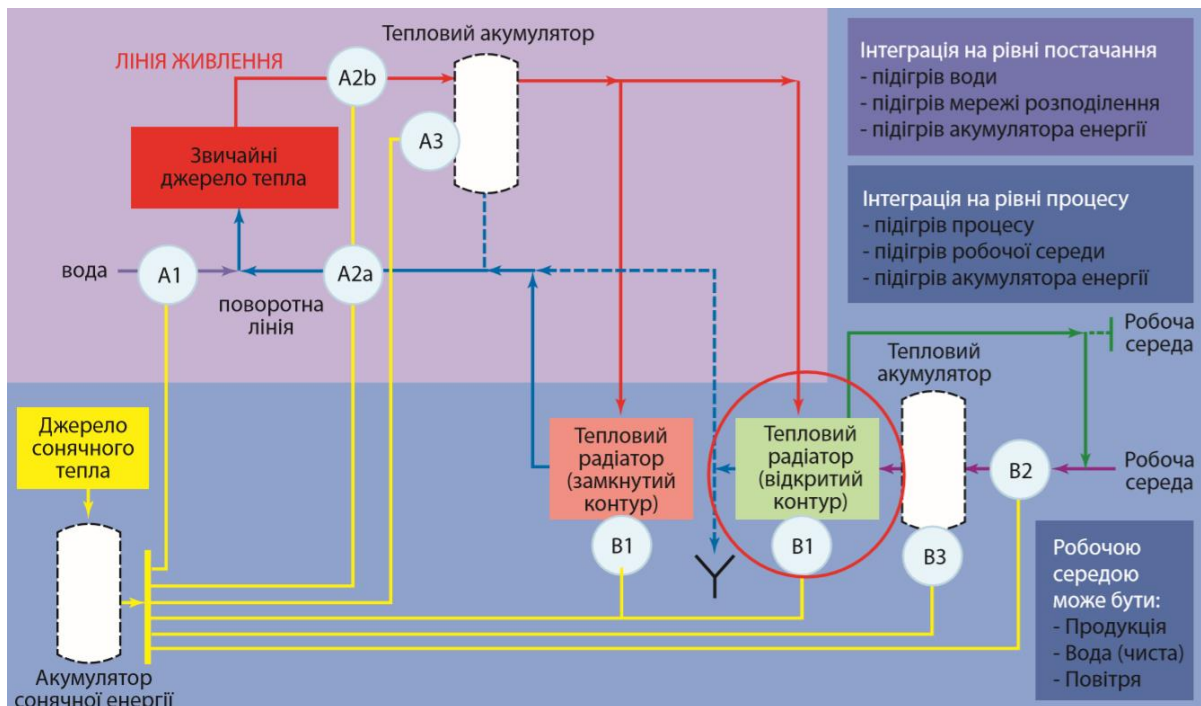


Рисунок 2.4 – Процеси у резервуарі для миття пляшок

Типологія підприємств є характерною для нашого регіону, саме тому методику інтегрування альтернативних джерел в підприємства, яку було показано вище, можна взяти як базову.

Запорізький пивоварний завод Carlsberg Ukraine - підприємство харчової промисловості України, зайняте в сфері виробництва і збуту продукції пивоваріння яке розташовано в місті Запоріжжя, Хортицький район, вулиця Василя Стуса.



Рисунок 2.5 – Запорізький пивоварний завод, варильний цех

Основними споживачами електроенергії на заводі є виробничі сушарки, які використовуються для виготовлення пива за технологічним процесом. Одночасно на заводі проходить процес бродіння 1700 тисячі літрів пива. За технологією сировину то охолоджують до температури 12-13 градусів то на 30 секунд нагрівають до температури 72 градуси, а потім відразу охолоджують до 12 градусів. Всі процеси на Запорізькому пивоварному заводі автоматизовані, включно бродіння, фільтрацію,

додаткову діалізну фільтрацію та розлив продукції (за годину – 20 тисяч пластикових пляшок літрового формату, 50 тисяч скляних пляшок ємністю 0,5 літра, і 360 50-ти літрових кеґ).

Процес розливу пива починається з преформи – полімерної заготовки, з якої «видувають» ПЕТ пляшку. В інфрачервоній печі преформу нагрівають, а потім під тиском близько 40 бар надувають в закритій формі до розмірів пляшки. Так на всі ці процеси виробництва 500 кВт на годину.



Рисунок 2.6 – Запорізький пивоварний завод, цех розливу

Український пивзавод відмовився від природного газу, замінивши його біопаливом власного виробництва. Завдяки цьому завод став передовим підприємством європейського типу з ефективним виробництвом та високим рівнем автоматизації технологічних процесів, що підтверджують сертифікати міжнародних стандартів ISO 9001 (управління якістю продукції) та ISO 14001 (екологічна безпека підприємства та охорона навколишнього середовища).

Хортицький район – район міста Запоріжжя, розташований на правому березі Дніпра. Є наймолодшим районом Запоріжжя, офіційна назва

Хортицький була надана новоствореному району 19 січня 1995 року. Протягом багатьох років він залишається міським районом з найбільш сприятливою екологією.

Протяжність району зі сходу на захід – 7,6 км, а з півдня на північ – 5,4 км (площа району дорівнює 18,81 км²), у районі знаходяться парк Покоління, сквер Ювілейний та 4 куточки відпочинку. У Хортицькому району мешкає 115,6 тис. осіб (густота населення: 6507 осіб/км²)

За статистичними даними на початок 2006 року житловий фонд району становив 339 житлових будинків: 44 393 квартири загальною площею 2 448 300 м². Дев'яносто відсотків житлових будинків Хортицького району – це панельні дев'ятиповерхові будинки 80-х років.



Рисунок 2.7 – Будинки серії 1- ЛГ-600, 1-ЛГ-606 та серія БПС 134

Типовий житловий будинок серії БПС 134 являє собою 9-поверхові протяжні будинку з технічним поверхом, або 10-12-поверхові будівлі баштового типу. Будинки зводилися в Києві, Харкові, Запоріжжі та інших містах України. У порівнянні з іншими старими будинками, серія 134 є покращений варіант при плануванні квартири, в залежності від року будови.

Квартири які можуть мати одну, дві і навіть 3 торцеві лоджії. Дана серія є доопрацьованій серією 96, в якій були враховані всі недоліки останньої, завдяки чому стало можливо будівництво більш складних форм і більшої поверховості.

Типовий житловий будинок серії 1-ЛГ-600 або «будинок-корабель» є проектом промислового домобудівництва з Польщі. За своїм періодом будівництва відносяться до «брежнєвських» років, їх будували з 1969 по 1982 рр. Свою незвичну назву будівлі отримали за рахунок зовнішньої схожості з океанськими лайнерами, суцільні лінії вікон яких віддалено нагадують палуби, а також через поширену біло-синього забарвлення. Класична висота будинків даної серії – від 9 до 15 поверхів. 600-я серія є найбільш масовою з серій 1970-х рр. У період з 1970 по 1980-і рр. на базі даної серії були створені більш сучасні 602 і 606 серії, будівництво яких є і досі.

Серія 1-ЛГ-606 (606-а серія) - найбільш комфортна і вдала серед панельних будинків брежнєвського періоду. У будинках представлені 1-3-кімнатні квартири з широкими підвіконнями і великими вікнами. Площа однокімнатних квартир в будинках серії 1-ЛГ-606 – 36 кв.м., 2-кімнатних – 51-52 кв.м., 3-кімнатних – 70-72 кв.м., площа кухні становить від 8 до 9, 3 квадратів.

Загальна корисна площа всіх цих типів будинків згідно документації на один під'їзд дорівнює 200 кв.м, а дах має плоску форму, де можливо розташування сонячних панелей.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Визначення впливу антропогенних факторів на розрахунок доцільності використання сонячних панелей.

Відомо, що аерозолі, пилові бурі осідають на робочу поверхню сонячної батареї знижуючи ефективність їх роботи. Чим чистіше робоча поверхня сонячної батареї тим більше фотонів поглинаються сонячними елементами і тим більше коефіцієнт перетворення світлової енергії в електричну. Але за умов забрудненості повітря в Запоріжжі, при установці панелей потрібно враховувати також карту інтенсивності викидів в повітря. Нижче наведено основні джерела та ділянки міста, які найбільш страждають від викидів (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Ділянки з найбільш інтенсивним забрудненням повітря

Основними джерелами забруднення повітря в Запоріжжі є два підприємства:

- 1)ВП Запорізька ТЕС ПАТ ДТЕК «Дніпроенерго»;
- 2)ПАТ Запорізький меткомбінат «Запоріжсталь».

Таблиця 3.1 – Викиди підприємств

№	Назва	Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, тис. тон 2018 рік	Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, тис. тон 2019 рік	Прогрес
1	ВП Запорізька ТЕС ПАТ ДТЕК «Дніпроенерго»	98.059	105.238	Викиди збільшуються
2	ПАТ Запорізький меткомбінат «Запоріжсталь»;	52.292	50,834	Викиди зменшуються

Згідно звіту амбулаторій, експерти виконували виміри в житловій забудові на території Шевченківського та Дніпровського районів міста. Оцінка проводилася за 19 інгредієнтах забруднюючих речовин. В ході досліджень було виявлено 5 перевищень гранично-допустимих концентрацій – 6,3%, що нижче, ніж було на 8,3% і нижче середнього на 11%. Про це повідомили в обласному лабораторному центрі.

Максимальні перевищення зареєстровані:

Дніпровський район:

пил – 0,61 мг / м³, в 1,22 рази вище ГДК;

фенол – 0,013 мг / м³, в 1,3 рази вище ГДК;

сірководень – 0,0098 мг / м³, в 1,23 рази вище ГДК;

сірковуглець – 0,0047 мг / м³, в 1,6 рази вище ГДК;

азоту діоксид – 0,21 мг / м³, в 1,1 рази вище ГДК.

Також за даними Запорізького обласного центру з гідрометеорології відзначалися метеороумови високого забруднення повітря; забруднення пилом і фенолом 1-го ступеня. Всі ці показники дуже сильно впливають на продуктивність сонячної батареї. З прикладів відомо, що можливо коливання потужності сонячної батареї від 2 до 45% , в залежності від ступені забруднення поверхні.

Таблиця 3.2 – Порівняння потужності чистої та забрудненої поверхні

День	Забруднена				Чиста				Різниця
	Час, год	U, В	I, А	P, Вт	Час, год	U, В	I, А	P, Вт	%
1	10	21.1	3.43	60.1	10	22.155	3.601	63.1	5
10	10	21	3.41	60.8	10	23.1	3.75	66.88	10
35	10	20.9	1.39	20.6	10	21	2.01	29.87	45

Для подальших розрахунків потрібно враховувати місце розташування джерел забруднення атмосфери, та спад потужності, як наслідок забруднення поверхні фотоелементу.

Крім того особливу увагу при використанні, розрахунках і виборі сонячних панелей необхідно враховувати такі критерії як:

- частку сонячної енергії та її ефективність
- ефективність системи
- питомий обсяг виробництва сонячної енергії
- баланс енергопотоків

Таким чином, підтверджена доцільність розташування сонячних панелей на дахах багато поверхневих жилих будинків Хортицького району м. Запоріжжя

3.2 Розрахунку потенціалу зменшення викидів

Для визначення кількості об'єктів де розраховується потенціал енергетичної модернізації, було обрано Хортицький район м. Запоріжжя. За статистичними даними на початок 2011 року житловий фонд району становив 319 житлових будинків: 43272 квартири (данні було взято з офіційного ресурсу держстату, що знаходиться за посиланням [5]). Переважна кількість багатоквартирних будинків в цьому районі відповідає типу «БПС серія 134» а саме 9-16 поверхові будівлі, що містять 3-6 під'їздів.

Методика модернізації базується на компактному розміщенні комплексів сонячних панелей, де їх використання повністю або частково замінить використання невідновлювальних джерел енергій. Модель розрахунку базується на принципі окупності, повному забезпеченні потреб мешканців, відмові від невідновлювальної енергетики.

Основними параметрами та факторами є питання часу та фінансів. За стандартом 1978 року будинок типу «БПС серія 134» має площу криші, що дорівнює 810 м² та містить 108 квартир, але ці данні можуть змінюватися в рамках $\pm 5\%$.

Згідно звіту компанії ДТЕК за відкриту біржову закупівлю на платформі «Українська енергетична біржа» ціна на газове вугілля та антрацит складала 1867-1966 грн на основі котирування API2 («Роттердам +») на 30 серпня 2019 року врахуючи перевалку в порту, тариф транспортування від порту до ТЕС. Залежність виробленої енергії залежить від калорійності вугілля нижче наведена таблиця відповідності різних типів вугілля (табл. 3.3).

Окрім калорійності, вугілля характеризується:

- 1) температурою горіння;
- 2) вмістом сірки;
- 3) вмістом вологи.

Таблиця 3.3 – Калорійність палива

Буре вугілля	2500-5000 ккал
Кам'яне вугілля	4500-7000 ккал
Кокс	5600-7000 ккал
Антрацит	8000-9500 ккал
Деревне вугілля	7000-8000 ккал
Газове вугілля	4700-7900 ккал

Для нашої моделі, розглядаємо джерелом створення електроенергії ВП Запорізька ТЕС ПАТ ДТЕК «Дніпроенерго», де працюють 4 пиловугільних енергоблоки та створюють потужність 1250 МВт, при цьому кількість викидів цієї ТЕС в атмосферу дорівнює 105.238 тис. тон на рік. [54]

Якщо брати середні показники, то з 1 тони вугілля з середньою калорійністю 5500 ккал на 1 кг то отримаємо енергію 2290 кВт × годину. Для 9 поверхового будинку, один під'їзд в місяць потребує 11100 кВт, що дорівнює спалюванні 5 тон вугілля. Враховуючи кількість будинків (319), отримаємо,

$$\bar{A} = A_{\text{п}} \times \bar{n} \times N, \quad (3.1)$$

де \bar{A} – загальна середня кількість вугілля, яке потрібно спалити для забезпечення потреб мешканців багатоквартирних будинків Хортицького району; $A_{\text{п}}$ – кількість вугілля, що спалюється для забезпечення одного під'їзду; \bar{n} – середня кількість під'їздів; N – кількість будинків.

Підставивши данні в формулу 3.1, отримаємо:

$$\bar{A} = 5 \times 4,5 \times 319 = 7177,5 \text{ тон вугілля на місяць.}$$

Це лише внутрішнє споживання мешканців багатоквартирних будинків одного району за 1 місяць, без врахування опалення, приватних приміщень та підприємств, а також соціального та комунального устрою. Звідси масу кисню, що спалюється знаходимо за формулою 3.2:

$$m_{O_2} = \frac{m_c}{M_c} \times M_{O_2}, \quad (3.2)$$

де m_{O_2} – маса кисню, що витрачається на спалювання, m_c – маса вугілля; M_c – малярна маса карбону; M_{O_2} – малярна маса кисню.

Якщо підставити наші данні отримаємо:

$$m_{O_2} = \frac{7177.5}{12} \times 32 = 19140 \text{ тон.}$$

Отже на забезпечення електроенергією багатоквартирних будинків Хортицького району потрібно спалити 19140 тон кисню.

Далі розглянемо ціновий сегмент виробництва електроенергії, ціна за 1 кВт розраховується по формулі 3.3 :

$$Pr = \frac{A_{Start}}{k_1 \times E \times \alpha} \times k_2, \quad (3.3)$$

де A_{Start} – біржова ціна за 1 тону вугілля; k_1 – максимальна калорійність вугілля; k_2 – середня калорійність вугілля; E – кількість енергії, що отримується з тони вугілля; α – коректувальний коефіцієнт собівартості.

Для нашого випадку отримаємо:

$$\frac{1966}{6000 \times 2290 \times 0.7} \times 5500 = 1.12 \text{ грн.}$$

Це без врахування додаткової ціни встановленої компанією. Наприклад, середнє споживання квартири в багатоквартирному будинку становить 350 кВт, а сума квитанції 462 грн, тобто кінцева ціна за 1 кВт дорівнює 1.32 грн без ПДВ.

Доцільність модернізації.

Подальші розрахунки будуть відбудуться з урахуванням комплектації СЕС що вказана нижче:

- 1) Трифазний мережевий сонячний інвертор Solis 15K - 1 шт.
- 2) Сонячні панелі Risen RSM60-6-280 5BB - 54 шт.
- 3) PV кабель 1х6 мм² - 300 м.
- 4) Кабель ВВГнг 5х6 мм² - 10 м;
- 5) Інші запчастини.

Ціна такого комплексу буде складати 7900\$, загальна потужність сонячних панелей - 15 950 Вт, загальна площа сонячних панелей - 55 м², кількість фаз – 3, напруга змінної мережі - 380 В, розрахункове значення річної генерації електроенергії 22 400-24 900 кВт × годин. Далі визначаємо відсоток квартир, які повністю перейдуть на сонячну енергію за формулою 3.4

$$N_A = \frac{S_b \times E_y}{\bar{E}_m \times n} \times 100\% \quad , \quad (3.4)$$

де N_A – відсоток квартир, що повністю забезпечені сонячною енергією; $\frac{S_b}{S_p}$ – відношення площини криши будинку до площини на 1 комплекс СЕС;

E_y – річна генерація електроенергії, \bar{E}_m – середнє споживання електроенергії, n – кількість квартир в будинку.

Тоді для будинку типу «БПС серія 134» з площиною криші придатної для монтування 760м² та кількістю квартир 104 отримаємо:

$$\frac{\frac{760}{55} \times \frac{24900}{12}}{330 \times 104} \times 100\% = 83.54\%.$$

Тобто 83.54% квартир будуть повністю забезпечені електроенергією за рахунок СЕС. Але як було зазначено раніше площа криши відома з точністю $\pm 5\%$, а річна генерація 1 комплексу 22 400-24 900 кВт \times годин, звідси похибка буде дорівнювати:

$$\Delta N_A = \left(\frac{\frac{S_b \times \Delta E_y}{S_p \times 12}}{\bar{E}_m \times n} + \frac{\frac{\Delta S_b \times E_y}{S_p \times 12}}{\bar{E}_m \times n} \right) \times 100\% , \quad (3.5)$$

підставивши отримаємо:

$$100 \times \left(\frac{\frac{760}{55} \times \frac{1250}{12}}{330 \times 104} + \frac{\frac{38}{55} \times \frac{24900}{12}}{330 \times 104} \right) = 4.19 + 4.17 = 8.36\% .$$

Знаючи ціну за 1кВт енергії та ціну комплексу СЕС, можна розрахувати час окупності СЕС за формулою 3.6:

$$t = \frac{\frac{S_b \times Pr}{S_p}}{\bar{S} \times n \times 12} , \quad (3.6)$$

де Pr – ціна за 1 комплекс сонячних батарей; \bar{S} – середня платіжка за електроенергію в Запоріжжі; n – кількість квартир в будинку.

Підставивши в формулу 3.6 отримаємо:

$$\frac{\frac{760}{55} \times 7900\$}{21\$ \times 104 \times 12} = 4.16 \text{ років} \approx 4 \text{ роки та } 2 \text{ місяці.}$$

Це означає, що СЕС для вказаних вище умов та для вказаних параметрів комплексу окупиться за 4 роки та 2 місяці $\pm 8.36\%$.

3.3 Оцінка екологічної ефективності модернізації альтернативними джерелами Хортицького району

Враховуючи данні наведені в пункті 3.2, можна побудувати графік окупності СЕС (рисунок 3.2), цей графік наведено без урахування статистичної похибки та якщо брати найкращі параметри генерації електроенергії.

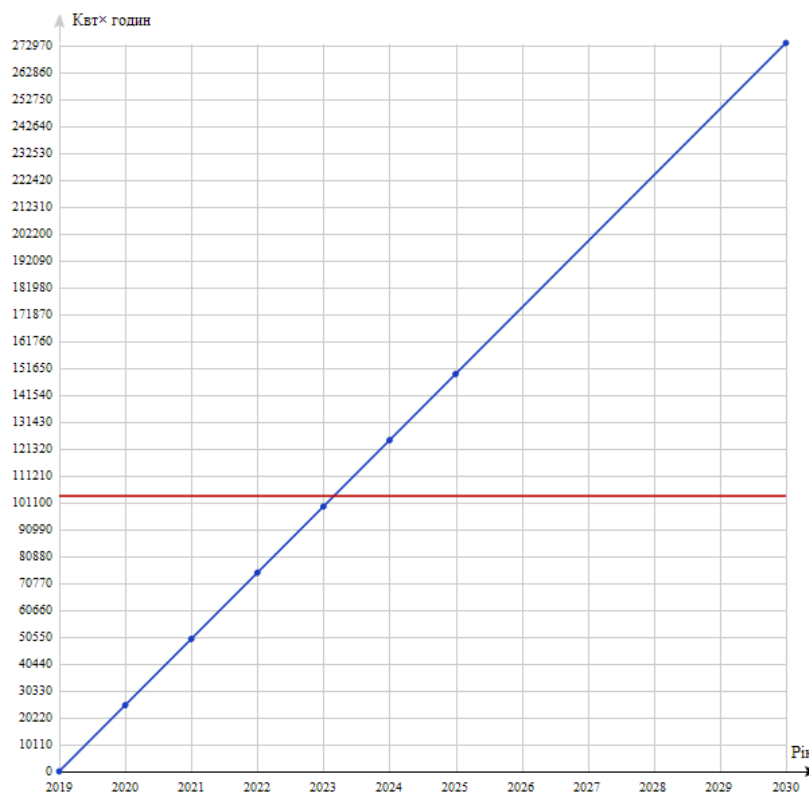


Рисунок 3.2 – Графік окупності СЕС

Пряма на графіку, що паралельна осі абсцис – точка беззбитковості. Перетин цих прямих – точка окупності системи. Окупність розрахована згідно плану «зеленого тарифу» (деталі за посиланням [6]), що буде діяти по 2030 рік. Для більш детального прогнозування знайдемо лінію тренду та похибку апроксимації методом найменших квадратів.

Для розрахування використовувались програми Mathcad та Excel, для простоти розрахунку було переведено кВт в МВт, нижче наведена таблиця, де зображенні результати ходу обчислення.

Таблиця 3.4 – Хід розрахунку

t (роки)	y (МВт)	t ² (роки)	y ² (МВт)
0	0	0	0
1	24.9	1	620.01
2	47.3	4	2237.29
3	99.6	9	9920.16
4	122	16	14884
5	149.4	25	22320.36
6	174.3	36	30380.49
$\Sigma=21$	$\Sigma=617.5$	$\Sigma=91$	$\Sigma=80362.31$
Сер. знач.	88.214	13	11480.33

$$\begin{cases} a \times n + b \Sigma t = \Sigma y \\ a \Sigma t + b \Sigma t^2 = \Sigma y \times t \end{cases}, \quad (3.7)$$

Підставивши данні з таблиці отримаємо:

$$\begin{cases} 7a + 21b = 617.5 \\ 21a + 91b = 2699.1 \end{cases}, \quad (3.8)$$

Вирішивши систему 3.8 отримаємо:

$a = -2.493$; $b = 30.236$; звідси рівняння тренду:

$$y = 30.236 \times t - 2.493 \quad (3.9)$$

Лінія тренду (3.9) розрахована з певною апроксимацією, якщо буде потрібно дізнатись значення параметрів в певний момент часу до 2030 року, треба буде враховувати похибку апроксимації, яку розраховано за формулою (3.10):

$$\bar{A} = \frac{\sum |y_t + \bar{y}_t| \div y_i}{n} \times 100\% , \quad (3.10)$$

де y_t – значення y від t ; \bar{y}_t – середнє значення y . Отримаємо:

$$\bar{A} = \frac{0.5146}{7} \times 100\% = 7.35\% \quad - \quad \text{похибка в}$$

діапазоні 0-15% свідчить про коректність рівняння тренду по відношенню до початкових даних.

З пункту 3.2 можна розрахувати скільки електроенергії в рік споживають багатоквартирні будинки в Хортицькому районі. Далі, знаючи скільки електроенергії ми отримаємо з 1 тони вугілля, а також, зі звіту компанії ДТЕК знаємо кількість електроенергії яку генерує ТЕС, та з держстату дізнались кількість викидів в атмосферу тієї ж ТЕС, можна розрахувати на скільки зменшився обсяг викидів при описаній в пункті 3.2 модернізації прогнозованій для Хортицького району в багатоквартирних будинках за формулою (3.11).

$$m_d = \frac{E_f \times 12 \times n}{E_y} \times m_y , \quad (3.11)$$

де E_f – середня кількість спожитої електроенергії за 1 місяць на 1 квартиру; n – кількість квартир; E_y – річна генерація ТЕС; m_y – річна маса викидів в атмосферу з Запорізької ТЕС; m_d – масова частка викидів, що припадає на район.

Для нашого розрахунку отримаємо:

$$m_d = \frac{330 \times 12 \times 43272}{6309 \times 10^6} \times 105000 = 2851.9 \text{ тон.}$$

Отже, через багатоквартирні будинки Хортицького району в атмосферу потрапить 2851.9 тон забруднюючих речовин за 1 рік. Враховуючи, що через модернізацію запропоновану в підрозділі 3.2 можливо відмовитись від невідновлювальної електроенергії на 83.54% а отже кількість викидів буде:

$$m_d = \frac{330 \times 12 \times 43272}{6309 \times 10^6} \times 105000 \times (1 - 0.8354) = 469.4 \text{ тон на рік.}$$

Цей результат отримано методом інтегрального розрахунку модернізації при врахуванні реальної ціни та потенціалу конкретного району. При покращенні енергозберігаючих систем в будинках можливо зменшити використання невідновлювальної енергії до значень $10\% \geq E \geq 0$.

Таким чином, один під'їзд багатоквартирного будинку в місяць потребує 11100 кВт, що дорівнює спалюванні 5 тон вугілля. Район досліджу за один місяць спалює 7177,5 тон вугілля. Отже на забезпечення електроенергією багатоквартирних будинків Хортицького району потрібно спалити 19140 тон кисню та враховуючи що, через багатоквартирні будинки Хортицького району в атмосферу потрапить 2851.9 тон забруднюючих речовин за 1 рік.

При установці сонячних панелей Risen RSM60-6-280 за рахунок СЕС 83.54% квартир будуть повністю забезпечені електроенергією.

Це означає, що СЕС для вказаних вище умов та для вказаних параметрів комплексу окупиться за 4 роки та 2 місяці $\pm 8.36\%$.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНІЙ СИТУАЦІЇ

Дипломний проект на тему «Екологічна безпека використання альтернативних джерел енергії» виконувався в комп'ютерному класі Запорізького національного університету, тому вимоги до безпеки ідентичні до вимог охорони праці при роботі за комп'ютерами, затвердженими наказом ректора ЗНУ від «24» «січня» 2019 року № 09АГП.

До роботи на комп'ютері допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання, медичне обстеження, вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці та інструктаж з пожежної безпеки.

В аудиторії має бути гранично допустимі концентрації пилу і мікроорганізмів у зоні дихання працюючих, що встановлено ДСТУ 12.1.005-76, де пристрої для видалення надлишків теплоти, вологи, пилу, шкідливих парів та газів з приміщення відповідно до ДСТУ 12.1.005-88 утворюють систему вентиляції, яка забезпечує необхідний повітрообмін. У лабораторії згідно Сніп 2.04.85-86 «Опалення, вентиляція, кондиціонування» і ДСТУ 12.04.021-75 «Системи вентиляційні. Загальні вимоги безпеки» повинна бути раціонально спроектована механічно і правильно експлуатована природна вентиляційні системи [32].

Організаційні і технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки (ДСТУ 12.1.019-79) полягають у навчанні, інструктажі і дотриманні особливих вимог при роботах на струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою. Основними мірами запобігання ураження електричним струмом у лабораторії є: конструкція електроустановок, що повинна відповідати умовам їхньої експлуатації і забезпечувати захист від зіткнення зі струмоведучими частинами; застосування технічних засобів і засобів захисту; організаційні і технічні заходи. До основних технічних способів і засобів захисту від поразки електричним струмом у лабораторії відносять:

захисне заземлення; занулення; мала напруга; електричний поділ мереж; захисне відключення; ізоляція струмоведучих частин; огорожувальні пристрої, блокування, знаки безпеки; компенсація струмів замикання на землю (ДСТУ 12.1.030- 81).

У процесі трудової діяльності людина перебуває під впливом різних виробничих факторів, які при певних обставинах можуть створювати небезпеку, тобто можливість впливу на працюючого небезпечних і шкідливих виробничих факторів (ДСТУ 12.0.002-74). Методи і засоби, які забезпечують безпеку вибираються на основі виявлення небезпечних факторів, специфічних для даного технологічного процесу [33].

Оператор (користувач) повинен:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- не виконувати вказівок, які суперечать правилам охорони праці;
- пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та безпеку співробітників;
- уміти надавати першу медичну допомогу потерпілим від нещасних випадків;
- уміти користуватись первинними засобами пожежогасіння;
- виконувати правила особистої гігієни.

Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які діють на оператора (користувача):

- підвищений рівень шуму на робочому місці (від вентиляторів, процесорів та аудіоплат);
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищена напруженість електричного поля;
- прямий та відбитий від екранів відблиск; несприятливий розподіл яскравості в полі зору;

- фізичні перевантаження статичної та динамічної дії;
- нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Перед початком роботи згідно вимогам безпеки необхідно оглянути робоче місце і привести його в порядок: впевнитись, що на ньому відсутні сторонні предмети; все обладнання і блоки комп'ютеру з'єднані з системним блоком за допомогою з'єднувальних шнурів. Перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі. ВДТ має стояти не на краю стола. Повернути ВДТ так, щоб було зручно дивитися на екран – під прямим кутом (а не збоку) і трохи зверху вниз; при цьому екран має бути нахиленим – нижній його край ближче до оператора (користувача).

Перевірити загальний стан апаратури, перевірити справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розеток, заземлення захисного екрана. Відрегулювати освітленість робочого місця. Відрегулювати та зафіксувати висоту крісла, зручний для оператора (користувача) нахил його спинки. Приєднати до процесора необхідну апаратуру (принтер, сканер тощо). Усі кабелі, що з'єднують системний блок (процесор) з іншими пристроями, слід вмикати та вимикати тільки при вимкненому комп'ютері. Ввимкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах у послідовності: стабілізатор напруги, ВДТ, процесор, принтер (якщо передбачається друкування). Відрегулювати яскравість світіння екрана ВДТ, мінімальний розмір світної точки, фокусування, контрастність. Не слід робити зображення занадто яскравим, щоб не втомлювати очей.

Рекомендується:

- яскравість світіння екрана – не менше 100 кд/м²;
- відношення яскравості екрана ВДТ до яскравості оточуючих його поверхонь в робочій зоні – не більше 3:1;
- мінімальний розмір точки світіння – не більше 0,4мм для монохромного ВДТ і не менше 0,6 мм для кольорового;

- контрастність зображення знаку – не менше 0,8.

При виявленні будь-яких несправностей роботу не розпочинати, повідомити про це керівника робіт. Необхідно стійке розташувати клавіатуру на робочому столі, не допускаючи її хитання. Разом з тим має бути передбачено можливість її поворотів та переміщень. Положення клавіатури та кут її нахилу мають відповідати побажанням оператора (користувача). Якщо в конструкції клавіатури не передбачено простору для опори долонь, то їх слід розташовувати на відстані не менше 100 мм від краю столу в оптимальній зоні моторного поля. Під час роботи на клавіатурі сидіти прямо, не напружуватися. Для зменшення несприятливого впливу на оператора (користувача) пристроїв типу «миша» (вимушена поза, необхідність постійного контролю за якістю дій) належить забезпечити вільну велику поверхню столу для переміщення «миші» і зручного упору ліктьового суглобу. Не дозволяються сторонні розмови, подразнюючі шуми. Періодично при вимкненому комп'ютері прибирати ледь змоченою мильним розчином бавовняною ганчіркою порох з поверхонь апаратури. Екран ВДТ та захисний екран протирають ваткою, змоченою у спирті. Не дозволяється використовувати рідину або аерозольні засоби для чищення поверхонь комп'ютера.

Забороняється:

Самостійно ремонтувати апаратуру, тим більше ВДТ, в якому кінескоп знаходиться під високою напругою (близько 25 кВ); ремонт апаратури виконують тільки спеціалісти з технічного обслуговування комп'ютерів, вони ж раз на півроку повинні відкривати процесор і вилучати пилососом пил і бруд, що там накопичились. Класти будь-які предмети на апаратуру комп'ютера, канпки, напої на клавіатуру або поруч з нею – це виведе їх з ладу. Для зняття статичної електрики рекомендується час від часу доторкатися до металевих поверхонь (батарея центрального опалення тощо). Для зниження напруженості праці на ПЕОМ необхідно рівномірно розподіляти і чергувати характер робіт відповідно до їх складності. Під час

регламентованих перерв з метою зниження нервово-емоційного напруження та втоми зорового аналізатора, що розвиваються у операторів (користувачів), усунення негативного впливу гіподинамії та гіпокінезії, запобігання розвитку позо тонічної втоми рекомендується виконувати комплекс вправ виробничої гімнастики, а також в спеціально обладнаних приміщеннях проводити сеанси психофізіологічного розвантаження. У випадку виникнення у працюючих за ВДТ зорового дискомфорту та іншого несприятливого суб'єктивного відчуття, що настають, незважаючи на дотримання санітарно - гігієнічних і ергономічних вимог, режимів праці та відпочинку, слід застосовувати індивідуальний підхід у обмеженні часу за ВДТ та корекцію тривалості перерв для відпочинку або проводити заміну іншими видами робіт (не пов'язаних з використанням ВДТ).

Вимоги безпеки після закінчення роботи.

Закінчити та записати у пам'ять комп'ютера файл, що знаходиться в роботі. Вийти з програми оболонки і повернутися в середовище MS WINDOWS, після чого виконати наступні команди: «Пуск» («Start») «Завершение работы» («Shut down») «Выключить компьютер» («Shut down»). Вимкнути принтер, інші периферійні пристрої, вимкнути ВДТ і процесор. Вимкнути стабілізатор, якщо комп'ютер підключений до мережі через нього. Штепсельні вилки витягнути з розеток. Накрити клавіатуру для запобігання попаданню в неї пилу. Прибрати робоче місце. Оригінали та інші документи покласти в ящик стола. Ретельно вимити руки теплою водою з милом. Вимкнути освітлення і загальне електроживлення підрозділу. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях. Аварійна ситуація чи нещасний випадок можуть статися в разі: ураження електричним струмом, загоряння апаратури тощо. У разі раптового припинення подавання електроенергії вимкнути комп'ютер в такій послідовності: периферійні пристрої, ВДТ, процесор, стабілізатор напруги, витягнути штепсельні вилки з розеток. При виявленні ознак горіння (дим, запах гару), вимкнути апаратуру, знайти джерело займання і вжити заходів щодо його ліквідації,

повідомити керівника робіт, не допускати в небезпечну зону сторонніх осіб. Якщо є потерпілі, надавати їм першу медичну допомогу, при необхідності, викликати швидку допомогу (тел. 103).

Надання першої медичної допомоги.

Надання першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом. У разі ураження електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від живлення, а при неможливості відключення – відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал. У разі відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані необхідно негайно викликати швидку медичну допомогу.

Перша допомога при пораненні.

Для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься у ньому на рану і зав'язати її бинтом. Якщо індивідуального пакету якимось чином не буде, то для перев'язки необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку і таке інше. На те місце ганчірки, що приходить безпосередньо на рану, бажано накапати декілька капель настойки йоду, а після нього накласти ганчірку на рану.

Надання першої допомоги при теплових опіках.

При опіках вогнем, парою, гарячими предметами, ні в якому разі не можна відкривати пухирі, які утворюються, та обов'язувати опіки бинтом. При опіках першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробляють ваткою, змоченою етиловим спиртом. При опіках другого ступеня (пухирі) обпечене місце обробляють спиртом, 3%-ним марганцевим розчином або 5%-ним розчином таніну. При опіках третього ступеня (зруйнування

шкірної тканини) накривають рану стерильною пов'язкою та викликають лікаря.

Перша допомога при кровотечі.

Для того щоб зупинити кровотечу, необхідно:

- підняти поранену кінцівку вгору;
- кровоточиву рану закрити перев'язочним матеріалом (із пакета)

складеним у клубочок, не торкаючись самої рани потримати на протязі 4-5 хвилин; якщо кровотеча зупинилася, то не знімаючи накладеного матеріалу.

У лабораторії повинна бути аптечка, що містить у собі: перекис водню, спирт, борну кислоту 15%, соду, перекис магнію, бинт, вата. По мірі витрати і закінчення терміну придатності медикаментів аптечку необхідно поповнювати. Кожна лабораторія повинна бути оснащена визначеною кількістю тих чи інших видів пожежної техніки відповідно до відомчих норм. Місця розміщення кожного виду пожежної техніки повинні бути позначені вказівними знаками ДСТУ 12.4026-27. підходи до вогнегасника повинні бути зручні і не захаращені. Для кращої помітності елементи будівельних конструкцій у місцях розташування пожежної техніки рекомендується виділяти червоними смугами шириною 200...400мм, а саму пожежну техніку (вогнегасник, пожежний інструмент) фарбувати в червоний колір. У лабораторії зобов'язані бути первинні вогнегасні засоби, а саме: вогнегасник, азбестова полотнина, сухий пісок, водопровідна вода. Рекомендується використовувати вуглекислотні вогнегасники, тому що вони не містять воду і не заподіють великої шкоди устаткуванню й експонатам. Ці вогнегасники дуже зручні й ефективні для гасіння практично будь-яких загорянь на невеликій площі [50].

Відомо, що під впливом роботи за комп'ютером можуть виникнути такі розлади здоров'я:

- зоровий дискомфорт.
- перенапруження скелетно-м'язової системи.
- ураження шкіри.

– розлади центральної нервової системи.

В зоні робочого місця за комп'ютером суттєво змінюється іонний склад повітря. Це несприятливо впливає на здоров'я користувача комп'ютера. Тому для підтримання оптимальної концентрації негативних та позитивних іонів в повітрі робочої було використано природне провітрювання, кондиціонер, штучне зволоження побутовим зволожувачем. В робочій зоні під час роботи комп'ютера змінюється також і хімічний склад повітря. В кінці робочого дня в повітрі робочої зони відбувається зростання концентрації вуглекислого газу, озону, оксиду азоту і пилу. Основним заходом щодо запобігання несприятливого впливу цих шкідливих речовин на здоров'я користувача комп'ютера було забезпечення функціонування природної вентиляції [41].

Основним заходом боротьби з шумом було використано раціональне планування робочого місця. Для зниження вібрації працюючих елементів комп'ютера обладнання було встановлене на спеціальні амортизаційні прокладки. Дисплеї на основі електронно-плазмової трубки є джерелом випромінювання кількох діапазонів електромагнітного спектра: рентгенівського, оптичного, радіочастотного.

Електростатичне поле притягує пил, бруд та інші частини, присутні в повітрі. Тому для захисту від статичної електрики було використано наступні засоби:

- в приміщенні підтримувалась відносна вологість повітря не нижче 45- 50% (використовувався побутовий зволожувач);
- підлога під робочим місцем була застелена антистатичним лінолеумом;
- екран комп'ютера протирався спеціальною антистатичною серветкою;
- користувач комп'ютера носив одяг із натуральних матеріалів.

Лінія електромережі для живлення комп'ютера та периферійних пристроїв виконана як окрема три провідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників.

Нульовий захисний провідник використаний для заземлення (занулення) електроприймача і прокладений від стійки групового розподільного щита до розетки живлення. Корпус системного блоку та монітору також заземлені (зануленні). Комп'ютер підключений до електромережі тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. Індивідуальні штепсельні з'єднання та електророзетки змонтовані на негорючих пластинах з урахуванням вимог Правил влаштування електроустановок та Правил пожежної безпеки в Україні. Для підключення переносної електроапаратури застосовані гнучкі проводи в надійній ізоляції. Ураження електричним струмом. Для того щоб звільнити потерпілого від дії електричного струму, необхідно швидко вимкнути ділянку електричної мережі або електрообладнання. Якщо вимкнення здійснити неможливо, звільнити людину від дії електричного струму можна відтягнувши її від джерела струму або ж відкинувши дріт від людини. У випадку напруги до 1000 В дріт від людини можна відкинути сухою палкою або дошкою. Відтягти потерпілого від джерела струму можна руками, надягнувши діелектричні рукавиці. У разі напруги понад 1000В для звільнення потерпілого можна використати лише ізолюючу штангу або ізолюючі кліщі, одягнувши діелектричні рукавиці і взувши діелектричні чоботи. Звільнивши потерпілого від дії електричного струму, необхідно якнайшвидше визначити вид і ступінь електротравми і залежно від цього надавати першу долікарську допомогу. Здійснити необхідні заходи щодо врятування потерпілого за терміновістю (відновити прохідність дихальних шляхів; виконати штучне дихання; зовнішній масаж серця; зупинити кровотечу; накладити пов'язку тощо). Підтримувати основні життєві функції потерпілого до прибуття лікаря або швидкої допомоги.

Пожежа у робочій зоні комп'ютера може виникнути під час кого замикання, перевантаження освітлювальних та силових мереж внаслідок великих місцевих опорів, внаслідок роботи несправних або залишених без нагляду електроприладів. В робочій зоні при замиканні в мережі комп'ютера

може виникнути пожежа через займання на столі лежачого паперу, дискет, сам дерев'яний стіл та розташовані поряд стілець, фіранок на вікні та інше. Тому для запобігання виникненню пожеж я користувався лише справним електрообладнанням (комп'ютером) та правильно його експлуатував. Стан світильника та електромережі систематично перевіряв. Папір, дискети, інші носії інформації, які не використовувались при роботі, на робочому місці не тримав. Якщо виникне пожежа у робочій зоні комп'ютера, то її гасіння я буду виконувати за допомогою первинних засобів пожежогасіння до прибуття пожежної команди. Це ручний вогнегасник (вуглекислотний), пісок, азбестове покривало, кошма [42].

ВИСНОВКИ

1. Враховуючи механічну, економічну та часову складову переходу на альтернативні джерела енергії з використанням статистичних даних державного комітету статистики України та річних звітів компанії «ДЕКТ» отримано, що один під'їзд багатоквартирного будинку в місяць потребує 11100 кВт, що дорівнює спалюванні 5 тон вугілля, район, який досліджувався, за один місяць спалює 7177,5 тон вугілля і на спалювання витрачається 19140 тон кисню, за 1 рік в атмосферу потрапляє 2851.9 тон забруднюючих речовин, похибка розрахунку дорівнює 8.36%.
2. На основі досліджень та аналізу статистичних даних використання альтернативних джерел енергії підтверджена доцільність розташування сонячних панелей на дахах багатоквартирних житлових будинків Хортицького району м. Запоріжжя. При установці сонячних панелей Risen RSM60-6-280, на житлові багатоповерхові будинки, за рахунок сонячної енергії будуть повністю забезпечені електроенергією 83.54% квартир. Модернізація дозволить зменшити кількість викидів в атмосферу на 2381.6 тон, яке генеруються через використання електроенергії в цьому районі. При покращенні енергозберігаючих систем в будинках можливо зменшити використання невідновлювальної енергії до 10% з 16.46%.
3. Розрахована лінія тренду модернізації до 2030 року з апроксимацією до 7.35%, що свідчить про коректність рівняння тренду по відношенню до початкових даних. Окупність комплексу сонячних панелей буде через 4 роки та 2 місяці, цей результат отримано методом інтегрального розрахунку модернізації при врахуванні реальної ціни та потенціалу конкретного району.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Установити сонячні панелі на дахи багатоквартирних житлових будинків для збереження навколишнього середовища від забруднення та зменшення використання невідтворювальних джерел енергії.

2. Провести модернізацію використовуючи різні типи сонячних панелей та вітряків громадських зупинок, освітлення доріг Хортицького шосе, вулиць Василя Стуса, Героїв 93-ї бригади, 14-го Жовтня, Василя Сергієнка і проспекту Ювілейний застосовуючи елементи сучасного дизайну для парків і зон відпочинку, що дасть змогу збільшити долю альтернативних джерел енергії інфраструктури Хортицького району м. Запоріжжя.

3. Інтегрувати методику використання альтернативних джерел, а саме сонячних панелей, в підприємство харчової промисловості Запорізького пивоварного заводу.

4. Отриманні результати та методики розрахунку рекомендувати для вивчення курсів «Моделювання та прогнозування стану довкілля», «Екологічно безпека альтернативних джерел енергії», «Моніторинг довкілля».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Альтернативні джерела енергії. *Екологія життя*: веб-сайт. URL: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/energyefficiency/>.
2. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії; посіб. / О. Адаменко та ін.; за ред. В. Лютко. Івано-Франківськ, 2000. 270 с.
3. Програми підвищення енергоефективності. *Міжнародне енергетичне агентство* офіційний веб-сайт. URL:<http://www.iea.org/policiesandmeasures/>
4. Сонячні електростанції України. *Державна служба статистики України* :URL:<http://www.zp.ukrstat.gov.ua/>
5. План «зелений тариф» України. *Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП)*: офіційний веб-сайт. URL:<https://www.nerc.gov.ua/>
6. Соціально-економічний і політичний паспорт Хортицького району. URL: <http://www.meria.zp.ua>. (архівовано 20 березня 2012 р.).
7. Екологічний паспорт Запорізької області 2016. Запоріжжя, 2017. 182 с (Інформація та документація)
8. Energy Sources: Solar. Journal of the renewable energy (Department of Energy). URL: <http://www.renewableenergyfocus.com/the-journal/>.(Retrieved 19 April 2011).
9. Семенов В. Г., Мормітко В. Г. Практичні аспекти реалізації стратегії розвитку альтернативних видів палива. *Біопаливо та відновлювальні джерела енергії, проблеми і перспективи розвитку* : матеріали наук.-практ. конф. Вінниця : РВВ ВДАУ, 2006. С.13-17
10. Екологічний паспорт Запорізької області 2017. Запоріжжя, 2018. 193 с (Інформація та документація)
11. Perlin, John. From Space to Earth (The Story of Solar Electricity). *Harvard University Press*. 1999, 308 p. ISBN 978-0-674-01013-0.

12. Martin, Christopher L.; Goswami, D. Yogi. Solar Energy Pocket Reference. *International Solar Energy Society*. 2005. 350 p. ISBN 978-0-9771282-0-4.
13. Екологічний паспорт Запорізької області 2018. Запоріжжя, 2019. 173 с (Інформація та документація)
14. Міністерство екології та природних ресурсів України: Матеріали Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2009 році / М. С. Козловська та ін.. Київ.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. 383 с. URL: <https://menr.gov.ua/files/docs>
15. Атмосфера Землі, її будова, склад та екологічне значення [Електронний ресурс]: URL: <http://referatbank.com.ua>
16. Статистична інформація: навколишнє середовище *Електронний ресурс*: Державний комітет статистики України (Офіційний веб-сайт). URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
17. International Geothermal Association. web site: URL: <https://web.archive.org/web/20110726102148/http://www.geothermal-energy.org/>
18. Nathan Bracken and others, Concentrating Solar Power and Water Issues in the U.S. Southwest, National Renewable Energy Laboratory, Technical Report NREL/TP-6A50-61376, March 2015, p.10.
19. Robert Palgrave Innovation in Concentrating Thermal Solar Power (CSP). *Journal of the renewable energy*. RenewableEnergyFocus.com web site. (Archived 24 September 2015)
20. Robert Glennon and Andrew M. Reeves, Solar Energy's Cloudy Future, *1 Ariz. J. Evtl. L. & Pol'y*, 2010 106 p.
21. Єріна А., Линюк О. Статистична оцінка рівня забруднення атмосферного повітря стаціонарними джерелами *Наукові записки. Спеціальний випуск. Економіка* т. 19. С. 376-381.
22. Werner, Jürgen H. Toxic Substances In Photovoltaic Modules. *Institute of Photovoltaics, University of Stuttgart, Germany* : The 21st International

- Photovoltaic Science and Engineering Conference:Fukuoka, Japan, 2011. p. 2. (Retrieved 23 September 2014).
23. Stetz, T; Marten, F; Braun, M Improved Low Voltage Grid-Integration of Photovoltaic Systems in Germany. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*. 2013, pp. 534–542. doi:10.1109/TSTE.2012.2198925.
24. Дмитренко Л.В., Барандіч С.Л. Вітроенергетичні ресурси в Україні *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*: Київ, 2007. Вип. 256. С. 166- 173. URI: <http://dspace.nbuiv.gov.ua/handle/123456789/51529>.
25. Маслова О.В., Павлих Р.С. Динаміка геоморфологічних змін під дією забудов південного мікрорайону №2 м. Запоріжжя Запорізький національний університет, електронне наукове видання Актуальні питання біології, екології та хімії, 2016.-С. 109-117.
26. Соціально - економічний паспорт м. Запоріжжя за підсумками 2018 року URI: <https://zp.gov.ua/uk/page/socialno-ekonomichnij-pasport>.
27. Загальнодержавна програма формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки: / Відомості Верховної Ради України. 10 юн. 2012 г. *Верховна Рада України; Закон, Програма від 21.09.2000 № 1989-III*.
28. Шваля М. М. Енергетичні проблеми України та шляхи їх подолання на сучасному етапі заміною альтернативними видами палива Біопаливо та відновлювальні джерела енергії, проблеми і перспективи розвитку : матеріали наук.-практ. конф. Вінниця : РВВ ВДАУ, 2006. С.57-63
29. Lojek,. History of Semiconductor Engineering. *Springer Science & Business Media*. Book 2007. pp. 120 & 321–323. ISBN 9783540342588.
30. Енергетика. Книга 5. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі / за ред. І.В. Пачков, Київ. 2013 URI: [energetika.in.ua / books / book-5 / part-1 / section- 2/](http://energetika.in.ua/books/book-5/part-1/section-2/).

31. Про затвердження Програми природоохоронних заходів, спрямованих на охорону довкілля, раціональне використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки міста Запоріжжя: *Управління з питань екобезпеки міської ради, Запоріжжя, 2012. № 24 від 24.12.2012* Дата оприлюднення 24.12.2012.
32. Регіональна доповідь Запорізької області за 2015 рік Управління з питань екологічної безпеки Запорізької міської ради URI: [https://zp.gov.ua / organizations / item / upravli](https://zp.gov.ua/organizations/item/upravli)
33. Марушевський Г., Потапенко В. Методичні рекомендації для проведення стратегічної екологічної оцінки документів державного планування: практ. посіб. Київ, 2019. 72 с
34. Донець І.А .Основні напрями та перспективи вирішення екологічних проблем м. Запоріжжя: дис. наук. ступень к.геог.н.:11.00.02 / Київський національний університет ім. Т. Шевченко, 2001. 216 с.
35. Екологічні умови Запорізької області *Електронний ресурс* <http://www.geograf.com.ua/geoinfocentre/20-human-geography-ukraine-world/734-ekologichni-umovi-zaporizkoji-oblasti>
36. Донець І.А Стан та перспективи еколого-економічного розвитку промисловості Запорізької області *Економіко-географічні та екологічні проблеми Північного Приазов'я*. Мелітополь, 2005. С.76-78.
37. Постанова верховної ради України «Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки» URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show>.
38. Екологічна політика держави та економічний механізм її реалізації / І.А. Малярчук та ін. *Довкілля і ресурси: наукові проблеми*: Київ: 2009. №1. С.19-32.
39. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2016 році URL: [https://menr.gov.ua / files / docs /](https://menr.gov.ua/files/docs/)

40. Стратегія регіонального розвитку Запорізької області на період до 2020 року / Затверджено рішення обласної ради від 25.02.2016 № 1
41. Білявський Г. О. Основи екології: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Либідь, 2004. 406 с.
42. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посібник. Київ: Знання, 2004. 309 с.
43. Екологічне законодавство України / за ред. І. О. Заєць Київ: Юрінком, 2001. 413 с.
44. Використання сонячної теплової енергії в промисловості АЕЕ INTEC URL: <http://www.reee.org.ua/download/trainings/SOLAR-book 2018/> 76 p
45. Охрана атмосферного воздуха / за ред. В. И. Елмалова; М.: Юрид. лит., 2004. 122 с.
46. Міністерство екології та природних ресурсів України: матеріали Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2009 році / М. С. Козловська та ін. Київ.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. 383 с.
47. Статистична інформація: навколишнє середовище *Електронний ресурс: Державний комітет статистики України (Офіційний веб-сайт)*. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
48. Єріна А., Линюк О. Статистична оцінка рівня забруднення атмосферного повітря стаціонарними джерелами *Наукові записки.. Спеціальний випуск. Економіка*. Том 19 Київ: НаУКМА. 2001. С. 376-381
49. Постанова верховної ради України «Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки» URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show>.
50. Білявський Г.О. Основи Екології :навч. посіб. Київ: Либідь, 2006. 408 с.
51. Air quality in Europe – 2018. *European Environment Agency Report*. European Union, № 4/2012. 12 p.

52. Air Quality Guidelines Global update 2018. *Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. WHO Regional Office for Europe, URL: <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2018/air-quality-guidelines.-global>
53. Human Exposure Assessment, Environmental Health Criteria. *Document 218*, Program of Chemical Safety. WHO, 2000.
54. Monitoring Ambient Air Quality for Health Impact Assessment. *WHO Regional Publications*, European Series, № 85.2. WHO, 1999.
55. Monitoring carbon dioxide (CO₂) emissions from new passenger cars in the EU: *summary of data for 2018*. European Environment Agency Report, April 2018. – 24 p.
56. Trends in Air Quality in Germany. *Air quality assessment*. Section II 4.2. Federal Environment Agency, 2018. 18 p.
57. Quality Guidelines for Europe (revision of Air Quality Guidelines for Europe 1987). *WHO Regional Office for Europe*, Bilthoven Division, 2000 *Electronic resource*. URL: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines-for-europe>.
58. Екологічна політика держави та економічний механізм її реалізації І.А. Малярчук та ін *Довкілля і ресурси: наукові проблеми*: Київ: 2009. №1. С.19-32.
59. Постанова КМУ «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку» від 28 серпня 2013 р. № 808 .
60. Звіт про виконання Плану роботи за 2018 рік Укренерго. ВП Запорізька ТЕС ПАТ ДТЕК «Дніпроенерго»: URL: https://ua.energy › 2019/05 › Zvit-2018_09012019

ДОДАТОК А

Плоскі колектори.

Плоский колектор – найпоширеніший вид сонячних колекторів, в якому скорочені втрати тепла з боків та задньої поверхні. Цей колектор є теплоізолюваною застеленою панеллю, в яку поміщена плоска пластина, виготовлена з металу, що добре проводить тепло (найчастіше мідна) та трубки для теплоносія (повітря, води, води/гліколя, термомастила) для транспортування тепла від абсорбера. Щоб максимально збільшити поглинання енергії сонячного світла, поверхню металеві пластини фарбують або обробляють анти-відбивним шаром покриття. Передня поверхня панелі, в якій встановлена пластина, робиться зі скла, яке пропускає тільки світло, що скорочує втрати тепла.

Колектори вдосконалюють, застосовуючи прозоре покриття, що забезпечує високу світлопроникність та довговічність, нові поглинаючі матеріали, термостійку ізоляцію та конструкцію корпусу, що забезпечує захист та ізоляцію абсорберу від впливу навколишнього середовища. Плоскі колектори мають велику перевагу перед іншими типами колекторів, адже вони збирають сонячне випромінювання з усіх напрямків, і тому можуть встановлюватись стаціонарно на будь-якому даху і уловлювати усе дифузне випромінювання. Але, з іншого боку, вони характеризуються найбільшими втратами тепла, адже останні пропорційні дуже великій площі поглинання, яку вони мають. З цієї причини ефективність плоских колекторів при вищих робочих температурах знижується.



Рисунок А.1 – Плоский колектор

Вакуумні трубчасті колектори.

Завдяки ізоляційним якостям вакууму, вакуумні трубчасті колектори дозволяють скоротити втрати. Колектори, побудовані за цією технологією, високоефективні при відносно високих температурах (до 120 °С). Вакуумні трубчасті колектори бувають двох типів:

- 1)Прямоточний вакуумний трубчастий колектор.
- 2) Рідина у контурах колекторів також циркулює вздовж трубопроводу абсорбера. Абсорбер має селективне покриття. Якщо використовується одна вакуумна трубка, повітря відкачують повністю і поміщають у створений вакуум плоский або вигнутий абсорбер, а також трубчастий теплообмінник, по якому подається та відводиться рідинний теплоносій.
- 3) Найбільш поширений сьогодні тип трубчастого колектора – так званий «сіднейський» – складається з двох спаяних скляних колб з вакуумом між стінками. Зовнішня циліндрична поверхня внутрішньої колби зазвичай вкрита напиленням з вибіркового світлофільтру (Al-N/Al), усередині колби

тепло забирають мідні U-подібні трубки, що вмонтовані у циліндричне (Al) ребро теплопередачі.

4) По всій поверхні колби напилено абсорбер. Щоб також використовувати випромінювання, яке проходить між паралельно встановленими трубками, часто під ними встановлюється (СРС-) рефlector, щоб відбивати сонячні промені в напрямку абсорбера.

5) Вакуумний трубчастий колектор з тепловими трубками Передача тепла, що поглинається, відбувається із застосуванням принципу теплової трубки. Прямий контакт з рідинним теплоносієм у сонячному контурі відсутній. Застосовують або «сухе» з'єднання, де тепло передається з конденсатора крізь матеріал трубки нагрівача, або «вологе» з'єднання, де рідина у сонячному контурі тече навкруги конденсатора теплових трубок. Перевага «сухого» з'єднання у тому, що встановлювати та видаляти трубки легше, ніж у випадку «вологого» з'єднання. Втім, часто має використовуватись теплопровідна паста, натомість при «вологодому» з'єднанні теплопровідна паста непотрібна.



Рисунок А.2 – Вакуумні трубчастий колектор

Колектор зі складеним параболічним концентратором або СРС-колектор. Параболічний концентратор застосовують з метою фокусування сонячного випромінювання на абсорбері. Сфера застосування – між низькотемпературними плоскими колекторами ($T < 80^{\circ}\text{C}$) та високотемпературними фокуруючими концентраторами ($T > 200^{\circ}\text{C}$). СРСколектори є високоефективними при високих робочих температурах. Сонячні концентратори фокууючого типу характеризуються незначною площею поглинання, а відтак і незначними втратами тепла. Але вони мають недолік – потребують системи стеження і не можуть охопити значну частку дифузного випромінювання.

Деякі конструкції потребують тільки сезонного регулювання кута нахилу. Існують і лінійні концентратори технологічного тепла з жолобковими рефлекторами різного поперечного перерізу.

Параболоциліндричні колектори.

До того, як потрапити на абсорбер, у параболоциліндричних колекторах сонячне світло концентрується. Дзеркальні поверхні є вигнутими і мають параболічну форму, і розташовані у лінію у формі жолобу. Трубчастий абсорбер проходить по довжині жолобу і фокусує сонячне світло. По трубчастому абсорберу під тиском рухається рідинний теплоносій, в якому потік сонячної енергії перетворюється на тепло. Параболоциліндричні колектори сконструйовані таким чином, щоб досягати температур від 100°C до 450°C .

Навіть при таких температурах ефективність колектора такого типу лишається високою, адже площа приймання має широку апертуру, а поверхня, де тепло може втрачатися (площа абсорбера), є невеликою. Коефіцієнт концентрації (співвідношення площі апертури до площі поверхні абсорбера) визначає температуру, до якої рідинний теплоносій може нагріватися у колекторі.



Рисунок А.3 – Параболоциліндричні колектори

Концентраторний колектор з лінзами Френеля.

У такому колекторі застосовують ряд орієнтованих в одному напрямку, рухомих, смужкових дзеркал, які відбивають прямі сонячні промені на стаціонарний теплоаккумулятор. Конструкція є відносно простою, зі стаціонарним приймачем, низьким вітровим навантаженням, встановлюється на висоті. Дзеркала рухаються за сонцем так, щоб відбивати прямі сонячні промені безпосередньо на стаціонарний приймач. Дзеркала можуть бути виконані з плоского скла, незначний вигин може бути виконаний шляхом механічного вигинання, якщо фокусна відстань дзеркала дорівнює декільком метрам.

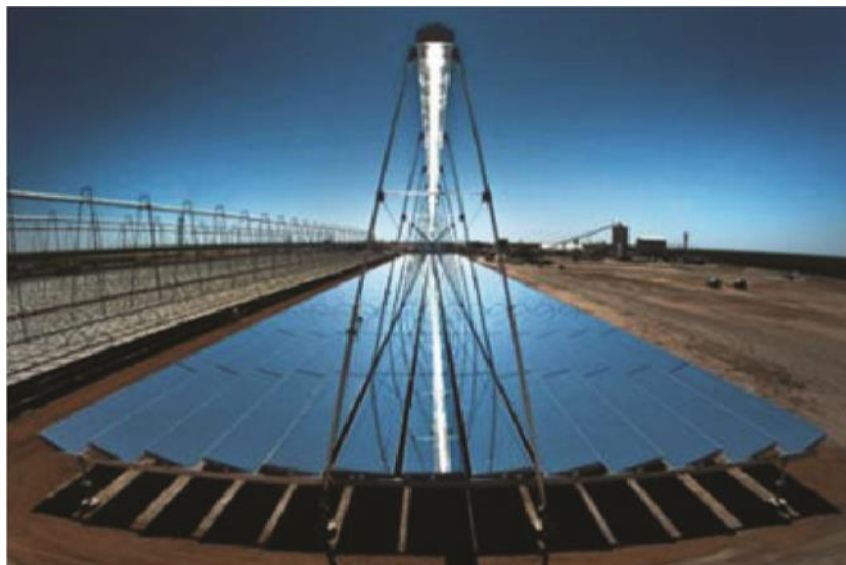


Рисунок А.4 – Колектор з лінзами Френеля