

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА  
ТЕХНОЛОГІЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

\_\_\_\_\_ В.П. Квасніков

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023р.

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧКИ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

**Тема: «Системи електропостачання національного парку «Синевир»**

**з альтернативними джерелами енергії»**

**Виконавиця:** \_\_\_\_\_ студентка гр. ЕЕ-415Б Омельченко Ольга Андріївна  
(підпис) (студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

**Керівниця:** \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Стахова Анжеліка Петрівна  
(підпис) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

**Нормоконтролер:** \_\_\_\_\_ Паращанов В'ячеслав Георгійович  
(підпис) (П.І.Б)

Київ2023

## ВСТУП

Для забезпечення всіх сфер життєдіяльності людини необхідна енергія. Особливо це стало відчутно з розвитком технічного прогресу і потреби в енергії тільки збільшуються.

Енергетична стратегія України на сьогоднішній день стала ще більш актуальною і розвитку альтернативних джерел енергії буде надано пріоритети, як на загальнодержавному рівні так і на рівні пересічних домогосподарств.

Оскільки енергетична галузь зазнала, продовжує зазнавати значних руйнувань та потребує часу для відновлення, тому використання альтернативних джерел дозволить не тільки задовольнити потреби громадян в електроенергії а і знизити навантаження на мережу для успішної відбудови енергосистеми. Одночасно зникає проблема утилізації та знищенні відходів традиційної енергетики.

Оскільки найбільш популярними та доступними є сонячна та вітрова енергії, тому в даній роботі саме на них буде звернено увагу. Безперечно сонце та вітер дозволяють зменшити використання вичерпних природних ресурсів, а сучасні технології - автоматизувати процеси отримання такої енергії.

Актуальність теми. Сонячні електростанції та вітрові електроустановки, або сонячно-вітрові електростанції для приватного використання стали актуальними в силу відомих причин. Географія використання не обмежується метеорологічно сприятливими регіонами. Власна СЕС чи ВЕУ надає незалежність від загальної мережі та певною мірою гарантує отримання електроенергії.

Метою роботи є розробка системи електропостачання об'єкту на території НПП «Синевир» за допомогою сонячної електростанції та вітрової електроустановка.

Об'єктом дослідження є електропостачання Реабілітаційного центру бурих ведмедів на території НПП «Синевир», а предметом дослідження - система електропостачання згаданого об'єкту з використанням альтернативних джерел енергії.

Дослідження виконувалися теоретико-емпіричними методами та за допомогою комп'ютерного моделювання.

Практичне значення отриманих результатів від побудови СЕС та ВЕУ розглянутого в роботі об'єкту полягає у, перш за все, наявності власної електроенергії, а далі це і зниження витрат на мережеву електроенергію, і можливість отримання додаткового прибутку за «зеленим тарифом» від продажу надлишків виробленої електроенергії, і вирішення екологічних проблем, які, тимчасово, відійшли в нас на задній план.

## РОЗДІЛ 1.

### ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.

#### 1.1 Основні види нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії.

Всі джерела енергії, а саме відповідно й енергетичні ресурси, за ознакою певною вичерпності поділяються на вичерпні та невичерпні.

Невичерпними енергоресурсами називають ресурси, використання яких не призводить до зменшення їх безпосередньо енергетичного потенціалу. До них належать відносять сонячну енергію, вітрову енергію, енергію припливів та відливів, енергію морських хвиль, гідроенергію та геотермальну енергію.

Вичерпні енергоресурси – це ресурси, що також існують в обмежені кількості та також можуть бути повністю виснажені, якщо також інтенсивність їх використання значно також перевищує швидкість їх відтворення. Вони також поділяються на відновлювані та невідновлювані.

Невідновлюваними енергоресурсами є також ресурси, що при видобутку і використанні також не відтворюються природою, або також відтворювальні терміни значно більші у також порівнянні зі швидкістю їх використання. До також них належать викопні енергетичні також ресурси – нафта, природний газ, також вугілля, горючі сланці, ядерне також паливо. Поповнення їх запасів неможливе, також оскільки відсутні умови, в також яких вони виникли мільйони також років назад, або відбувається дуже також повільно.

Відновлювані енергетичні ресурси також визначаються як ті, що безперечно також відновлюються самою природою (торф, також деревина й трав'яна маса також) або утворюються як результат також життєдіяльності людини (тверді побутові також відходи, осад станцій очищення також комунальних стічних вод, тепла також енергія стічних вод, органічні також відходи промисловості, тощо), та також швидкість їх відновлення співставна також з темпами використання. У

також випадку, якщо втрата відновлюваних також ресурсів (наприклад, вирубування лісу) також починає перевищувати розміри їх також природного відтворення, ресурси вичерпуються. Існує також думка, що є неправильним також віднесення енергії сонця, вітру, також геотермальної енергії, енергії припливів також та відпливів, морських хвиль також до відновлюваних джерел енергії, також оскільки вони є невичерпними також.

За рівнем і масштабами також освоєння енергетичні ресурси поділяють також на традиційні та нетрадиційні. Думки також вчених стосовно критерію традиційності також тих чи інших видів також енергетичних ресурсів не співпадають.

Традиційними енергоресурсами слід називати ресурси також, що характеризуються високим рівнем освоєння також та широким розповсюдженням їх використання. В також структурі світового енергоспоживання за також видами енергоресурсів відповідно до також статистичних даних станом на 2019 рік переважають також нафта (33,1%), газ (24,2%), вугілля (27%), ядерне паливо (4,3%) та енергія великих річок (6,4%).

Нетрадиційні енергоресурси – це ресурси, що можуть також слугувати заміною традиційним енергетичним ресурсам, також використовують нові технології вироблення також енергії, на сучасному етапі також розвитку суспільства характеризуються низьким рівнем також освоєння та не досягли широкого також поширення. До них належать всі також енергетичних ресурсів, які не також увійшли до категорії традиційних.

## **1.2 Переваги відновлюваних джерел енергії порівняно з традиційними.**

Основною перевагою відновлювальних джерел над традиційними є невичерпність з та екологічна чистота, що по екологічний стан і не водить до теплових змін на неті. З використанням традиційної енергії ваних джерел відпадає необхідність видобувати, робляти, збагачувати та транспортувати паливо. Так

разом з цим зникає лема утилізації та знищення відходів, які утворюються при використанні. При використанні відновлюваних джерел ся використання вичерпних природних ресурсів, вода. Зникає потреба в постійному ванні, тому що в більшості випа відновлюванні джерела енергії легко автомат і можуть працювати без мої участі людини.

В технологіях вальної енергетики активно реалізуються найновіші нення багатьох наукових напрямків та узей: аеродинаміка, метеорологія, електроенергетика, теплоенергетика, раторо- та турбінобудівництво, мікроелектроніка, силова роніка, матеріалознавство і т.п.

### **1.3 Огляд найпоширеніших відновлюваних джерел**

#### **1.3.1 Сонячні електростанції.**

Сонце – це діючий розпечений реактор, який орює масу в енергію, загальна. т за секунду за рахунок нання двох ядер водню (протонів) я утворення гелію. Загальна потужність  $4 \cdot 10^{23}$  кВт. близько  $1359 \text{ Вт/м}^2$ . Цей показник відомий як са стала. Енергія потрапляє на Землю гим чином у формі електромагнітного випромінювання діапазоні від коротких радіохвиль 30 м до рентгенівських в з довжиною хвилі 10-10 м.

Радіаційний режим території досить України, особливо в її південних районів, а саме сприятливий для практичного використання саме сонячної енергії.

Сонячні електростанції (СЕС) бувають видів: фотоелектричні (безпосередньо перетворюють енергію в електричну з допомогою ФЕМ) та термодинамічні (перетворюють енергію в теплову, а потім в електроенергію; потужність термодинамічних СЕС вище, ніж потужність ФЕМ станцій).

В деяких експериментальних системах значні матриці керованих комп'ютером дзеркал слідкують за сонцем і фокусують саме сонячне світло на центровому пункті збору променів, зазвичай на верхівці вежі. Це саме зконцентроване сонячне світло безпосередньо може забезпечити значне збільшення температури теплового носія, якої достатньо для виробничих саме процесів або створення зрушення з високим

тиском, для обертання далі турбін і виробництва саме електричного струму. Тобто сонце-термо енергетичні системи насамперед перетворюють сонячну енергію у значну теплову, а потім – термо енергію в механічну енергію, яка в свою чергу обертає турбіну. Далі турбіна генерує електроенергію.

Існує дві технології для збирання, перетворення та накопичення сонця енергії. Відомі саме як центральна система приймача і колекторна для розподілення система. ЦПС складається з: значного поля дзеркал для вловлювачів сонця (геліостатів), які саме перехоплюють і саме переспрямовують сонячну радіацію з входу у одиничний великий приймач, розташований на горі вежі. Ця система має назву як “Power Tower” (рис. 1.1)

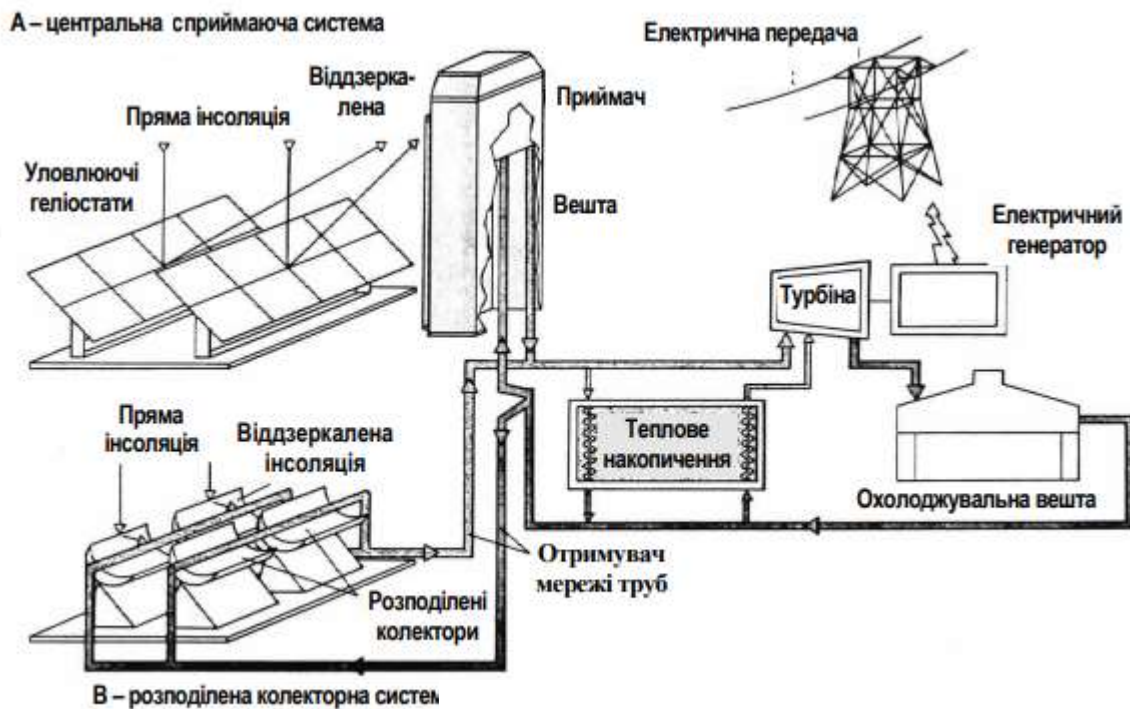


Рис. 1.1. Схема сонячної електростанції

Перенаправлене радіаційне тепло рухає робочу рідину в приймач. Проводиться ряд досліджень з дослідження по використанню різних рідин для роботи, а саме вода з високим тиском, пара з високою темпер, різноманітні мастила, виплави солі та рідкі форми металів. Вибір саме робочої рідини залежить від складу

конструкції станції. США, доприкладу, віддають перевагу розвитку пристроям, які планують працювати при температурі біля 925 °С, а потім при температурі приблизно 1100 °С.

Розподілена ж колекторна система якраз не фокусує сонячне світло точно в центральний приймач, а, в свою чергу, перетворює сонячне світло у тепло в окремому індивідуальному колекторному модулі/відділі. Кожний колекторний модуль/відділ складається з дзеркальної поверхні циліндричної форми, що направляє сонячну радіацію в приймач вловлювач/абсорбер, розташований саме у фокусі дзеркала; при такій конструкції робоча циркулююча рідина саме крізь колектор, де вона в першу чергу нагрівається до надвисокої температури, а потім перетікає мережею труб вже до самого котла або саме теплообмінника. Від цього місця призначення центральний приймач і розподільні саме колекторні системи однакові. Також подальша конструкція такої системи однакова.

До елементів СЕС відносяться:

1. Фотоелектричні панелі (сонячні модулі), що перетворюють саме сонячну енергію в електроенергію;
2. Контролер, що управляє сонячною фото-електричною системою, який відслідковує перевантаження системи або зворотній рух струму в нічні години доби;
3. Акумулятор, який накопичує електроенергію, що генерують сонячні модулі;
4. Інвертор, перетворюючий постійний струм від сонячних батарей в змінний, який в свою чергу вже необхідний для живлення відповідних приладів;
5. Електричний лічильник, який фіксує та обліковує кількість електроенергії, яка віддається в загальну мережу або яка споживається при потребі.

На рис. 1.2 представлено варіант спрощеної схема сонячної електростанції (СЕС), яка описує взаємозв'язок усіх елементів СЕС та основний принцип її роботи.



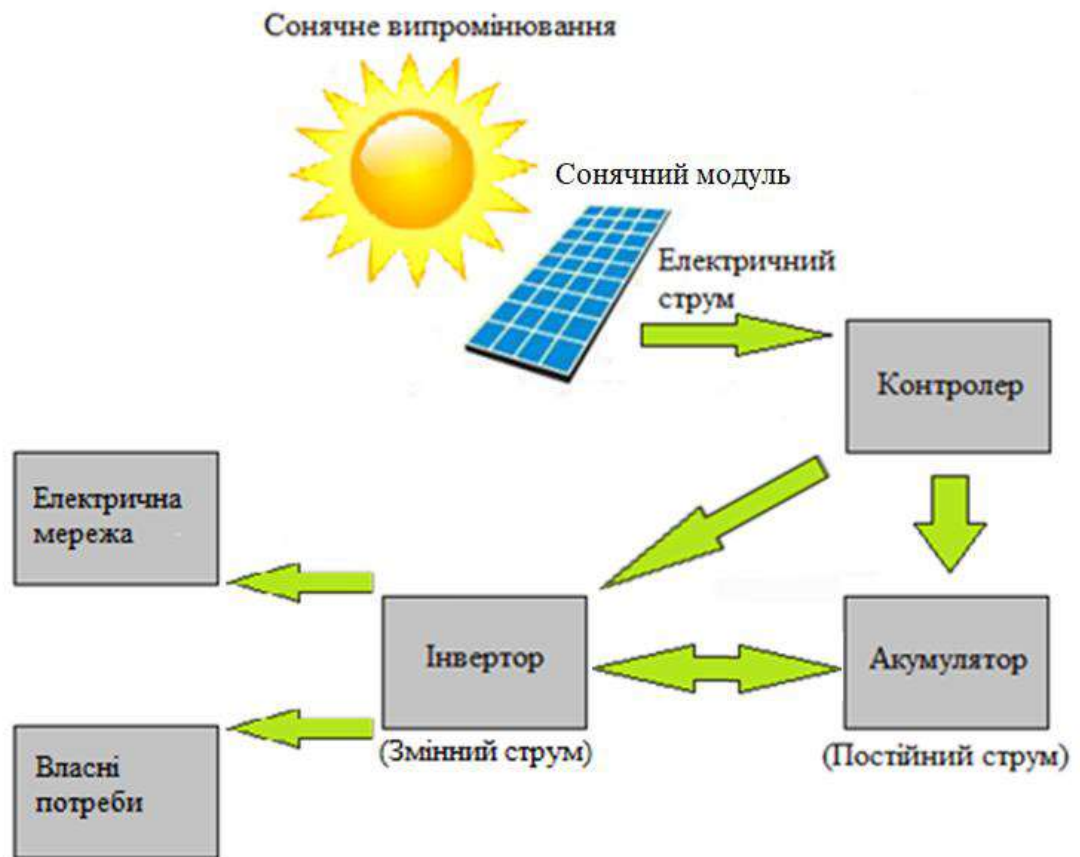


Рис. 1.2. Спрощена схема сонячної електростанції

Робота СЕС має певну послідовність. Сонячні промені, потрапляючи на панель ФЕМ, за рахунок відповідного технологічного процесу перетворюються в електроенергію. Сонячні модулі мають в основі кристалічний кремній або монокристали (у монокристалив значно довший термін служби, також відсоток вироблення що залежить від терміну служби теж набагато вище). Кількість електроенергії, яку можуть гарантувати сонячні модулі, напряму залежить від їх ефективності, від їх розміру і, головне, місцевого рівня сонячного освітлення, кута падіння сонячного променю.

Після необхідного перетворення електроенергія надходить через підключений акумулятор, забезпечуючи саме зарядку акумуляторних батарей.

Далі – це живлення вже самих споживачів енергії, а також це з'єднання внутрішньої мережі СЕС з зовнішньою мережею для передачі надлишків електроенергії.

Зазвичай СЕС можуть бути двох типів:

- мережеві, тобто більш потужні, підключаються до зовнішньої мережі, більшість виробленої електроенергії передається в мережу обліковуючись лічильником для таких потреб, а величина навантаження для власного споживання зовсім незначна;

- автономні, призначені перш за все на покривання власних потреб навантаження та власного споживання, а тому вони розраховуються в свою чергу на меншу потужність (що саме і визначається переліком власних електроприймачів), вони можливо також підключаються до зовнішньої електромережі і лише надлишки виробленої електроенергії передаються в мережу теж через окремий лічильник.

### **1.3.2 Вітрові електроустановки.**

Вітер, як явище, утворюється в результаті нерівномірного нагрівання поверхні Землі Сонцем. Утворені потоки повітря в свою чергу використовуються для приведення в рух вітрових турбін/гвинтів. Тобто, вітром називають потік повітря, який рухається по земній поверхні зі швидкістю починаючи від 0,6м/с.

Вітроенергетика – в свою чергу, галузь енергетики, яка спеціалізується на використанні та приборканні енергії вітру, тобто саме спеціалізується на кінетичній енергії повітряних мас в атмосфері Землі.

Вітро генератор (вітроелектрична установка ВЕУ, вітроелектрична станція ВЕС) – це пристрій, що дозволяє перетворити кінетичну енергію вітру в електричну.

Принципи дії вітроустановок схожі: від напору вітру рухається/обертається вітроколесо з лопатями, яке в свою чергу передає отриманий крутний момент через цілу систему передачу валу генератора, що і виробляє саме електроенергію.



Рис. 1.3. Спрощена схема ВЕУ

Вітрогенератори умовно можна розділити на дві категорії за використанням: промислові та приватні (домашні). Промислові зазвичай встановлюються самою державою або великими енергетичними компаніями/корпораціями. Як правило, їх об'єднують в мережі та називають вітрові електростанції (ВЕС). Приватні (домашні) мають значно менші розміри та назву вітрові електроустановки (ВЕУ).

У загальному випадку вітроенергетична установка (ВЕУ) має вигляд комплексу обладнання та споруд, пов'язаних між собою. Цей комплекс призначений для перетворення енергії вітру в інші відомі види енергії. Складається з вітроагрегату і вітродвигуна. Вітроагрегат, як основна частина ВЕУ, складається з вітродвигуна, системи передачі потужності на навантаження (споживачу) і самого споживача цієї вітрової енергії (якого-небудь пристрою: електрогенератора, водяного насоса, нагрівача чи іншого будь якого споживача).

Робочі рухи, вироблені вітродвигуном різні. На даний час існуючі сьогодні вітродвигуни в якості робочого руху використовують круговий обертальний рух. Існують пропозиції (навіть реалізовані) інших видів робочого руху, коливального.

Конструктивно ВЕУ має складатися з вітродвигуна (ВД) 1, машинного відділення 2, опори 3 (рис. 1.4).

Вітродвигун сам безпосередньо перетворює енергію потоку вітру в механічну, яка в свою чергу використовується для руху різних механізмів і машин (приклад, насоси) або далі трансформується в електроенергію. Вітродвигуни, в якості приводу використовувані в електричному генераторі ВЕУ, діляться на два типи:

- горизонтально-осьові (ГО);
- вертикально-осьові (ВО).

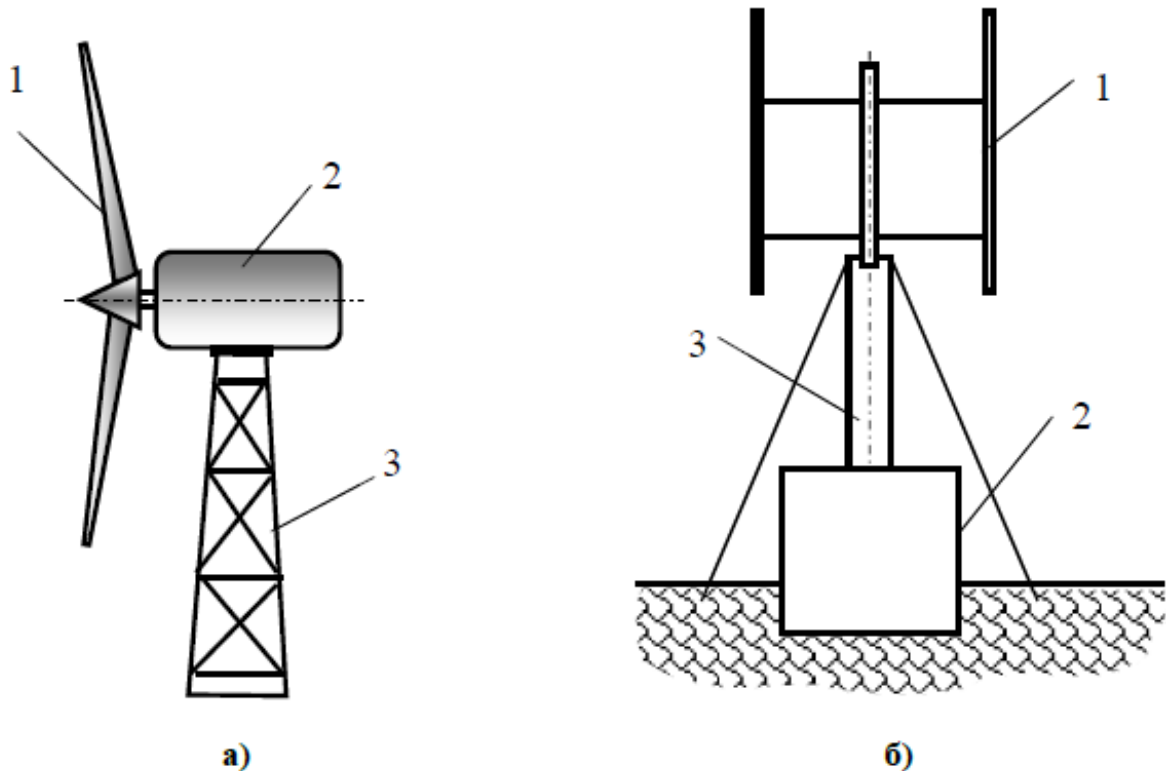


Рис. 1.4. Загальний вигляд ВЕУ: а – з горизонтально-осьовим ротором; б – з вертикально-осьовим ротором

Класифікація ВЕУ за рядом ознак:

- вид енергії, що виробляє,
- потужність,
- призначення,
- областях самого застосування,
- ознакою роботи з частотою обертання вітроколеса,
- управлінням,

- типом передачі вітрової потужності.

Залежно від виду енергії, ВЕУ поділяють на вітроелектричні та вітромеханічні.

Електричні ВЕУ, також мають поділ на вітроустановки, що виробляють електроенергію постійного або змінного струму.

Механічні ВЕУ виконують привід робочих машин.

За рівнем потужності ВЕУ діляться на 4 групи:

- дуже малої потужності, менше 5 кВт;
- малої потужності, від 5 до 100 кВт;
- середньої потужності, від 100 до 1000 кВт;
- великої потужності, понад 1 МВт.

Вітроустановки кожної такої групи відрізняються одна від одної:

- конструктивним виконанням,
- типом фундаменту,
- способом установки вітроагрегату на вітер,
- системою регулювання,
- системою передачі вітрової потужності,
- способом монтажу
- способом обслуговування.

У залежності від призначення електричні ВЕУ постійного струму поділяють на:

- вітрозарядні;
- гарантованого електропостачання споживача;
- негарантованого електропостачання.

Електричні ВЕУ змінного струму поділяють на:

- автономні;
- гібридні, що працюють паралельно з енергосистемою сумірної потужності (наприклад, з дизельною установкою);

- мережеві, які працюють паралельно з потужною енергосистемою.

Механічні ВЕУ за призначенням поділяють на:

- вітронасосні для приводу водяних насосів;
- вітросилові для роботи з промисловими і побутовими механізмами.

Класифікація ВЕУ за областями застосування визначається їх призначенням.

При розрахунку і проектуванні вітродвигуна та виборі його номінальних параметрів необхідно враховувати:

- тип навантаження (електрогенератор, водяний насос і т. п.);
- тип системи передачі вітрової потужності до споживача;
- тип системи генерування та акумулювання електроенергії.

Вітроелектричні установки складаються з наступних функціональних частин:

- первинного перетворювача;
- електричного генератора;
- опорно-поворотного пристрою;
- системи управління ВЕУ.

Горизонтально-осьові ВЕУ середньої та великої потужності можуть мати механізм регулювання кута установки лопатей ротора і механізм орієнтації вітроагрегата.

Одна або декілька груп вітроелектричних установок утворюють вітрову електричну станцію (ВЕС), до складу якої входять (крім ВЕУ):

- система управління ВЕС;
- одна або кілька метеовишок;
- трансформаторні підстанції (ТП);
- підстанція.

Система керування ВЕС здійснює керування, контроль і облік роботи ВЕС в цілому і кожної ВЕУ окремо. Метеовишка призначена для визначення швидкості і напрямку вітру та видачі цієї інформації в систему керування ВЕС. Трансформаторна підстанція обслуговує декілька ВЕУ (групу) і забезпечує підвищення напруги від

генераторів ВЕУ до величини лінії електропередачі на підстанцію. Підстанція ВЕС призначена для розподілу і передачі енергії від ВЕС в електромережу енергосистеми.

Функціональна схема ВЕС на базі типової вітротурбіни великої потужності представлена на рис. 1.5.

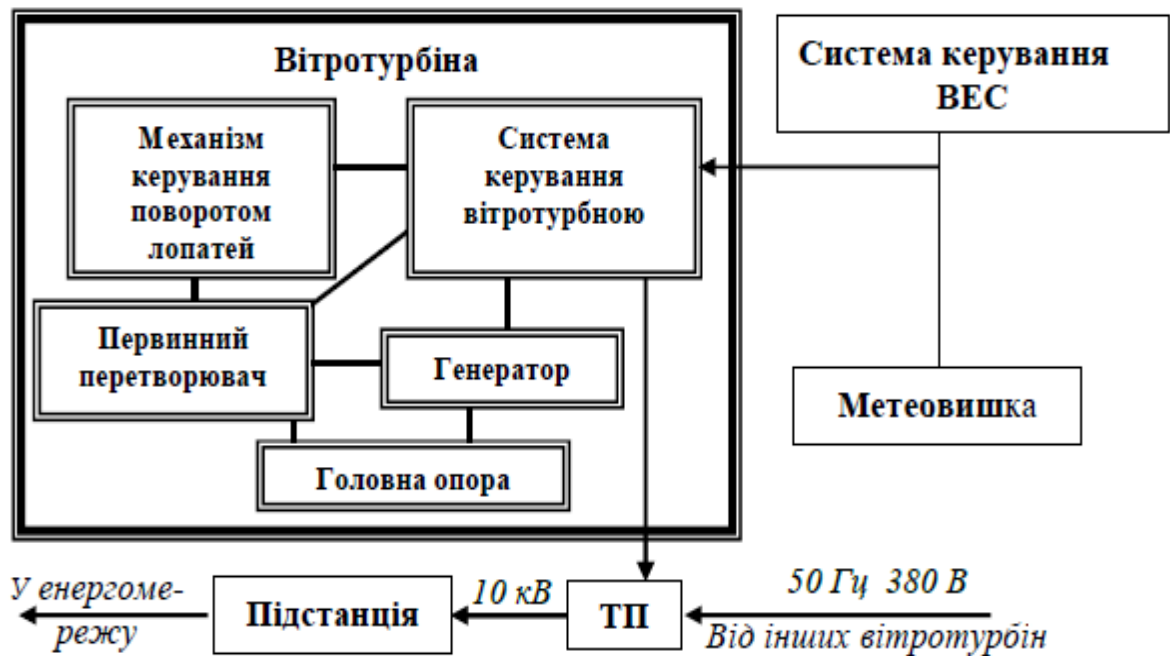


Рис. 1.5. Функціональна схема ВЕС

Незважаючи на різноманіття теоретично можливих і практично реалізованих схем ВЕУ, сучасні вітроагрегати незалежно від рівня потужності є або пропелерними горизонтально-осьовими, або ортогональними вертикально-осьовими вітродвигунами (використовують підйомну силу на лопатях), оскільки саме ці два типи вітродвигуна мають найбільш високі техніко-економічні показники.

Горизонтально-осьові вітродвигуни в порівнянні з вертикальноосьовими мають наступні переваги:

- можливість самостійного пуску без допоміжного приводу за рахунок зміни кута установки лопатей;
- більшого значення коефіцієнта використання енергії вітру;

- більшого значення коефіцієнта швидкохідності  $X_i$ , як наслідок цього, велику частоту обертання вітродривуна, що дозволяє зменшити масогабаритні показники електромеханічного обладнання;

- виключення необхідності в кутовій передачі обертального моменту.

До основного недоліку пропелерних горизонтально-осьових двигунів слід віднести необхідність в пристрої орієнтації на напрямок вітру.

Ортогональні вертикально-осьові двигуни в порівнянні з пропелерними горизонтально-осьовими володіють такими перевагами:

- незалежністю функціонування від напрямку вітрового потоку, що усуває необхідність орієнтування вітродривуна на цей напрямок;

- вертикальним валом, що дозволяє розміщувати електромеханічне обладнання біля основи ВЕУ, що знижує вимоги до міцності і жорсткості опори, не обмежує масогабаритні показники обладнання, спрощує технічне обслуговування та ремонт;

- можливістю кріплення лопатей до ротора в декількох місцях, що знижує вимоги по міцності і жорсткості лопаті;

- меншим значенням окружної швидкості лопаті за менших значень коефіцієнта швидкохідності;

- відносною простотою виготовлення лопатей.

До числа недоліків вертикально-осьових вітродривунів слід віднести: менший коефіцієнт використання енергії вітру; меншу швидкохідність.



## РОЗДІЛ 2.

### ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1. Загальні відомості про об'єкт дослідження

Національний природний парк «Синевир» розташований у самому центрі південного макросхилу Українських Карпат у південно-східній частині Міжгірського району та північній частині Хустського району Закарпатської області на території середньовисотних хребтів та груп Приводороздільних Горган і межує на півночі й північному сході по Вододільному хребту з лісовими масивами Івано-Франківської області, на заході з лісництвами Міжгірського держлісгоспу, а в південно-східній частині масиви парку розташовані в регіоні Полонинського хребта і межують з лісництвами Мокрянського держлісгоспу, на півдні з Широколужанським масивом Тячівського району Карпатського біосферного заповідника та Драгівським лісництвом Хустського держлісгоспу Хустського району.

Загальна площа Парку 42704 га, а площа земельних лісових ділянок, перебуваючих у постійному користуванні громадян, становить 34614,7 га, з яких у Міжгірському адміністративному районі – 32310,7 га, а в Хустському – 2304 га.

Основні завдання роботи Парку: збереження цінних природних та історико-культурних комплексів і об'єктів, та відтворення цінних природних та історико-культурних комплексів і об'єктів; створення умов для організованого туризму, відпочинку та інших видів рекреаційної діяльності в природних умовах з обов'язковим додержанням режиму охорони цих заповідних природних комплексів; також організація та здійснення наукових та дослідницьких робіт, у тому числі з вивчення саме природних комплексів та їх змін в умовах незворотного рекреаційного використання, слідкує за розробленням та впровадженням наукових рекомендацій з питань охорони навколишнього середовища, відтворення окремих видів флори фауни, відновлення порушених людиною екосистем, управління та

також ефективне використання природних ресурсів, організація проведення моніторингу ландшафтного біорізноманіття; відродження місцевих традицій природокористування, осередків місцевих художніх а інших видів народної творчості; освітньо-виховної роботи.

# КАРТА-СХЕМА

поділу  
Національного природного парку  
"СИНЕВИР"  
на природоохоронні  
науково-дослідні відділення

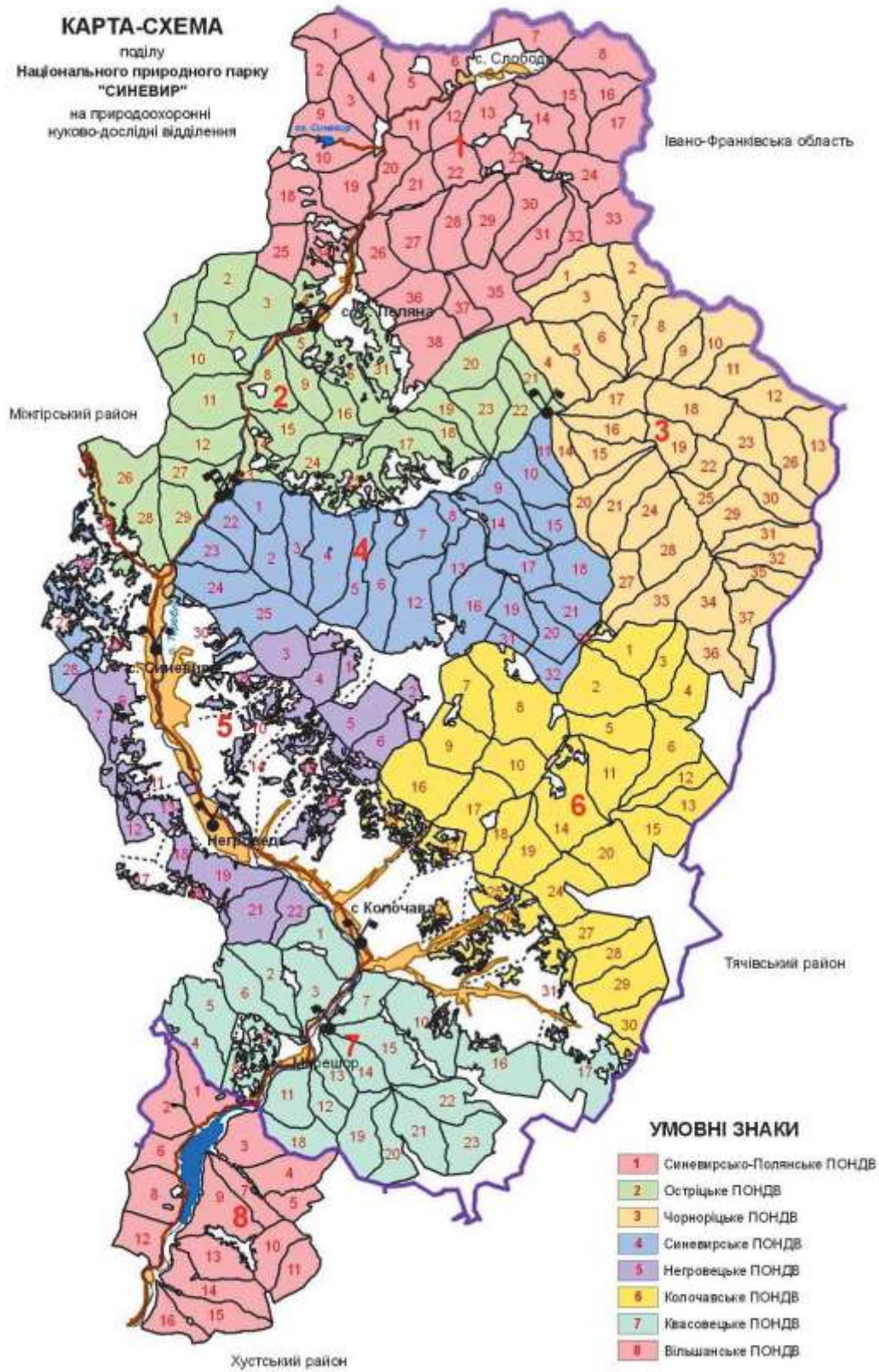


Рис. 2.1. Карта-схема поділу Національного Природничого парку «Синевир» на природоохоронні науково-дослідні відділення.

Територія Національного природного парку «Синевир» входить до складу території об'єкта ПЗФ України, розподілена на 8 природоохоронних науково-дослідних відділень ПОНДВ (рис. 1.).

У структуру НПП «Синевир» входять 11 підрозділів, у т.ч. 8 природоохоронних науково-дослідних відділень, а саме: Синевирсько-Полянське ПОНДВ, Остріцьке ПОНДВ, Чорноріцьке ПОНДВ, Синевирське ПОНДВ, Негровецьке ПОНДВ, Колочавське ПОНДВ, Квасовецьке ПОНДВ, Вільшанське ПОНДВ; 1 Реабілітаційний центр бурих ведмедів; 1 Реабілітаційний центр хижих птахів; 1 виробничий відділ; 1 ремонтно-транспортна дільниця.

*Географічні координати крайніх точок території НПП «Синевир»:*

північна точка – 48°39' північної широти, 23°40' східної довготи.

південна точка – 48°33' північної широти, 23°5' східної довготи;

західна точка – 48°20' північної широти, 23°38' східної довготи;

східна точка – 48°31' північної широти, 23°37' східної довготи.

Територія НПП «Синевир» повністю лежить у гірському кліматичному районі Закарпатської області.

Клімат Закарпатської області помірно континентальний. Формується він під впливом сонячної радіації (особливо значної у низинній частині області), переважання південно-західного та західного переносу повітряних мас і гірської дуги Карпат, яка захищає область від проникнення арктичних повітряних мас.

Кількість сонячної радіації залежить від пори року, хмарності, рельєфу території. На рівнині повітря і ґрунт прогріваються більше, ніж у гірській місцевості. У червні-липні кут падіння сонячних променів досягає 60-65°, а в грудні-січні падає до 20-17°. З підняттям в гори континентальність клімату підвищується.

Середня температура липня на низині близька до +20° С, на високогір'ї +9... +13° С.

Середня температура січня на низині близько  $-3^{\circ}\text{C}$ , на високогір'ї  $-9^{\circ}\text{C}$ .

Абсолютний максимум був зафіксований у Берегові  $+41^{\circ}\text{C}$ , а абсолютний мінімум  $-36^{\circ}\text{C}$  у с. Нижній Студений.

Найбільше опадів (до 1500 мм) випадає в північно-східній та східній частинах області, а найменше в південно-західній частині (до 500 мм). Найбільше опадів випадає в червні-липні. На той же період припадає найбільша частина злив і гроз.

За кліматичними показниками на території області виділяють три кліматичні райони: низовинний, передгірський і гірський.

Низовинний район займає Закарпатську (Притисянську) низовину і є найтеплішим в області. Сума активних температур досягає до  $3600^{\circ}\text{C}$ , безморозний період до 190 днів. Зима м'яка, коротка і нестабільна. Зимою переважає хмарна погода з туманами. Сильні морози бувають рідко. Сніговий покрив нестійкий. Часто спостерігаються відлиги. Бувають зими, коли стійкий сніговий покрив не утворюється зовсім. Весна на рівнині починається рано: в кінці лютого – на початку березня. Весною спостерігаються значні коливання температури повітря. У квітні-травні температура часто піднімається до  $+25\dots +32^{\circ}\text{C}$ , але майже щорічно в кінці квітня і навіть на початку травня бувають приморозки. Літо на низовині спекотне.

Передгірський район займає передгір'я області, Солотвинську та Іршавську улоговини і Вулканічний хребет. Характеризується м'яким теплим кліматом. Сума активних температур досягає до  $3000^{\circ}\text{C}$ . Безморозний період триває до 175 днів.

Гірський район займає більшу частину області. В горах зима сувора і тривала. Тривалість безморозного періоду всього 60-120 днів. Сума активних температур становить всього  $600-1500^{\circ}\text{C}$ , сніговий покрив сягає 1 м і вище. Бувають роки, коли на північних схилах та улоговинах вершин гір сніг лежить ще навіть в першій половині липня. Середня температура повітря в січні становить  $-8\dots -10^{\circ}\text{C}$ . В горах спостерігається явище температурної інверсії, тобто коли в долинах буває холодніше, ніж на схилах і вершинах гір.

Таке явище викликане тим, що важке холодне повітря опускається в долини і там застоюється. Весна тут холодніша, ніж у передгір'ї чи на низовині. Літо прохолодне, середня температура липня становить +9... +15° С.

В таблиці 2.1 середні кліматичні показники НПП «Синевир»

Таблиця 2.1

Середні кліматичні показники НПП «Синевир»

Кліматичні характеристики	Показники
Середня температура січня, °С	-4,0
Середня температура липня, °С	+18,4
Абсолютний мінімум, °С	-26,0
Абсолютний максимум, °С	+34,0
Тривалість безморозного періоду (нижня частина парку), дні	170-180
Тривалість вегетативного періоду (нижня частина парку), дні	190-200
Річна кількість опадів, мм	1200-1400
Кількість днів з сніжним покривом	93
Висота сніжного покриву, см	125
Швидкість вітру, м/сек	1,5-6,6
Тривалість сонячного освітлення, год	1630
Відносна вологість повітря, %	50

Територія НПП «Синевир» займає верхню частину басейну головної водної артерії – ріки Терєбля (54% від загальної площі всього басейну), яка бере початок на західному схилі гори Болотняк (висота над рівнем моря 1081 м), впадає в р. Тиса біля села Буштина і належить до Центрально-Карпатської області високої водності, характеризується щільною гідрологічною мережею і

характерним порогово-водоспадним типом русел. Також на території національного парку розташоване найбільше в Українських Карпатах озеро Синевир, його площа 4,2 га, найбільша глибина коливається в межах від 19 до 23,5 м. Водозбірний басейн озера розташований у середньогірській частині Карпат, переважно на абсолютних позначках менше 1200 м у межиріччі Терєблї і Рїки. Площа водозбірного басейну озера Синевир становить близько 2,3 млн. м<sup>2</sup>.

## **2.2. Будинки та споруди, інфраструктура національного парку**

### **1. Візит-центр.**

До структури візит-центру належать: конференц-зал, виставковий зал, експозиція традиційної дерев'яної архітектури. Біля візит-центру розміщена стоянка для автотранспорту, альтанка, інформаційні стенди, кафе, що є важливою інфраструктурою для відвідувачів закладу.

Щороку парк відвідує близько 200 тис. туристів, тож зацікавленим особам візит-центр надає інформаційні відомості про визначні місця регіону, музеї, історико-культурну спадщину, туристичні й екологічні стежки, об'єкти туристичної інфраструктури тощо. Знайомлять гостей з правилами поведінки на території природно-заповідних територій. Також, окрім ознайомчої, візит-центр виконує ще просвітницьку та навчальну функції. Враховуючи специфіку природно-заповідних установ, це провідне завдання центру. Тут регулярно проводяться різноманітні еколого-просвітницькі заходи з учнівською і студентською молоддю, а саме: семінари з екологічної етики, лекції, бесіди, екологічні уроки, конференції, виставки, конкурси, акції тощо.



Рис. 2.2. Візит-центр «Синевир»

Музей лісу і сплаву на Чорній ріці, зруйнований паводками 1998-го та 2001-го років, тепер перебуває на реставрації.

## 2. Реабілітаційний центр бурого ведмедя

Реабілітаційний центр бурих ведмедів розташовано на лісовій ділянці Остріцького природоохоронного науково-дослідного відділення площею 12 га. У верхній його частині споруджено адмінбудинок, шість карантинних кліток та дві секції для утримання груп і одиночних тварин різного віку, в яких облаштовано ігрові майданчики, басейни і барлоги (рис.2.3 ).



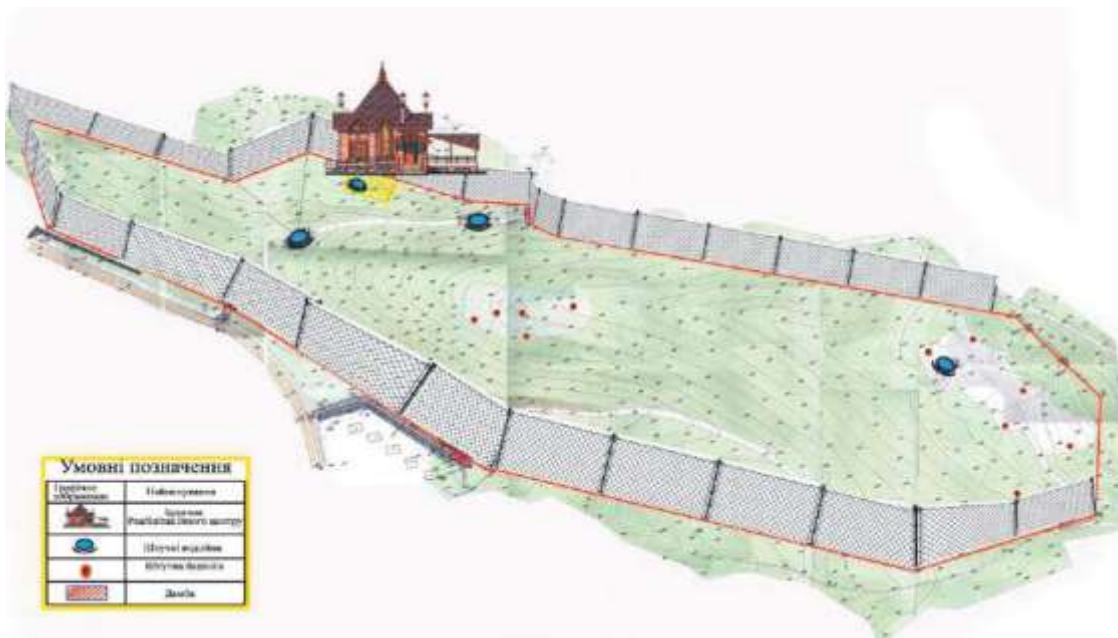


Рис.2.3. Схема РЦБВ на території НПП «Синевир».

Реалізація в НПП «Синевир» проекту щодо бурого ведмедя – важлива справа, яка не лише взяла під захист тварин, що зазнали жорстокого ставлення, а й сприятиме поглибленню досліджень найбільшого хижака України, а також слугуватиме для розвитку природоохоронної, наукової, еколого-освітньої та рекреаційної роботи, що відповідає меті та завданням, які покладені на НПП «Синевир».

Центр реабілітації ведмедів в НПП «Синевир», окрім основної функції – утримання ведмедів та їх реабілітації, виконує й інші, не менш важливі, завдання, зокрема здійснює екопросвітницьку діяльність. Територію центру дозволено відвідувати, тож важливо розуміти загальні принципи спілкування з відвідувачами.

За безпеку процесу відвідування, проведення екскурсій, поведження людей безпосередньо відповідають служба охорони та екскурсійна служба. Керівництво регулює величину потоку відвідувачів, виходячи з принципів убезпечення ведмедів від факторів стресу та дотримання правил загальної безпеки.

3. Житло від НПП «Синевир» (мотель «Остріки», рекреаційне містечко «Рабачинка», мотель «Синевирська поляна»).

Важливим завданням природного парку є створення мережі стаціонарних рекреаційних пунктів в урочищах Рабачинка, Бункер, Остріки, Син.-Поляна.

На сьогоднішній день НПП «Синевир» має можливість розмістити в номерах мотелів «Остріки» – 12 відпочивальників, в рекреаційному містечку «Рабачинка» (будиночки сімейного типу) – 30 чоловік, а в мотелі «Синевирська Поляна» – 4 відпочивальників.



Рис. 2.4. Житло від НПП «Синевир»

### **2.3. Система електропостачання об'єктів інфраструктури**

#### **1. Візит-центр.**

Електроенергія до візит-центру надходить від ПС 10/0,4кВ, потужність трансформатора складає 100кВА. До розподільчої шафи об'єкту прокладено 0,4кВ СПП (самонесучий ізольований провід) по залізобетонним опорам. Від розподільчої

шафи до споживачів електроенергія розподіляється кабельними та повітряними лініями 0,4кВ. По приміщеннях об'єкту проводка виконана в пластикових кабель каналах, гофрі та прихованим методом.

Витрата електроенергії протягом року наведена в Таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Витрата електроенергії на об'єкті помісячно.

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Рік
Витрата е/е, кВт*год	5395	6539	8469	8194	5545	2747	2280	2177	5380	5200	7593	1833	61352

Інформація по електроприймачам об'єкту наведена в таблиці 2.3

Таблиця 2.3

Інформація по електроприймачам візит-центру

Місце розміщення електроприймача	Електроприймач	Кількість, шт.	Потужність ЕП, Вт	Загальна потужність, Вт
Територія, стоянка автотранспорту	Вуличне освітлення (LED)	2	30	60
	Прожектор (LED)	2	30	60
	Система відеонагляду	1	500	500
				620
Адміністративна будівля:	Світильники (LED)	6	30	180

	Світильники люмінесцентні	10	300	3000
	Офісна техніка (комп'ютер, принтер, проектор та інше)	1	800	800
				3980
Кафе	Світильники (LED)	8	30	240
	Світильники люмінесцентні	10	300	3000
	Конвертор електричний	2	2000	4000
	Бойлер 80л	1	1500	1500
	Чайник	1	2000	2000
	МХ піч	1	800	800
	Витяжка	1	200	200
	Холодильник	1	200	200
				11940
Разом візит-центр				16540

## 2. Реабілітаційний центр бурого ведмедя

Електроенергія до РЦБВ надходить по 0,4кВ СІП (самонесучий ізольований провід) по залізобетонним опорам. Від розподільчої шафи до споживачів електроенергія розподіляється кабельними та повітряними лініями 0,4кВ. По приміщеннях об'єкту проводка виконана в пластикових кабель каналах, гофрі та прихованим методом.

Витрата електроенергії протягом року наведена в Таблиці 2.4

Таблиця 2.4

Витрата електроенергії на об'єкті помісячно.

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Рік
Витрата е/є, кВт*год	1384	1302	1287	1198	1267	1201	1126	1184	1201	1245	1346	1280	15021

Інформація по електроприймачам об'єкту наведена в таблиці 2.5

Таблиця 2.5

Інформація по електроприймачам РЦБВ

Місце розміщення електроприймача	Електроприймач	Кількість, шт.	Потужність, Вт	Загальна потужність, Вт
Територія, електроогорожа, стоянка автотранспорту, приміщення охорони	Вуличне освітлення (LED)	12	30	360
	Прожектор (LED)	12	30	360
	Офісна техніка	1	800	800
	Конвектор	1	2000	2000
	Система відеонагляду	1	500	500
	Електроогорожа		0,5	
				4020
Адміністративний будинок	Світильники (LED)	8	30	240
	Світильники люмінесцентні	10	300	3000
	Бойлер 80л	1	1500	1500
	Чайник	1	1800	1800
	Холодильник	1	200	200
	Морозильна камера	1	200	200
	Офісна техніка	2	800	1600
				8540
Всього РЦБВ				12560

3. Житло від НПП «Синевир» (мотель «Остріки», рекреаційне містечко «Рабачинка», мотель «Синевирська поляна»).

Електроенергія до житла від НПП «Синевир» надходить по 0,4кВ СП (самонесучий ізольований провід) по залізобетонним опорам. Від розподільчої шафи до споживачів електроенергія розподіляється кабельними та повітряними лініями 0,23кВ. По приміщеннях об'єкту проводка виконана в пластикових кабель каналах, гофрі та прихованим методом.

Витрата електроенергії протягом року наведена в Таблиці 2.6

Таблиця 2.6

Витрата електроенергії на об'єкті помісячно.

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопа	Грудень	Рік
Витрата е/е,	3030	2190	2040	1590	1980	1500	2280	3360	1680	2640	3150	450	25890

Інформація по електроприймачам об'єкту наведена в таблиці 2.7

Таблиця 2.7

Інформація по електроприймачам житла від НПП «Синевир»

Місце розміщення електроприймача	Електроприймач	Кількість, шт.	Потужність, Вт	Загальна потужність, Вт
Мотель «Остріки»	Освітлення (LED)	4	30	120
	Освітлення люмінесцентне	7	300	2100
	Бойлер 50л	1	1200	1200
	Конвектор	5	1800	9000
	Чайник	1	1800	1800
	Холодильник	1	200	200
				14420
	Освітлення (LED)	30	30	900

рекреаційне містечко «Рабачинка»	Чайник	10	1800	18000
	Бойлер 50л	10	1200	12000
				30900
мотель «Синевирська поляна»	Освітлення (LED)	4	30	120
	Конвектор	2	1800	3600
	Чайник	1	1800	1800
	Бойлер 50л	1	1200	1200
				6720
Всього житво від НПП «Синевир»				52040

#### 2.4. Аналіз енергетичних потреб об'єктів

Після проведеного аналізу з розподілу потреб електроенергії по всіх об'єктах можна зробити висновок щодо розподілу навантаження по групам у вигляді таблиць та діаграм.

Основну частину електричних приладів перерахованих об'єктів можна розділити на наступні групи:

- Освітлення;
- Електричні обігрівачі;
- Побутові прилади (бойлери, холодильники, чайники, ТВ);
- Водопостачання/водовідведення (насоси)
- Охоронна система (електроогорожа).

Таблиця 2.8

Розподіл навантаження об'єкту 1 по основним групам

Тип електроприймачів	Загальна потужність, кВт	Частка від загальної потужності, %
Освітлення	6540	39,54
Обігрів	4000	24,18

Побутові прилади	5500	33,25
Охоронна система	500	3,02
Всього	16540	100%

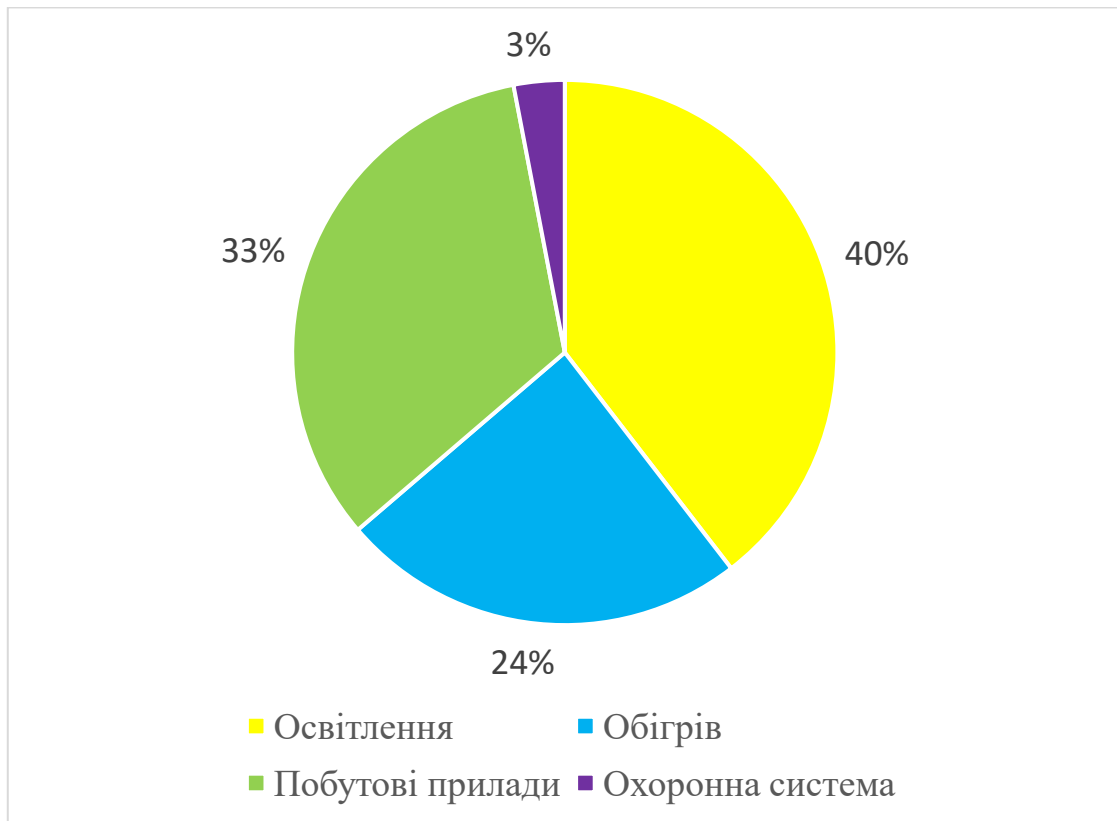


Рис. 2.5. Розподіл навантаження об'єкту 1 по основним групам

Таблиця 2.9

Розподіл навантаження об'єкту 2 по основним групам

Тип електроприймачів	Загальна потужність, кВт	Частка від загальної потужності, %
Освітлення	3960	16,12
Обігрів	14000	57,00



Побутові прилади	6100	24,84
Охоронна система	500	2,04
Всього	24560	100%

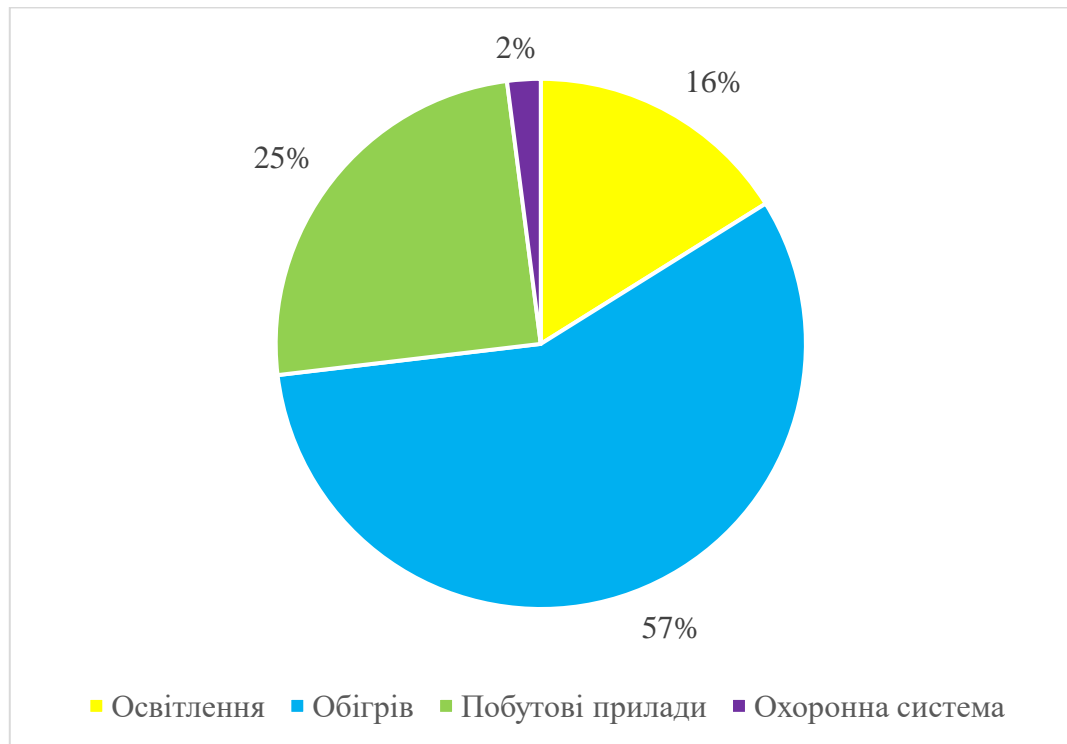


Рис. 2.6. Розподіл навантаження об'єкту 2 по основним групам

Таблиця 2.10

Розподіл навантаження об'єкту 3 по основним групам

Тип електроприймачів	Загальна потужність, кВт	Частка від загальної потужності, %
Освітлення	3240	6,23
Обігрів	12600	24,21
Побутові прилади	36200	69,56
Охоронна система	0	0,00
Всього	52040	100%



Рис. 2.7. Розподіл навантаження об'єкту 3 по основним групам

На основі розглянутого можливо зробити ряд висновків, а саме: Основними проблемами з енергетичної точки зору об'єктів національного парку є значне споживання електроенергії на затрати на неї.

Візит-центр та житло від НПП «Синевир» з подальшого розгляду виключаємо. Використання альтернативних джерел енергії на об'єкті Візит-центр недоцільно. Він розміщений безпосередньо в с. Синевир на трасі Т-07-24 та може за потреби отримати необхідне обслуговування при аварії електромережі. Житло від НПП «Синевир» розраховувати в один об'єкт недоцільно, оскільки його складові знаходяться на значній віддалі один від одного.

Для реабілітаційного центру бурого ведмеда основна встановлена потужність розподіляється між побутовими приладами та системою обігріву.

Задачі даної роботи:

- обґрунтування перспективного використання АДЖ для електропостачання віддаленої екологічно чистої ділянки, та частини розглянутих об'єктів;
- підготовка пропозиції по впровадженню та розрахунок АДЖ;
- обґрунтування економічної доцільності застосування АДЖ.

*Вибір величини напруги постійного струму системи*

Вибір величини напруги потрібен для вибору приладів системи з боку їх узгодження за напругою, контролера заряду, інвертора та визначення схеми під'єднання сонячних батарей. При умові не дуже потужної системи електропостачання доцільно обрати 24В систему. Це дозволить користуватися сонячною енергією протягом року, а також надлишок віддавати в мережу.

Для визначення необхідної кількості електроенергії на добу необхідно визначити величину добового споживання.

Наближений розрахунок наведено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

Споживання електроенергії приладами об'єкту РЦБВ на добу (літній період)

Місце розміщення електроприймача	Електроприймач	Кількість, шт.	Потужність, Вт	Загальна потужність, Вт	Час роботи на добу (год)	Енергоспоживання на добу, Вт/год
Територія, електроогорожа, стоянка автотранспорту, приміщення охорони	Вуличне освітлення (LED)	12	30	360	2	720
	Прожектор (LED)	12	30	360	2	720
	Офісна техніка	1	800	800	4	3200

	Система відеонагляду	1	500	500	24	12000
	Електроогорожа		0,5			
Адміністративний будинок	Світильники (LED)	8	30	240	2	480
	Світильники люмінесцентні	10	300	3000	2	6000
	Бойлер 80л	1	1500	1500	4	6000
	Чайник	1	1800	1800	0,5	900
	Холодильник	1	200	200	10	2000
	Морозильна камера	1	200	200	10	2000
	Офісна техніка	2	800	1600	4	6400
Всього РЦБВ						40420

Отже, споживання електроенергії на добу склало 40420 Вт/год. Тоді щоб отримати необхідна кількість енергії на добу потрібно значення добового споживання 40420 Вт/год поділити на 24В. Отримаємо числове вираження необхідної енергії 1680 А/год. Враховуючи запас енергії для інвертора (коефіцієнт 1,25), отримаємо 2100 А/год.

## РОЗДІЛ 3.

### РОЗРАХУНОК ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

#### 3.1. Розрахунок електричних навантажень

Електричне навантаження об'єктів це в основному однофазне навантаження. Потужність кожного електроприладу незначна (близько 2 кВт), тому в електричній мережі при правильному групуванні приладів можливо досягнути рівномірного навантаження по фазам (з асиметрією 5-10%).

Характер навантаження рівномірний, без поштовхів. Значення навантаження змінюється в залежності від часу доби, пори року та різних причин обумовлених особливістю роботи об'єкту. Частота струму 50Гц. Напруга мережі 380В та 220В. Об'єкти відносяться до III категорії по надійності електропостачання.

Електроприймачі за режимом роботи мають три основні режими: тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний. Більшість електроприймачів працюють в тривалому чи короткочасному режимах. Для гарантування заходів безпеки всі електроприлади працюють з заземленням.

Перелік обладнання для кожного об'єкту наданий в таблицях другого розділу. Для розрахунку приймаємо загальну активну потужність для одного типу електроприймача.

Потужність ( $P_{уст}$ ) вказана для одного електроприймача. Параметри  $\cos \varphi$ ,  $K_B$  прийняті у відповідності з таблицями.

Розрахунок електричного навантаження проводиться для кожного приміщення та для кожного типу електроприймача окремо. За вихідними даними визначається номінальна активна потужність приймача електроенергії.

Для установок працюючих в тривалому режимі (ПВ=100%) для всіх електроприймачів []:

$$P_{уст i} = P_{ном i} \cdot n_{еп i}, \text{ кВт}, \quad (3.1)$$

де  $n_{епі}$  – кількість електроприймачів одного типу (для кожної будівлі об'єкту), шт;

$P_{номі}$  – потужність електроприймача з таблиць... (для кожної будівлі об'єкту), кВт.

Розрахункова потужність електроприймача визначається за формулою:

$$P_{pi} = P_{усті} \cdot K_{ві} \cdot K_{пі}, \text{ кВт}, \quad (3.2)$$

де  $K_{ві}$  – коефіцієнт використання електроприймача (групи електроприймачів);

$K_{пі}$  – коефіцієнт попиту групи електроприймачів (електроприймача).

Обидва коефіцієнта визначаються згідно таблиць [] для кожного електроприймача (групи електроприймачів).

Реактивна потужність визначається за формулою:

$$Q_{pi} = P_{pi} \cdot \text{tg}(\arccos(\varphi_i)); \quad (3.3)$$

Повна потужність визначається за формулою:

$$S_{pi} = \sqrt{P_{pi}^2 + Q_{pi}^2}, \text{ кВА}. \quad (3.4)$$

Розрахунковий струм електроприймача визначається за формулою:

$$I_{pi} = \frac{S_{pi} \cdot 10^3}{U_{ном}}, \text{ А}, \quad (3.5)$$

де  $U_{ном}$  – напруга електроприймача (групи електроприймачів) дорівнює 220В при однофазному навантаженні.

Приклад. Розрахунок номінальної потужності, активної на реактивної потужностей електроприймача об'єкту «Реабілітаційного центру бурого ведмедя» (Світильник з енергозберігаючою лампою E27).

За формулами 3.1-3.5 визначаємо:

$$P_{уст1} = P_{ном1} \cdot n_{еп1} = 20 \cdot 5 = 0,1 \text{ кВт};$$

$$P_{p1} = P_{уст1} \cdot K_{в1} \cdot K_{п1} = 0,1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,064 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = 0,064 \cdot \text{tg}(\arccos(0,95)) = 0,021 \text{ квар};$$

$$S_{p1} = \sqrt{0,064^2 + 0,021^2} = 0,067 \text{ кВА};$$

$$I_{p1} = \frac{S_{p1} \cdot 10^3}{U_{ном}} = \frac{0,067 \cdot 10^3}{220} = 0,306 \text{ А.}$$

## 3.2. Розрахунок сонячної електростанції (СЕС)

### 3.2.1. Розрахунок режиму робіт СЕС

Оскільки сонячна електростанція отримує енергію від сонця то відповідно перед вибором кількості та виду сонячних батарей необхідно розрахувати режим роботи фотоелектричних модулів (ФЕМ): цілий рік чи сезонно.

Використовуємо значення сонячної інсоляції (радіації) [стаття+?].

В таблиці 3.1. вказано інтенсивність сонячного випромінювання протягом року для місяця де заплановано встановлення СЕС (Закарпатська обл.).

Таблиця 3.1.

Інтенсивність сонячного випромінювання (Закарпатська обл.),

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Сер.пок.
$E_{ін},$ кВт·год/м <sup>2</sup> /день	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

З таблиці можна зробити висновок, що оптимальне використання СЕС буде починатися в березні та закінчуватися у вересні, а мінімальні значення виробленої енергії СЕС припадають на період з жовтня по лютий.

Середня тривалість сонячного сяння з березня по вересень включно наближено дорівнює 1630 годин та залежить від рельєфу місцевості.

Розрахуємо помісячно та сумарно протягом року значення інтенсивності сонячного випромінювання за формулою:

$$E = E_{ін} \cdot n_{дм}, \text{ кВт·год/м}^2 \quad (3.6)$$

де  $n_{дм}$  - кількість днів місяця.

Результати розрахунку наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Значення інтенсивності сонячного випромінювання за місяць та рік

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Всього за рік, $E_{\text{рік}}$
$E_{\text{ін}}$ , кВт·год/м <sup>2</sup> /день	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88	
n дм, дні	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
$E_{\text{міс}}$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	35,03	53,48	93,31	120,9	155,31	159,3	162,75	149,42	99,9	62,62	35,7	27,28	1155

Критерій для визначення раціонального режиму роботи ФЕМ знаходимо за формулою:

$$k_{\text{рад}} = E_{\text{рік}} / E_{\text{міс}}, \quad (3.7)$$

де дані для формули обираємо з останньої таблиці.

Коефіцієнт  $k_{\text{рад}}$  характеризує відношення інтенсивності сонячного випромінювання при найменшому сонячному місяці до цього ж показника за весь рік. Якщо відношення буде більше 50, то режим роботи для ФЕМ необхідно обирати сезонний, а якщо менше 50 – протягом року.

$$k_{\text{рад}} = 1155/27.28 = 42.34.$$

Оскільки  $k_{\text{рад}}$  отримали менше 50, то можливе використання ФЕМ протягом всього року.

За наявності резервного джерела живлення розрахунок проводимо за середньорічним значенням пікових сонце-годин. Такий підхід дозволить зменшити витрати на ФЕС. Також надлишок енергії може передаватися в загальну мережу за «зеленим тарифом».



### 3.2.2. Вибір типу, кількості та розташування ФЕМ СЕС

Існує три типи фотоелектричних панелей (модулів):

- монокристалічні панелі;
- полікристалічні панелі;
- тонкоплівкові (з аморфного кремнію).

Монокристалічні панелі передбачають використання однорідного по структурі кристалічного кремнію. Посередині панелі розміщуються сонячні елементи, які з обох боків закриті плівкою-герметиком.

Полікристалічні панелі передбачають використання кремнію середнього очищення. Панелі цього типу мають зернистий візерунок та неоднорідний колір, що пояснюється прямокутною конфігурацією заготовок, поєднанням неоднакових кремнієвих елементів та вмістом домішок.

Тонкоплівкові конструкції містять ФЕМ Дабл. При їх виготовленні використовується аморфний кремній a-Si разом з плавкою та кремній підвищеної прозорості  $\mu\text{-Si}$ . Особливість цієї технології в участі аморфного кремнію у перетворенні енергії, одержуваної з видимої частини спектру, а мікроплівка працює з інфрачервоним випромінюванням. Через меншу витрату кремнію сонячні батареї такого типу є найдешевшими.

Структура кристалів впливає на загальну ефективність перетворення енергії.

В даній роботі обираємо монокристалічні ФЕМ, тому що даний тип панелей має високий рівень продуктивності, навіть при умовах недостатньої освітленості (ранкові/вечірні години, хмарність), компактність та тривалий період експлуатації.

Для визначення кількості модулів починаємо розрахунок з визначення пікових сонце/годин на день для обраної місцевості (i). Потрібно середньомісячне надходження сонячного випромінювання в кВт·час/місяць на площадку, кут нахилу якої такий як i в сонячній батареї, розділити на кількість днів місяця. Пікові години з інтенсивністю випромінювання  $1000\text{Вт}/\text{м}^2$ . Тобто, при експлуатації системи в

літні місяці можна рахувати за найменшим з них значенням. У випадку енергопостачання виключно за рахунок сонячних батарей розрахунок потрібно проводити по найбільш холодному місяцю. Але недоліком такого випадку є велика кількість необхідних модулів та значні затрати. Оскільки для досліджуваного об'єкту СЕС є резервним джерелом живлення, то розраховувати будемо за середньорічним значенням пікових сонце/годин. ФЕМ встановлюються під кутом  $45^\circ$  до горизонту, тоді середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на похилу поверхню, перераховується як добуток середньомісячної денної кількості сонячної радіації на похилу поверхню та середньомісячну денну сумарну кількість сонячної енергії на горизонтальну поверхню.

$$E_n = R \cdot E, \quad (3.8)$$

де  $E_n$  – середньомісячна сумарна кількість сонячної енергії,  $R$  – середньомісячна денна кількість сонячної радіації,  $E$  – середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії.

Коефіцієнт перерахунку з горизонтальної на похилу поверхню з південною орієнтацією дорівнює сумі трьох складових, відповідно прямого, розсіяного і відбитому сонячному випромінюванню.

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) \cdot R_n + \frac{R_p}{E} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2}, \quad (3.9)$$

де  $E_p$  – середньомісячна денна кількість розсіяного сонячного випромінювання на похилу поверхню,  $\frac{E_p}{E}$  – середньомісячна доля розсіяного випромінювання,  $R_n$  – середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальної поверхні на похилу,  $\beta$  – кут нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту ( $45^\circ$ ),  $\rho$  – коефіцієнт відбиття (альbedo) поверхні Землі і навколишніх тіл (0,7 - зими та 0,2 – літо).

Середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальної поверхні на похилу:

$$R_{II} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_{zn} + \frac{\pi}{180} \omega_{zn} \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3 + \frac{\pi}{180} \omega_3 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta}, \quad (3.10)[1]$$

де  $\varphi$  – широта місцевості, град,  $\beta$  - кут нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту,  $\delta$  – нахил Сонця (кут між лінією, з'єднуючою центр Землі і Сонця, і її проекція на площину екватора) в середній день місяця.

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right), \quad (3.11)$$

де  $n$  – порядковий номер дня, відрахований від 1 січня ( номер середнього розрахункового дня для кожного місяця року).

Значення  $\delta$  беремо з таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Кут нахилу Сонця

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$n$	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
$\delta$ , град	-20,9	-13	-2,4	9,4	18,8	23,1	21,2	13,5	2,2	-9,6	-18,9	-23

$\omega_3$  – годинний кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні.

$$\omega_3 = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta). \quad (3.12)[8]$$

$\omega_{zn}$  - годинний кут заходу (сходу) Сонця для похилої поверхні з південною орієнтацією.

$$\omega_{zn} = \arccos[-\operatorname{tg}(\varphi - \beta) \cdot \operatorname{tg} \delta)]. \quad (3.13)[8]$$

Розрахунки за приведеними вище формулами зведені в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4

Розрахунок пікових сонце-годин

Місяць	$\varphi$	$\beta$	$\delta$	$\omega_z$	$\omega_{zn}$	$R_n$	Пряме випромінювання $E_s$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	Розсіяване випромінювання $E_p$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	Сумарне випромінювання $E$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	$\rho$	R	i
Січень	50,917	45	-20,9	62.35	87.802	4,141	13,33	21,7	35,03	0,7	2,478	2,8
Лютий	50,917	45	-13	74.488	88.752	2,562	24,36	29,680	54,04	0,7	1,955	3,8
Березень	50,917	45	-2,4	87.830	89.859	1,677	44,64	49,91	94,55	0,7	1,561	4,8
Квітень	50,917	45	9,4	102.196	91.061	1,166	55,8	63,6	119,4	0,7	1,32	5,3
Травень	50,917	45	18,8	114.8	92.066	0,903	84,94	78,43	163,37	0,2	1,133	6
Червень	50,917	45	23,1	121.518	92.566	0,805	77,1	82,5	159,6	0,2	1,104	5,9
Липень	50,917	45	21,2	118.541	92.348	0,845	85,56	81,22	166,78	0,2	1,107	6
Серпень	50,917	45	13,5	107.495	91.493	1,04	75,02	69,75	144,77	0,2	1,205	5,7
Вересень	50,917	45	2,2	93.841	90.365	1,426	46,2	49,5	95,7	0,2	1,404	4,5
Жовтень	50,917	45	-9,6	79.516	89.164	2,16	27,9	33,48	61,38	0,7	1,776	3,5
Листопад	50,917	45	-18,9	66.340	88.105	3,495	12,3	20,7	33	0,7	2,216	2,4
Грудень	50,917	45	-23	58.912	87.550	4,844	9,61	17,05	26,66	0,7	2,677	2,3
Середнє:											4,42	

Примітка: i – число пікових сонце-годин для нашого об'єкту.

Обираємо для нашого об'єкту дослідження сонячної батареї JA Solar Percium JAM60S01-300/PR монокристалічні.

Виготовлена з 60 монокристалічних кремнієвих фотоелементів. У кожній комірці п'ять струмознімальних шин (технологія 5BB). З лицьової сторони пластини, що перетворюють сонячне випромінювання на постійний електричний струм, захищені загартованим склом з низьким вмістом заліза. Зі зворотної сторони фотоелементи покриті шаром перфорованого діелектрика, для локалізації контакту з металевою підкладкою. Така технологія називається PERC (пасивація заднього контакту емітера). Вся конструкція модуля герметична, стійка до снігового навантаження, впливу вітру, вологи, пилу, граду та розміщена в корозієстійкій рамі зі сплаву алюмінію.

**JA SOLAR**  
晶 澳 太 阳 能



Рис. 3.1. Сонячна батарея JA Solar Percium JAM60S01-300/PR

Таблиця 3.5.

Характеристики JA Solar Percium JAM60S01-300/PR

Характеристики	Значення
Бренд	JA Solar
Тип	Монокристалічні
Модель	Percium JAM60S01-300/PR
Країна виробництва	Китай
Потужність по STC/НОСТ, Вт	300/221
ККД, %	18,35
Напруга при макс.потужності, В	32,26
Струм при макс.потужності, А	9,3
Напруга холостого ходу, В	39,85
Струм короткого замикання, А	9,75
Кількість елементів, шт	60
Розмір СБ, мм	1650*991*35
Вага, кг	18,2
Розмір елементів, мм*мм	156,75*156,75

Мін. роб. температура, °С	-40
Макс. роб. температура, °С	+85

Значення струму, який повинні генерувати сонячні батареї:

$$I^{ФЕМ} = \frac{q_{доб} \cdot \zeta}{i} = \frac{2100 \cdot 1,2}{4,42} = 570 \quad (3.14)$$

Де  $\zeta = 1,2$  коефіцієнт для обліку втрат на заряд-розряд акумуляторної батареї.

Число модулів, працюючих паралельно, визначають з рівняння, як відношення струму виробленого батареями до максимального струму одного модуля, округлюючи до більшого цілого значення:

$$N_{пар}^{ФЕМ} = \frac{570}{9,3} = 61 \text{ шт} \quad (3.15)$$

Модулів підключених послідовно не буде бо величина напруги постійного струму (24В) рівна номінальному значення напруги сонячних батареях (24В).

Загальна кількість батарей 61 штука.

Площа сонячних батарей:

$$S^{СБ} = 61 \cdot 1,65 \cdot 0,991 = 100 \text{ м}^2. \quad (3.16)$$

Отже, для енергозабезпечення літнього періоду потрібна 61 сонячна батарея загальною площею 100 квадратних метрів (кут нахилу 45°).

### 3.2.3. Вибір типу та кількості акумуляторних батарей

Акумуляторні батареї дають змогу зберегти надлишки виробленої вдень електроенергії для вечірнього та нічного користування. Вони розглядаються як джерела постійного струму із багаторазовим використанням та мають можливість виконувати оборотні хімічні процеси через проведення багаторазових циклів заряду із пропусканням електричного струму.

Промисловість випускає значну різновидність акумуляторних батарей, що відрізняються за типом електроліту, потужністю, ємністю та габаритами.

Основні типи:

- кислотні;
- лужні;
- гелеві;
- літієві.

Найпоширеніші – свинцево-кислотні акумулятори. Від їх винаходу технологія постійно вдосконалювалась, в наш час їхня ефективність і відносна безпека експлуатації значно кращі за перші зразки.

Розрізняють три різновиди кислотних батарей для збереження енергії:

Кислотні – свинцеві пластини занурено в ємності з сірчаною кислотою. Діапазон робочих температур від  $-10^{\circ}$  до  $+40^{\circ}$  С, але оптимальний в межах  $15 - 25^{\circ}$  С, вже при «нулі» неможливо зарядити. Великий показник саморозряду – 1% на добу. Запас працездатності – від 300 до 800 циклів заряджання/розряджання. Кислота випаровується, потрібно доливати. Випари шкідливі.

AGM – також з використанням рідкої кислоти, але її «сховано» в адсорбуючому матеріалі зі скловолокна. Збільшена до  $-30^{\circ}$  С морозостійкість. Краще витримують вібрацію. Середня кількість робочих циклів від 500 до 4000 (залежно від марки і виробника). Герметичні, але мають клапани для аварійного зниження тиску. Не потребують обслуговування.

Гелеві (GEL або VRLA) – кислота у складі кремнієвого гелю. Герметичні, легші і менші за габаритами від інших різновидів кислотних акумуляторів. З переваг – менші показники саморозряду і більша кількість циклів, рівномірно віддають накопичений заряд. З недоліків – найдорожчі з кислотних батарей, довше заряджаються, чуттєві до коливання напруги в мережі (потребують стабілізаторів і контролю максимального заряду).

В лужних акумуляторах сірчану кислоту замінив розчин або гель гідроксиду калію, а свинцеві пластини – цинк та марганець. Вони краще працюють при низьких температурах, ніж кислотні. Лужні батареї не бояться повного розрядження. Втрата

заряду в режимі зберігання при кімнатній температурі – 10% за рік. Але недоліком є великий внутрішній опір і чуттєвість до збільшення сили струму – гріються і дуже «просідає» напруга. Тому використовуються в низькострумних системах з короткотривалою роботою.

Ємність акумуляторів визначають за величиною заряду, котрий заміряється при процесі віддачі енергії споживачам від мінімально допустимих величин вихідної напруги до повного зарядженого стану. Вони погано переносять різкі зміни температури, а саме, нагрів вище  $+40^{\circ}\text{C}$  та охолодження нижче за  $-25^{\circ}\text{C}$ . Також їх не можна встановлювати близько до відкритого вогню через можливість самозаймання. Акумулятори підзаряджаються робочим струмом сонячної батареї та не зазнають величезних короткочасних навантажень. Краще всього обирати герметизовані акумулятори, оскільки ті які не герметизовані – в процесі роботи виділяють шкідливі для дихання і вибухонебезпечні гази. Також необхідно обрати приміщення, де їх встановлювати, яке має можливість добре провітрюватися. Найкращими є гелеві акумулятори, хоча вони й не дешеві.

При зниженні температури навколишнього середовища ємність акумулятора знижується, знижується енергоємність, яку він може віддати при даній температурі. При цьому при розрахунку необхідних ємностей акумуляторів нам потрібно обчислене значення ємності збільшити для того, щоб створити запас на випадок її зниження.

Для розрахунку необхідної кількості акумуляторних батарей, потрібно знати максимальне число послідовних «днів без сонця»  $N_{\text{bc}}$  (тобто коли сонячної енергії не достатньо для заряду акумуляторних батарей і відповідно для роботи навантаження із-за негоді або хмарності). Оскільки фотоелектро система буде працювати з дублером, тобто при нестачі потужності виробленої фотоелектро системою споживач буде брати енергію від мережі, а при надлишку енергії виробленої фотоелектро системою, буде віддавати в мережу, кількість днів без сонця беремо мінімально можливою.



За таблицею 3.6 вибираємо  $N_{bc}=6$  днів.

Таблиця 3.6

Кількість днів без сонця обумовлене погодними умовами

Широта місцевості	Період		
	Літні місяці	Осінні місяці	Зимові місяці
30	2-4	3-4	4-6
40	2-4	4-6	6-10
50	2-4	6-8	10-15
60	3-5	8-12	15-25
70	3-5	12-14	20-35

Сумарна ємність акумуляторних батарей, враховуючи кількість днів без сонця  $N_{bc}$ .

$$q_N = q_{доб} \cdot N_{bc} = 2100 \cdot 6 = 12600 \text{ А/год.} \quad (3.17)$$

Задаємося величиною глибини розрядження акумуляторних батарей. При цьому враховуємо те, що чим більше значення глибини розряду акумуляторних батарей, тим швидше батареї вийдуть з ладу. Виходячи з цього значення глибини розряду акумуляторних батарей беремо 50%.

Відповідно коефіцієнт використання  $\gamma$  становить 0,5. Заряд акумуляторних батарей з урахуванням глибини розряду акумуляторних батарей.

$$q_\gamma = \frac{q_N}{\gamma} = \frac{12600}{0,5} = 25200 \text{ А/год.} \quad (3.18)$$

За таблицею 3.7 вибираємо коефіцієнт  $\alpha$ , який враховує температуру навколишнього середовища в приміщенні, де будуть встановлені акумуляторні батареї. Даний коефіцієнт враховує зменшення ємності акумуляторних батарей при зниженні температури.

Таблиця 3.7

Температурний коефіцієнт для акумуляторних батарей.

Температура		Коефіцієнт
Цельсія	Фаренгейта	
26,7	80	1,00
21,2	70	1,04
15,6	60	1,11
10,0	50	1,19
4,4	40	1,30
-1,1	30	1,40
-6,7	20	1,59

Значення  $\alpha$  приймаємо 1,11.

Звідси загальна ємність акумуляторних батарей.

$$q_{акб} = q_{\gamma} \cdot \alpha = 25200 \cdot 1,11 = 27972 \text{ А/год.} \quad (3.19)$$

Вибираємо тип акумуляторних батарей та виписуємо для них номінальну ємність  $q_{ном}$  та напругу  $U_{ном}$ .

За нашими розрахунками та знанням, які краще купувати для дрібних господарств, обираємо гелевий акумулятор 250А 12В, GEL, модель – MNG250-12, MNB battery, в якого номінальна напруга 12В і номінальна ємність 250А.

Поділимо загальну потрібну ємність батарей на номінальну ємність акумуляторних батарей і округляємо отримане значення до найближчого цілого. Це кількість батарей, що з'єднані паралельно

$$N_{пар}^{акб} = \frac{q_{акб}}{q_{ном}} = \frac{27972}{250} = 111 \quad (3.20)$$

Поділивши номінальну напругу постійного струму системи на номінальне значення напруги акумуляторних батарей і округливши його до найближчого цілого отримаємо кількість батарей з'єднаних послідовно

$$N_{пос}^{акб} = \frac{U_{інв}}{U_{ном}} = \frac{24}{12} = 2 \quad (3.21)$$

Загальна кількість акумуляторних батарей:

$$N^{акб} = N_{пар}^{акб} \cdot N_{посл}^{акб} = 111 \cdot 2 = 222 \quad (3.22)$$

Отже, всього є потреба в 222 гелевих акумуляторів MNG250-12 (рис.3.2).



Рис. 3.2. Гелевий акумулятор MNG250-12

Основні його переваги:

- Термін служби 12 років;
- Більше 1800 циклів заряду/розряду при 50% розряді АКБ;
- 100% контроль якості АКБ перед відвантаженням;
- Повністю герметичний

Таблиця 3.8

Характеристики акумуляторів MNG250-12

Характеристики	Значення
Модель	MNG250-12
Напруга, В	12
Ємність, Аг	250
Вага (кг)	70,5
Тип	Гелевий
Розміри (мм)	520·269·224

### 3.2.4. Вибір типу сонячного контролера

У сучасні сонячні електростанції для передачі виробленої енергії акумуляторам застосовують різні схеми підключення джерел струму, які

використовують не однакові алгоритми, а створені на основі мікропроцесорних технологій і називаються контролерами.

Електроенергія, що вироблена сонячними батареями, може передаватися накопичувальним акумуляторним батареям:

- на пряму (не використовуючи комутаційні прилади і регулюючі пристрої);
- через контролер.

При виборі першого способу, електричний струм від джерела іде до акумуляторів та збільшує напругу на їх клеммах. Спочатку він дійде до граничного значення акумуляторної батареї. А потім перевищить рекомендований рівень.

Спочатку схема працюватиме нормально. А вже далі почнуть з'являтися дуже небажані процеси: тривале надходження зарядного струму спричинене підвищення напруги понад допустимі значення, виникне перезаряд із різким зростанням температури електроліту, що приведе до його закипання із інтенсивним викиданням парів дистильованої води з елементів. Буває таке, що призводить до повного висихання ємностей. Відповідно, ресурс акумуляторної батареї різко знижується.

Через це завдання обмеження зарядного струму вирішують контролерами або вручну. При другому способі це постійний контроль за приладами величини напруги і комутування перемикачів руками.

Обмеження граничної напруги прилади виставляють за принципами:

1. Вімк/Вимк (On/Off), це коли схема просто комутує акумулятори до зарядного пристрою за величиною напруги на клеммах;
2. Широтно-імпульсних (ШИМ) перетворень;
3. Сканування точок максимальних потужностей.

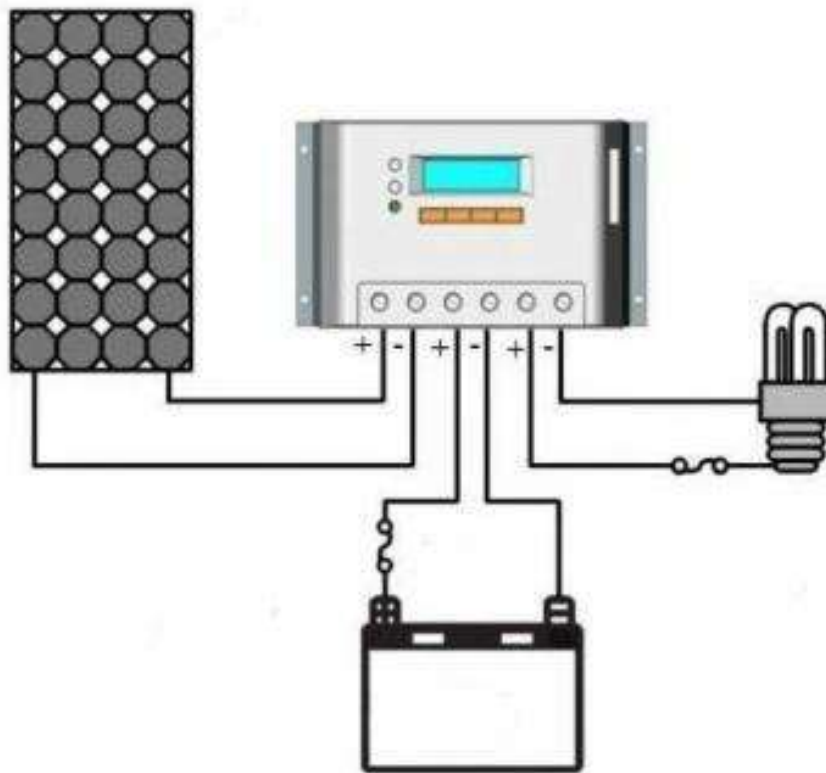


Рис. 3.3. Схема підключення контролера.

#### За принципом №1: Схема Вімк/Вимк

Це найпростіший та самий ненадійний метод. Головним його недоліком те, що при зростанні напруги на клеммах акумуляторної батареї до граничного значення повного заряду ємності не відбувається. У цьому випадку вона доходить приблизно до 90% номінального значення.

У акумуляторів постійно відбувається недобір енергії, який значно знижує термін їх експлуатації.

#### За принципом №2: Схема ШІМ контролерів

Скорочене позначення таких пристроїв англійською мовою: PWM. Вони випускаються на основі конструкцій та мікросхем. Їх головним завданням є управління силовим блоком для урегулювання напруги на його вході у заданому діапазоні за допомогою сигналів зворотного зв'язку.

Також ці контролери додатково:

1. враховують температуру електроліту датчиком вбудованим або виносним (останній точніший);
2. створюють температурні компенсації зарядним напруги;
3. налаштовуються під певний тип акумуляторів з різними показниками графіків напруги в однакових точках.

Збільшення функцій ШІМ контролерів підвищує їх вартість і надійність роботи.

За принципом №3: сканування точки максимальної потужності

Ці пристрої позначають англійськими літерами MPPT. Вони також працюють за способом широтно-імпульсних перетворювачів, але точніші через те, що враховують найбільшу величину потужності, що здатні віддати сонячні батареї. Це значення завжди точно визначається та вноситься до документації.

Із збільшенням глибини розрядів акумуляторів – зростають витрати енергії від джерела. MPPT контролери їх зменшують.

Таким чином MPPT контролери, використовуючи широтно-імпульсні перетворення у всіх циклах заряду акумуляторів, збільшують віддачу сонячної батареї. У залежності від різних факторів економія може скласти 10 - 30%. При цьому струм виходу з акумуляторів буде перевищувати струм входу у них з сонячних батарей.

При виборі контролера потрібно знати не тільки принципи їх роботи, а й розглянути як вони розроблені.

Головними показниками приладів є:

- характер підключається навантаження;
- значення вхідної напруги;
- величина сумарної потужності сонячної енергії.

На контролер може подаватися напруга від однієї чи декількох сонячних батарей, які з'єднані за різними схемами. Для доцільної роботи приладу важливо, щоб сумарна величина подається на нього напруги з урахуванням холостого ходу

джерела не перевищувала граничної величини, зазначеної виробником у технічній документації.

При цьому слід зробити запас (резерв)  $\geq 20\%$ -за ряду факторів:

- окремі параметри сонячної батареї іноді можуть бути трохи завищені для більшого продажу;
- процеси, які відбуваються на Сонці не носять стабільного характеру, а при різких підвищеннях спалахах активності можлива передача енергії створює напругу вище розрахованої межі.

Потужність сонячної батареї важлива для вибору контролера тому, що прилад повинен бути здатний надійно передавати її робочим акумуляторам. В іншому випадку він просто згорить.

Потрібно добре розуміти як працює контролер. Не треба використовувати їх у якості універсального джерела живлення, підключати до нього різні побутові пристрої.

Обираємо контролер MPPT 60A 24V EYEN (рис. 3.4). Цей контролер має переваги вартості, надійності та багатofункціональності.



Рис. 3.4. Контролер MPPT 60A 24V EYEN

Таблиця 3.9

Характеристики контролеру MPPT 60A 24V EYEN

Характеристики	Значення
Номінальна напруга, В	24
Максимальний струм, А	60
Тип контролера	MPPT
Максимальна напруга сон батарей, В	90
Максимальна робоча температура (°C)	40
Вага (кг)	1,4
Параметри (мм)	202·66·140

При підключенні нашого контролера у 24В ми отримаємо максимальну потужність:

$$24 \cdot 60 = 1440\text{Вт.} \quad (3.23)$$

Номінальна потужність наших батарей 300, а їх в нас 61. Отже для отримання потрібної кількості контролерів, нам треба помножити кількість батарей на їх потужність та отримане значення розділити на 1440 та округлити до ближчого цілого

$$\frac{61 \cdot 300}{1440} = 12 \quad (3.24)$$

Отже, усього нам потрібно 12 контролерів MPPT 60А 24В EYEN для нашого об'єкту.

### 3.2.5. Вибір типу інвертора

На даний момент існує три типи інверторів:

- Автономні - не підключені до зовнішньої електромережі;
- Мережеві - працюють водночас із підключеною централізованою мережею.

Вони дають змогу регулювати основні параметри мережі: частоту напруги,



амплітуду і тд. У разі якогось збою живлення він одразу відключається. А також уся вироблена електроенергія генерується в загальну за «зеленим» тарифом.

- Гібридний («акумуляторно-мережевий») - поєднує у собі властивості одних та інших. Такий інвертор продуктивно працює при частих перебоях з електропостачанням.

Слід уникати перетворювача з ККД меншим 92%. Також потрібно пам'ятати, що усі якісні інвертори мають значну вагу, (на 1кВт – 100Вт номінальної потужності). Вибір потужності інвертора розраховується виходячи з сумарної потужності одночасно підключених електроприладів, а також ще плюс не менше 25% запасу потужності. Під час вибору інвертора необхідно пам'ятати, що деякі побутові електроприлади на момент пуску споживають потужність, яка в кілька разів перевищує паспортну.

Нам потрібен мережевий інвертор. Так як в нас у будинку є електроприлади, що мають двигуни, такі як холодильник і т.д., то нам потрібен інвертор, що має на виході синусоїдальну форму. Також ми вже визначилися із обраною напругою, вона і буде напругою інвертора – 24В.

Потрібна потужність на добу в нас 50525Вт, це енергія постійного струму із врахуванням втрат в інверторі (помножили на коефіцієнт 1,25).

Отже, нам потрібен мережевий інвертор із напругою 24В та потужністю 50525Вт.

Обираємо мережевий сонячний інвертор з резервної функцією 50кВт, 220В, (I FOX ESS Hybrid 10-0-E 10.0кВт - 5 шт. В паралель) (рис.3.5).

Основні характеристики інвертора I FOX ESS Hybrid 10-0-E 10.0кВт:

- Чиста синусоїда;
- Номінальна вихідна потужність: 10 кВт;
- Макс. повна потужність: 11 кВА;
- Макс. вихідний струм: 17,6 А (на фазу);
- Макс. потужність PV: 8 та 5 кВт;

- Макс. вхідна напруга PV: 1000 В;
- Діапазон вхідної напруги PV: 160-950 В.
- Напруга старту PV: 160 В.
- Номінальна вхідна напруга PV: 720 В.
- Макс. вхідний струм на MPPT: 26/14 А.
- Макс. струм КЗ MPPT: 32/16 А.
- Кількість MPPT: 2.
- Макс. к-ть входів на MPPT: 1.
- Вага: 28 кг.
- Габарити: 449x519x198 мм.
- Охолодження: природне.



Рис. 3.5. Інвертор I FOX ESS Hybrid 10

## Характеристики інвертора

Характеристики	Значення
Модель	I FOX ESS Hybrid 10
Максимальна потужність сонячних батарей що підключаються, Вт	10000
Номінальна вихідна потужність, Вт	10000
Номінальний вихідний струм, А	26/14
Коефіцієнт потужності	98
Максимальний вихідний струм, А	32/16
Розміри (мм)	449x519x198
Паралельне підключення	Так
Діапазон робочих температур (°C)	Від 0 до 50

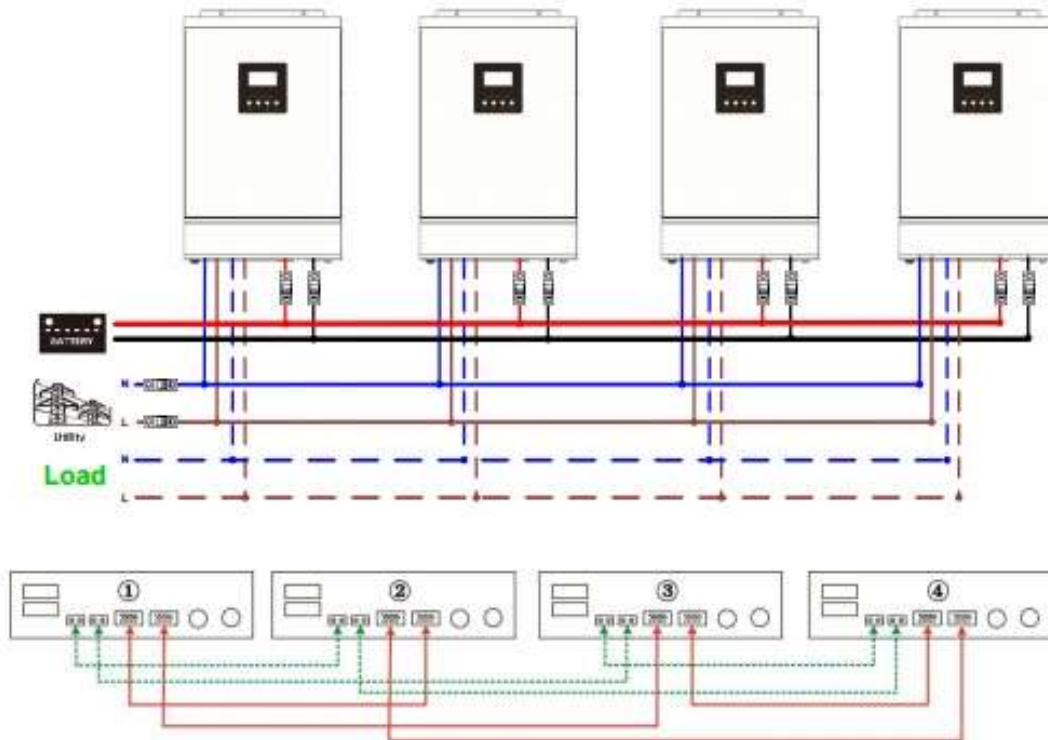


Рис. 3.6. Схема підключення інвертора

### **3.3 Розрахунок вітрової електроустановки (ВЕУ)**

#### **3.3.1. Розрахунок режиму та вимоги до ВЕУ**

Вітрові електроустановки (ВЕУ) - комплекси сучасного обладнання, що складаються з:

- вітрогенератор (потужність від 100 Ват до 10 мВат);
- контролер заряду;
- комплект акумуляторних батарей;
- інвертора напруги.

ВЕУ призначені для перетворення чистої природної енергії вітру в електрику.

Вітрогенератори бувають:

- з горизонтальною віссю;
- вертикальною віссю.

Сучасний вітровий електрогенератор з горизонтальною віссю більш розповсюджений, має більший ККД (майже в 3 рази), легкий в регулюванні і забезпеченні штормового захисту та має більш привабливу вартість. Одночасно вітрогенератор малої потужності до 1 кВт з вертикальною віссю має перевагу в роботі від слабких вітрів усіх напрямків, легкий в конструюванні і майже не створює шум. Тобто такий вітрогенератор, незважаючи на значно більшу вартість знайшов деяке застосування. Але лідером є вітрогенератори з горизонтальною віссю, що виробляють 95% вітрової електроенергії.

Вітрові електрогенератори найбільш вигідно використовувати в місцях, де є потреба в альтернативних джерелах енергії та місцях з частими відключеннями електроенергії. Також обов'язково потрібно враховувати середньорічну швидкість вітру та встановлювати там де цей показник перевищує 3 м/с.

*Енергетичний потенціал вітру України:*

Високий вітроенергетичний потенціал мають Українські Карпати, Кримські гори, узбережжя Чорного, Азовського морів та Донецька височина. Також

сильними середньорічними вітрами відзначаються височини південно-західної України та Придніпровська височина. Найбільш притадними місцями для встановлення вітрогенераторів є ділянки біля водойм (ставків, озер, річок) або височини які здіймаються над основним рельєфом. Такі ділянки є по всій території України, але потрібно враховувати, що вітер це не стабільна величина і відрізняється протягом року та залежить від погодних умов та пори року.



Рис. 3.7. Наближена середньорічна швидкість вітру

Технічні вимоги до ВЕУ:

1. ВЕУ має орієнтуватися за напрямом вітру, за даними метеостанції встановленої на об'єкті та враховуючи період всього року;
2. Швидкість вітру (при швидкості 1,5 м/с лопаті починають обертатися, генерація енергії розпочинається, коли швидкість вітру досягає значення 3 м/с, для українських ВЕУ номінальною є швидкість вітру 7-9 м/с);
3. Рівень шуму (в Україні рівень шуму від працюючої ВЕУ визначається ДСП 173-96 та становить 45 дБ у нічний час);
4. Потужність ВЕУ має відповідати результатам розрахунку.

Для оцінки ресурсів використання енергії вітру визначаємо вітровий потенціал даного району.

В якості інтегральної енергетичної характеристики вітру використовується питома потужність вітрового потоку (вітровий потенціал), припадаючої на одиницю поперечного перерізу потоку.

Теоретично вітроенергетичний потенціал оцінюємо за допомогою формули (3.25):

$$P_{nut} = 0,5 \cdot \rho \cdot (V^3)_{cp}, \quad (3.25)$$

де  $\rho$  - густина повітря ( $1,225 \text{ кг/м}^3$  на рівні моря при атмосферному тиску  $760 \text{ мм.рт.ст.}$  та температурі  $15^\circ\text{C}$ ;

$(V^3)_{cp}$  - середній куб швидкості, що знаходиться через середню швидкість за формулою:

$$(V^3)_{cp} = 1,9(V_{cp})^3 \quad (3.26)$$

Отже, спрощена формула:

$$P_{nut} = 1,17 \cdot V_{cp}^3 \quad (3.27)$$

Проведемо розрахунок вітрового потенціалу за даними метеостанції та результати внесемо до таблиці 3.11.

Таблиця 3.11

Потенціал вітрового потоку

Проміжок часу	$V_{cp}$ , м/с	$P_{nut}$ , Вт/м <sup>2</sup>
Січень	3,6	54,59
Лютий	3,5	50,16
Березень	3,3	42,05
Квітень	3,4	45,99
Травень	3,1	34,86
Червень	2,8	25,68
Липень	2,6	20,56
Серпень	2,8	25,68
Вересень	3,1	34,86
Жовтень	3,5	50,16
Листопад	3,7	59,26
Грудень	3,7	59,26

Рік	3,3	42,05
-----	-----	-------

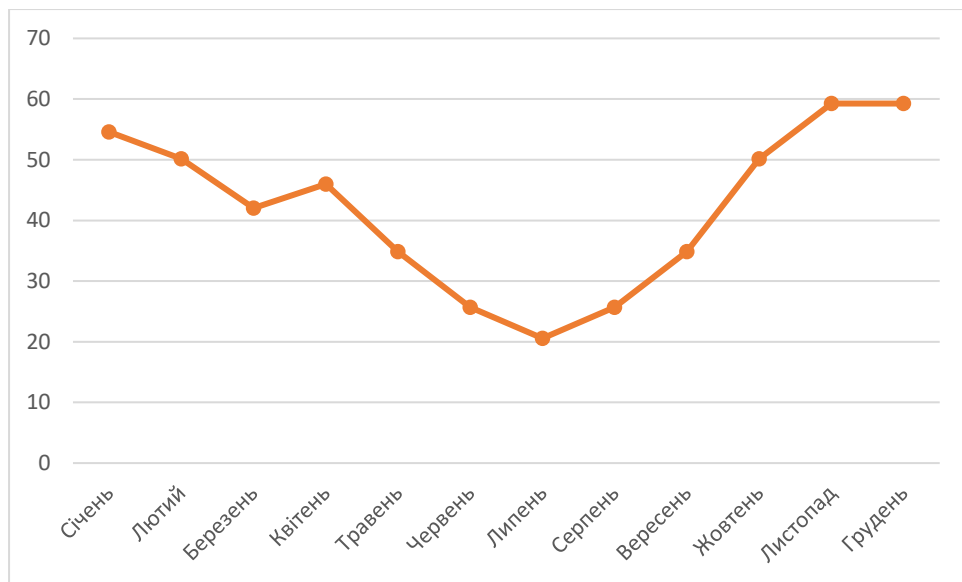


Рис. 3.8. Графік залежності вітрового потенціалу протягом року

З отриманих результатів можна зробити висновок, що використання вітроенергетичних ресурсів вигідніше в зимовий період, що дозволить підстрахувати роботу СЕС.

Розраховуємо номінальну потужність вітрогенератора необхідну для заряду АКБ за формулою:

$$P_{BEC} = V_c / \xi \cdot \eta_{ген}, \quad (3.28)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт використанні енергії вітру, залежить від виду вітроколеса ( 35-40% - для профільованого крильчатого репелера).

$\eta_{ген}$  - ККД вітрогенератора, приблизно 80%;

$V_c$  - швидкість заряду акумулятора, визначається за формулою:

$$V_c = C_{аб1} / T_{Г}, \quad (3.29)$$

$T_{Г}$  - годин на добу.

$$V_c = C_{аб1} / T_{Г} = 17097 / 24 = 712 \text{ Вт год};$$

$$P_{BEC} = V_c / \xi \cdot \eta_{ген} = 712 / 0,4 \cdot 0,8 = 2226,17 \text{ Вт год};$$

Таким чином, при наборі таких вихідних даних, підходить вітрогенератор з номінальною потужністю 3кВт.

Даний розрахунок потрібно вважати орієнтовним у зв'язку з суб'єктивним вибором даних. Але при уточненні вихідних даних можна буде підібрати вітрогенератор за номінальною потужністю близькою до реальної.

### 3.3.2. Вибір типу ВЕС.

Критерії вибору вітрогенератора:

1.  $U_{ВЕС} = U_{мер}$  - вихідне напруження генератора має відповідати напруженню споживача (контролера, АКБ);

2.  $P_{ВЕС} \geq P_{мер}$  - потужність вітрогенератора має відповідати необхідній потужності або мати більше значення;

3. Вітрогенератор потрібно розраховувати на мінімальну та максимальну швидкість вітру.

Враховуючи всі вимоги приймаємо вітрогенератор 3KW-48V STORM USE (Sunny Energy Science and Technology, Китай) з можливістю зміни кута гвинтів. Технічні характеристики неведені в таблиці 3.12, Графік вироблення електроенергії наведено на рис. 3.9.

Таблиця (3.12)

Технічна характеристика 3KW-48V STORM USE

Назва	Значення
Діаметр вітроколеса, м	4
Регулювання кута гвинтів	Автоматичне
Номінальна швидкість вітру, м/с	9
Номінальна напруга, В	48
Номінальна/максимальна потужність, Вт	3000/4000Вт
Генератор	Трифазний, постійні магніти
Номінальна швидкість обертання, об/хв	300
Стартова швидкість віру, м/с	3
Рекомендована висота щогли, м	Від 9,0



Передача	Пряма
Термін експлуатації, роки	15

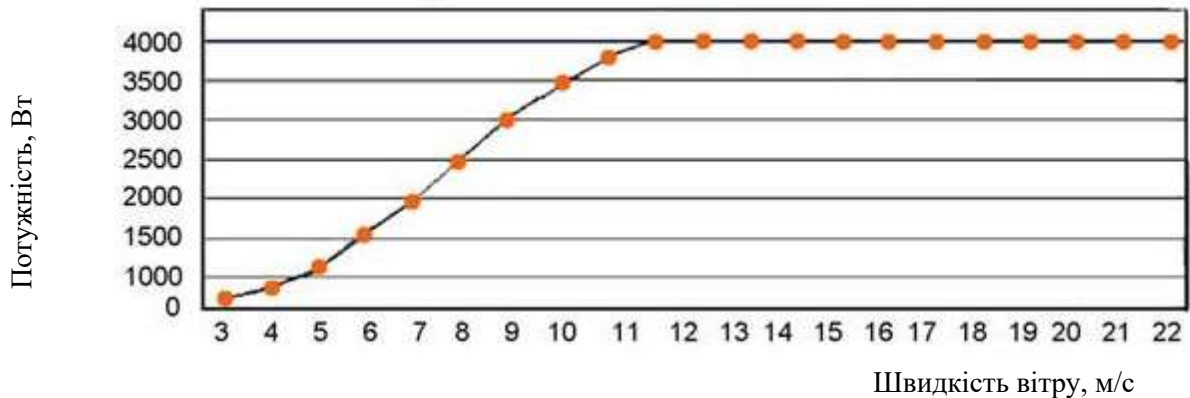


Рис. 3.9. Характеристики потужності в залежності від сили вітру

При виборі башти потрібно пам'ятати, що чим вище від рівня землі знаходиться вітрогенератор тим вище швидкість вітру. Також башта повинна витримувати максимальну швидкість вітру, характерну для району установки та легко встановлюватися.

Ділянка для встановлення має відповідати таким вимогам: швидкість вітру, стабільність вітру, плоский рельєф місцевості, відсутність перешкод на шляху вітру. Перешкоди на шляху висхідного вітру можуть викликати появу вихорів, тобто є ризик створення зони турбулентності. У випадку неможливості встановлення вітрогенератора перед перепоною необхідно дотриматися висоти монтажу вітряка в тричі вище за цю перепону. Існують рекомендації щодо встановлення вітряків на вершині гір. Гірський хребет чи вершина гори мають природні функції високої опори. Швидкість потоку вітру поблизу хребта збільшується та вироблення енергії буде збільшуватися. Але структура гір значно впливає на напрям та швидкість вітру, тому потрібно вдало підібрати правильний кут між основним напрямом вітру та гірським хребтом.

Скориставшись наближеними вихідними значеннями обираємо башту для вітрогенератора висотою 12м.

Також при виборі місця для розміщення ВЕУ, необхідно пам'ятати, що відстань між генератором та споживачем має бути мінімальна. Чим менша відстань тим менше потрібно кабелю для передачі енергії та зменшені втрати при її передачі.

Башту вітрогенератора необхідно заземлити або під'єднати до заземлення СЕС.

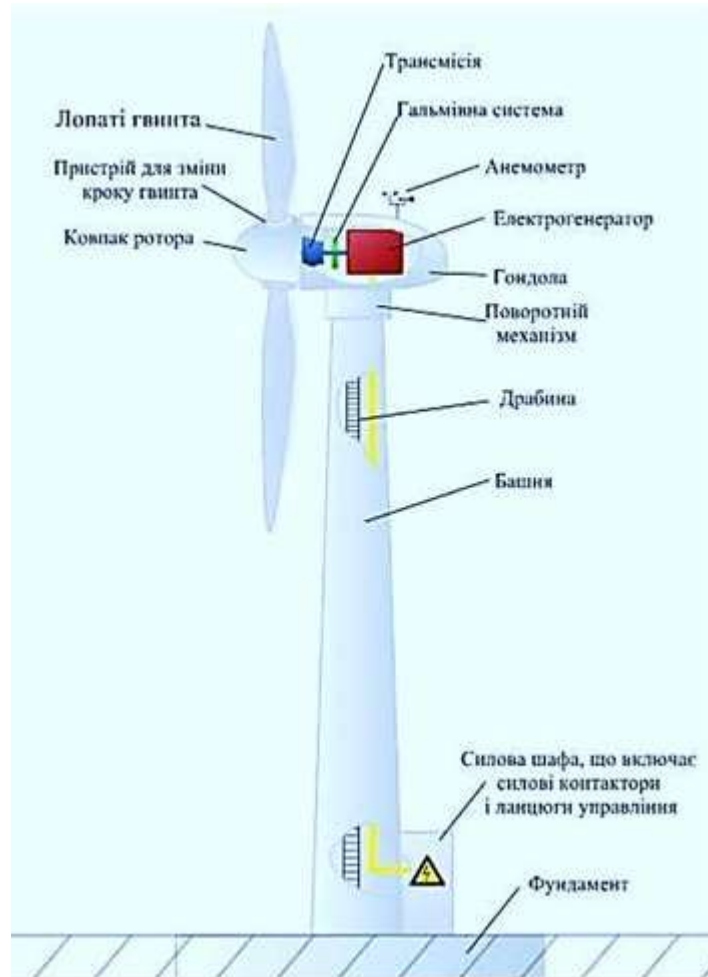


Рис. 3.10. Конструкція вітрогенератора

### 3.3.3. Вибір типу вітряного контролера

Контролер для вітрогенератора виконує одразу ряд функцій, а саме контролює поворот лопатей, заряд акумулятора та перетворює змінний струм в постійний. Контролер гарантує стабільне та нормальне функціонування ВЕУ.

Типи контролерів для ВЕУ мають таку ж класифікацію як для СЕС.

Умова вибору вітрового контролера:

1.  $U_{\text{конт}} \geq U_{\text{ВЕС}}$  - вхідна напруга вітрового контролера дорівнює або більше максимальної напруги видаваної ВЕС (також напруга холостого ходу вітрогенератора);

2.  $U_{\text{конт}} \geq U_{\text{акб}}$  - вихідна напруга сонячного контролера має дорівнювати чи бути більше максимальній напрузі зарядженої ним АКБ (48В в нашому випадку);

3.  $I_{\text{конт}} \geq I_{\text{зар.акб}}$  - струм заряду виданого вітровим контролером має дорівнювати або бути більше максимальному струму заряду АКБ (в нашому випадку даний критерій неважливий, бо ВЕС має використовуватися як додаткове джерело потужності);

4. Вітровий контролер має підходити по типу до АКБ (тобто виконувати заряд АКБ).

Контролери для вітрогенераторів працюють за двома основними принципами та не відключають вітрогенератор, тобто для потужних вітрогенераторів контролери мають великий баластний резистор. Коли напруга на акумуляторі піднімається до певної межі контролер вмикає баласт і зайва енергія згорає на баласті, а вітряк під навантаженням та акумулятор не перезаряджається.

Вітрогенератор без навантаження в сильний вітер залишати не можна, бо гвинт буде крутитися на великих обертах, створювати шум та може вийти з ладу від значних вітрових перенавантаженнях. Також без навантаження у вітрогенератора напруга буде досягати великих значень, що виведе з ладу контролер.

Приймаємо до встановлення контролер:

КЕВ Dominator MPPT 200В 5кВт (Китай). Характеристики контролера наведено в таблиці 3.13

Таблиця 3.13

Характеристика контролера КЕВ Dominator MPPT 200В 5кВт

Назва	Величина
Максимальна потужність, кВт	5
Максимальна напруга, В	200

ККД, %	98
Габарити ,см	35x12x21
Маса, кг	5,00

### **3.3.4. Обґрунтування вибору ВЕУ як допоміжного джерела живлення**

Розглядається ймовірність використання ВЕУ в комплексі з СЕС для створення гібридної сонячно-вітрової електростанції. Якщо припустити використання виключно ВЕУ, то при наших вихідних умовах для забезпечення необхідної потужності об'єкту РЦБВ, необхідно буде встановити до 10 ВЕУ по 5кВт в одному місці. Така вітрова електроустановка потребує значної ділянки, що не припустимо на 12 га реабілітаційного центру. Також необхідно пам'ятати про потрібні для розрахунку вітрові потоки, які виникають тільки в зимовий період. Наявність перерахованих вище нюансів і визначає другорядне місце ВЕУ.

### **3.4. Порівняльний аналіз варіантів альтернативних джерел пропонувані систем електропостачання**

Для електропостачання ЦРБВ в даній роботі було запропоновано наступні системи з використанням нетрадиційних джерел енергії: сонячна електростанція (СЕС) та вітрова електроустановка (ВЕУ).

Сонячна електростанція для обраного району дозволяє в літні місяці отримувати велику кількість енергії яку можна продавати в загальну мережу за «зеленим тарифом» та отримувати додатковий прибуток.

СЕС є більш гнучкою системою, оскільки її можна розширювати збільшуючи кількість ФЕМ і, як наслідок, збільшувати потужність всієї сонячної електростанції.

Вітрова електроустановка працює лише від енергії вітру та занадто залежить від сезонності вітрових потоків, тому і не може розглядатися як головне джерело альтернативної енергії. Але відкидати її використання є нерозумним рішенням, бо

саме в зимовий період, коли переважають необхідні вітрові потоки, кількість сонячних днів значно зменшена.

Тому, використовуючи два джерела альтернативної енергії, отримуємо стабільну генерацію електроенергії протягом всього року.

## **ВИСНОВОК**

Розвиток та використання альтернативних (відновлювальних) джерел енергії є важливим фактором для зміцнення енергетичної безпеки держави та значно зменшує негативний техногенний вплив на навколишнє середовище. Тобто важливу роль в контролі парникового ефекту та впливу на екологію займає розвиток альтернативної енергетики.

Отже, сьогодення вимагає конкретних планів на впровадження технологій виробництва альтернативних джерел енергії для подальшої розбудови та розвитку нашої держави.

В кваліфікаційній роботі було проведено огляд та аналіз альтернативних джерел енергії, а на основі отриманої інформації розроблено сонячну електростанцію та вітрову електроустановку для Реабілітаційного центру бурих ведмедів НПП «Синевир».

Тобто, для існуючого об'єкту, проведено розрахунок та підібрано необхідне обладнання для підключення сонячної електростанції та вітрової електроустановки.