

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С. З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

“ СИСТЕМА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ОФІСНИХ ПРИМІЩЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ
ОБЛАДНАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ”

Виконав: студент IV курсу групи Ен-41
спеціальності 141 “Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка”
(шифр і назва спеціальності)

_____ Катрич Л. С.
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Бабич М.І.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: _____
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С. З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри _____

доцент, к.т.н., С. В. Сиротюк

“ ” 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Катричу Любомиру Степановичу

1. Тема роботи: “ Система альтернативного електрозабезпечення офісних приміщень підприємства з використанням обладнання сонячної енергетики ”.

Керівник роботи Бабич Михайло Іванович, кандидат технічних наук, доцент
затверджені наказом по університету від 25 лютого 2025 року № 123 / к-с.

2. Строк подання студентом роботи 30.05.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: науково-технічна і довідкова література, наукові статті, навчальні посібники, онлайн-бібліотеки та технічна документація пов'язані з сонячною енергетикою та альтернативними джерелами відновлювальної енергії.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)._____

Вступ

1. Характеристика об'єкта дослідження

2. Аналіз систем альтернативного електрозабезпечення з використанням енергії сонця

3. Обґрунтування системи альтернативного електрозабезпечення офісних приміщень

4. Охорона праці та довкілля

5. Техніко-економічне обґрунтування розробок кваліфікаційної роботи

Висновки та пропозиції

Перелік джерел посилання

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових кресле: Графічний матеріал представлено у вигляді презентації.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
4	<i>Городецький І. М., к.т.н., доцент</i>	25.02.25 р.	25.02.25 р.	

7. Дата видачі завдання

25 лютого 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу</i>	<i>25.02.25-10.03.25</i>	
2	<i>Виконання другого розділу</i>	<i>11.03.25-24.03.25</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу</i>	<i>25.03.25-07.04.25</i>	
4.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та довкілля»</i>	<i>08.04.25-21.04.25</i>	
5.	<i>Розрахунок економічної ефективності розробок кваліфікаційної роботи</i>	<i>22.04.25-05.05.25</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та ілюстративної частини</i>	<i>06.05.25-19.05.25</i>	
7.	<i>Завершення кваліфікаційної роботи в цілому</i>	<i>20.05.25-30.05.25</i>	

Студент _____ Катрич Л. С.
(підпис)

Керівник роботи _____ Бабич М. І.
(підпис)

УДК 621.311.243

Катрич Л. С. Система альтернативного електрозабезпечення офісних приміщень підприємства з використанням обладнання сонячної енергетики. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького, 2025 р.
45 с. текстової частини, 6 таблиць, 12 рисунків, 31 джерел посилення.

У роботі виконано аналіз об'єкта дослідження та електрозабезпечення головної будівлі приватного підприємства.

Проаналізовано переваги та недоліки енергії сонця, а також проведено порівняння з іншими джерелами відновлювальної енергетики. Розглянуто існуючі типи схем побудови сонячних електростанцій для різноманітних потреб.

Сформовано технічні вимоги, на основі яких було здійснено підбір, визначення кількості та узгодження елементної бази між собою. Здійснено розрахунки імовірної помісячної генерації електроенергії сонячною електростанцією потужністю 21,6 кВт розташованої на території міста Львів.

Розглянуто заходи з охорони праці та вплив сонячних електростанцій на навколишнє середовище.

Розраховано вартість впровадження СЕС та період її окупності, який становить 8,89 років.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	7
1.1 Загальні відомості про об’єкт дослідження	7
1.2. Аналіз системи електрозабезпечення виробничих та адміністративних приміщень головної будівлі приватно підприємства	8
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.....	11
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СИСТЕМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ....	12
2.1 Переваги використання енергії сонця.....	12
2.2 Альтернативи енергії сонця та їх недоліки	14
2.3 Аналіз систем електрозабезпечення на основі енергії сонця	20
РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОФІСНИХ ПРИМІЩЕНЬ	23
3.1 Формування технічних вимог	23
3.2 Вибір елементної бази згідно технічних вимог	25
3.3 Теоретичний помісячний розрахунок отриманої електричної енергії	30
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ.....	34
4.1 Безпека при виконанні електромонтажних робіт	34
4.2 Вплив сонячних електростанцій на навколишнє середовище	38
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	40
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	42
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	43

ВСТУП

У сучасності дедалі більше відчувається потреба в альтернативних джерелах енергії, оскільки традиційні ресурси, такі як нафта, природний газ і вугілля є обмеженими та вимагають концентрування масивної інфраструктури для отримання електроенергії. Забезпечення стабільного та безпечного енергопостачання є одним із головних завдань сьогодення, і для цього все більше споживачів переходять до альтернативних способів виробництва електричної енергії.

Завдяки своїй доступності, безпечності та практично необмеженому потенціалу сонячна енергія посідає одне з провідних місць серед джерел, що впроваджуються приватними господарствами та підприємствами. Її використання набуває особливого значення в умовах залежності від імпорту енергоносіїв та складнощів з їх використанням в обставинах воєнного стану. Також слід зазначити, що використання приватних джерел генерації підвищує загальну стабільність мережі в умовах підвищеного навантаження в літній період.

В Україні спостерігається активне зростання зацікавленості у впровадженні сонячної енергетики. Сприятливі кліматичні умови, наявність сонячного потенціалу та економічні стимули, такі як «зелений» тариф, роблять реалізацію таких проєктів перспективною.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є дослідження та побудова альтернативного джерела електричної енергії для потреб офісно-побутової частини підприємства. Слід визначити необхідні технічні вимоги, енергетичний потенціал з урахуванням географічного розташування та проаналізувати економічну доцільність впровадження.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт дослідження

Приватне підприємство «ЕНЕРГІЯ М-ПЛЮС» — це українська компанія, що спеціалізується на електромонтажних роботах та інших послугах, пов'язаних з електроенергетикою. Підприємство було засноване 4 лютого 2014 року та зареєстроване у місті Львів, за адресою: 79052, Львівська область, місто Львів, вулиця Роксоляни, будинок 63. Додаткові виробничі приміщення знаходяться у місті Львів на вулиці Брюховицькій, 35.

Територія підприємства має місця для паркування працівників і знаходиться коло фанерного комбінату "Язьм" з однієї сторони та приватних житлових ділянок з іншого.

Основним видом діяльності компанії згідно з класифікатором КВЕД є електромонтажні роботи (43.21). Це включає монтаж та обслуговування електричних мереж, систем освітлення, підключення електричного обладнання, встановлення систем захисту та інші послуги у сфері електроенергетики.

Інші види діяльності компанії:

- Виробництво електромонтажних пристроїв (27.33);
- Виробництво електророзподільчої та контрольної апаратури (27.12);
- Оптова торгівля іншими машинами й устаткуванням (46.69);
- Ремонт і технічне обслуговування електричного устаткування (33.14);
- Будівництво житлових і нежитлових будівель (41.20).

Очільником підприємства є Ігор Ярославович Мартин, який займає посаду директора та має повноваження офіційного представника. Завдяки його керівництву компанія активно розвивається та бере участь у державних і комерційних тендерах.

Статутний капітал підприємства становить 650 000 гривень, що свідчить про його фінансову стійкість та здатність реалізовувати великі проєкти. За

офіційними фінансовими звітами, у 2023 році виторг компанії склав 3 064 700 гривень.

Підприємство активно бере участь у державних тендерах, виконуючи роботи з електромонтажу та електровимірювань для комунальних установ, освітніх і медичних закладів. Зокрема, компанія співпрацює із сільськими радами та державними установами Львівської області, забезпечуючи якісне виконання замовлень та впроваджуючи новітні технології у сфері енергетики.

Соціальна відповідальність є важливим аспектом діяльності підприємства. Вона проявляється у дотриманні екологічних стандартів, створенні нових робочих місць і підтримці ініціатив, спрямованих на підвищення енергоефективності в регіоні.

«ЕНЕРГІЯ М-ПЛЮС» прагне до постійного розвитку та вдосконалення своїх послуг. Серед перспективних напрямків діяльності:

- Впровадження систем альтернативної енергетики (сонячні та вітрові електростанції);
- Розширення географії діяльності в інших регіонах України;
- Використання сучасних технологій для автоматизації електромереж;
- Розробка та реалізація інноваційних проєктів у сфері енергетики.

Завдяки високій якості послуг, професіоналізму команди та орієнтації на інновації, «ЕНЕРГІЯ М-ПЛЮС» впевнено рухається до лідерських позицій у сфері електромонтажних робіт в Україні.

1.2. Аналіз системи електрозабезпечення виробничих та адміністративних приміщень головної будівлі приватно підприємства

Живлення підприємства відбувається від трансформатора ТП-751 через роз'єднувач та запобіжник 250 А. Передача живлення на ділянці від трансформатора до облікового приладу реалізована за допомогою силового кабелю із алюмінієвими жилами і з ПВХ ізоляцією АВВГ 4х120 мм² довжиною

6 м. Облік реалізований на базі електролічильника Nik 2307 ARTT.1601.M.21. Додатково встановлені роз'єднувач на 250 А, трансформатор струму Т-0,66 та автоматичний вимикач з номіналом 160 А. Ділянка від облікового приладу до ввідного розподільчого пристрою (ВРП) реалізована кабелем АВБбШв 4х120 мм² довжиною 350 м

ВРП складається з рубильника ВР32-35 номіналом 250А, трансформатора струму Т-0,66 під'єданого до комплектної компенсаційної установки (ККУ), автоматичного вимикача струмом 160 А і шин для підключення груп навантажень. Розподільчий пристрій є заземлений та має обмежувач перенапруг (ОПН). Також до ввідного розподільчого пристрою під'єднано установку компенсації реактивної потужності створено на основі регулятора реактивної потужності PFC-6DA. Потужність ККУ становить 35 кВАр. Під'єднання здійснене мідним проводом ПВ-3 3х(1х25) мм², його довжина 5 метрів.



Рисунок 1.1 – Будівля приватного підприємства

Будівлю досліджуваного підприємства за призначенням можна поділити на дві частини виробнича “північна” та офісно-побутова “південна” (Рис. 1.1). Загальна площа будівлі складає 1154,7 м². Будинок побудований з цегли, утеплений, та зовні декоративно оброблений. Дах двосхилий і наближений до плоского.

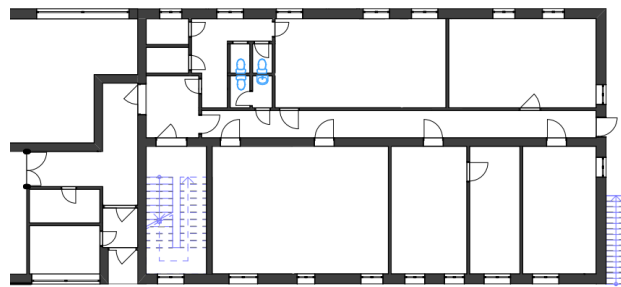
В північній частині знаходиться:

- Головний виробничий цех;
- Додатковий склад для матеріалів першої необхідності;
- Основний склад для великогабаритного обладнання;
- Також 3 приміщення загального призначення.

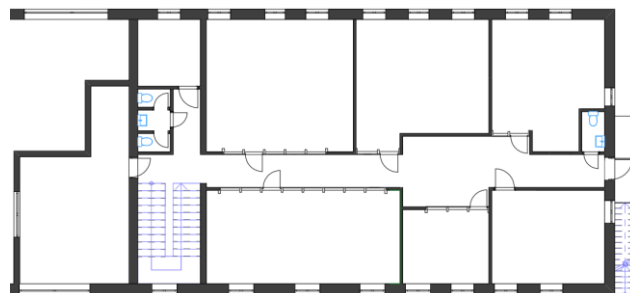
До головного приміщення цеху та основного складу облаштовано зручні під'їзди для великогабаритного транспорту.

Південна частина розділена на два поверхи

На першому поверсі (Рис 1.2, а) знаходяться: два коридорні приміщення які мають вихід на вулицю та коридор з входом до цеху; кухня та столова з необхідним обладнанням; туалети; душові приміщення; приміщення для роздягання; приміщення охорони; технічне приміщення; офісні приміщення.



а)



б)

Рисунок 1.2 – Схематичне зображення першого та другого поверху

На другому поверсі (Рис 1.2, б) знаходяться: коридорне приміщення приєднане до сходової клітки і має вихід вулицю; зал для конференцій; дві вбиральні; особисті кабінети; офісні приміщення; технічне приміщення.

1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Проаналізувавши підприємство та його розташування, можна дійти висновку, що воно потребує додаткового джерела живлення для покриття енергетичних потреб офісно-побутової частини. З огляду на те, що сонячна енергетика є одним із найперспективніших напрямків розвитку альтернативних джерел енергії, доцільно розглянути її переваги та недоліки. Для забезпечення об'єктивності необхідно також проаналізувати інші технології та джерела відновлюваної енергетики. Обов'язково слід враховувати сторонні чинники, такі як місце розташування підприємства, доступна площа для встановлення обладнання та зручність експлуатації системи. Для ефективного використання енергії сонця потрібно розглянути можливі схеми побудови сонячної електростанції і обрати той тип, який найкраще відповідатиме конкретним енергетичним потребам об'єкта.

Щоб забезпечити якісне виконання роботи, необхідно сформулювати технічні вимоги, у яких чітко визначені потреби та обмеження для майбутньої приватної електростанції. На основі сформованого завдання слід поступово визначати елементну базу. У процесі розробки варто приділяти окрему увагу кількості деталей у вузлах та можливості їхньої узгодженої роботи. Після формування СЕС доцільно здійснити розрахунок кількості кінцевої енергії, отриманої від сонячної радіації, та переконатися, що вона задовольняє потреби підприємства.

Для того щоб реалістично оцінити перспективу розробленого проєкту, слід перевірити його економічну доцільність та вплив на навколишнє середовище у разі реалізації. Ці кроки дозволять у майбутньому розглядати можливість застосування аналогічних систем живлення на інших підприємствах подібного типу. Саме тому, на мою думку, у сучасних умовах тема кваліфікаційної роботи є актуальною та важливою.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СИСТЕМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ

2.1 Переваги використання енергії сонця

Сонячна енергія – це енергія, що надходить від Сонця у вигляді світла та тепла. Вона відіграє ключову роль у формуванні клімату та погодних умов, а також є основним джерелом життя на Землі.

Сонячна енергія має величезний потенціал для використання. Щосекунди верхні шари атмосфери Землі отримують приблизно 174 петавати (ПВт) сонячного випромінювання. Частина цього потоку взаємодіє з атмосферою: близько 6 % відбивається, 16 % поглинається, а ще до 20 % може віддзеркалюватися середніми шарами атмосфери залежно від хмарності, пилу та забруднення повітря, при цьому додатково поглинається приблизно 3 %.

Атмосфера не лише зменшує кількість сонячної енергії, що доходить до земної поверхні, а й розсіює приблизно 20 % цього випромінювання, одночасно фільтруючи певні довжини хвиль. У підсумку майже половина сонячного світла, що проходить крізь атмосферу, належить до видимого спектру, друга частина переважно представлена інфрачервоним випромінюванням, а ультрафіолетова частка є найменшою.

Сонячне випромінювання є одним із найперспективніших та екологічно чистих джерел енергії, яке ефективно використовується завдяки сонячним панелям. Ця технологія дозволяє перетворювати енергію сонця на електрику, що робить її доступною як для побутового, так і промислового застосування. Оскільки процес виробництва електроенергії за допомогою панелей не супроводжується шкідливими викидами, а саме джерело є невичерпним, вони стають все більш популярними.

Сучасні сонячні панелі мають значний рівень ефективності. Монокристалічні моделі забезпечують ККД до 22 %, тоді як полікристалічні – до 18 %. Новітні дослідження у сфері перовськітних панелей обіцяють ще вищу

продуктивність. Вони широко застосовуються не лише для живлення приватних будинків, а й для будівництва масштабних електростанцій, що забезпечують енергією підприємства та міста. Також ця технологія активно використовується у транспорті, сільському господарстві та міській інфраструктурі.

Встановлення сонячних панелей дозволяє значно скоротити витрати на електроенергію, а в Україні та деяких країнах власники таких систем можуть продавати надлишкову енергію в мережу. Це сприяє економії коштів і підвищенню рівня енергетичної незалежності. Завдяки постійному вдосконаленню технологій, зменшенню вартості обладнання та зростанню ефективності, використання сонячного випромінювання може стати основним джерелом електроенергії у світі, що зменшить залежність від викопних палив і сприятиме екологічній стабільності.



Рисунок 2.1 – Сонячна електростанція "Яворів-1"[15]

Використання сонячних панелей має ряд переваг, однак існують і певні недоліки, що потребують врахування при їх впровадженні.

- Ефективність роботи сонячних панелей залежить безпосередньо від інтенсивності сонячного випромінювання. У періоди похмурої погоди або дощу продуктивність панелей знижується, що може створювати труднощі у регіонах з частими хмарними днями.

- Незважаючи на економічну вигоду в довгостроковій перспективі, початкові витрати на встановлення сонячних панелей є значними. Крім того, витрати на додаткові елементи системи, такі як інвертори та акумулятори, можуть значно збільшити загальну вартість проекту.

- Необхідність великої площі. Для забезпечення ефективної роботи сонячних панелей необхідна значна площа для їх розміщення, що може бути проблематичним для малих земельних ділянок або багатоквартирних будинків.

- Сонячні панелі потребують регулярного обслуговування, зокрема очищення від пилу та бруду, особливо в регіонах з підвищеним рівнем забруднення атмосферного повітря.

- Для забезпечення безперервного постачання електричної енергії в нічний час або під час відсутності сонячного випромінювання необхідно використовувати акумулятори, що додає додаткові витрати на інфраструктуру.

- Виробництво сонячних панелей вимагає використання рідкісних матеріалів, таких як кремній, що може мати негативний екологічний вплив на навколишнє середовище, зокрема через забруднення при видобутку та обробці сировини.

- Сонячні панелі мають обмежену ефективність перетворення сонячної енергії в електричну (зазвичай близько 15-20%), що призводить до втрат енергії.

Попри наявність зазначених недоліків, розвиток технологій та вдосконалення систем дозволяють зменшити їхній вплив, що сприяє підвищенню ефективності використання сонячної енергії.

2.2 Альтернативи енергії сонця та їх недоліки

Дізнавшись про використання енергії сонця для отримання електроенергії, розглянемо, чи існують альтернативи, які поєднують у собі таку ж гнучкість та універсальність використання.

Альтернативні технології відновлюваної енергетики: геотермальна енергія, біопаливо, сонячна теплоенергія, енергія води, енергія вітру.

Геотермальна енергія – це тепло, що надходить із глибинних шарів Землі. Його можна отримати шляхом буріння глибоких свердловин, де температура підвищується приблизно на 1 °C кожні 36 метрів заглиблення. Гаряча вода або пара, що піднімається на поверхню, може використовуватися як для опалення будівель, так і для виробництва електроенергії. Термальні зони з високим геотермальним потенціалом зустрічаються в багатьох куточках світу.



Рисунок 2.2 – Геотермальна електростанція Несьяветлір в Ісландії [14]

Станом на 2010 рік, геотермальна енергія для виробництва електроенергії використовувалася у 24 країнах світу. До 2021 року кількість таких країн зросла до 25, причому ще 25 країн планували розвивати геотермальну енергетику.

Геотермальна енергетика є стабільним і надійним джерелом енергії, але її використання обмежене географічними умовами та потребою будівництва великої електростанції. Сонячні електростанції є більш гнучкими у розміщенні.

Біопаливо – це екологічно чисте паливо, що виготовляється з органічних матеріалів, які можуть мати як рослинне, так і тваринне походження. До основних джерел біопалива належать рослини, їхні залишки, сільськогосподарські культури, деревина, водорості, а також органічні відходи промислового виробництва та побутового сектору.

Цей вид палива є альтернативою традиційним викопним енергоносіям, таким як нафта, газ і вугілля, оскільки його виробництво базується на відновлюваних ресурсах. Біопаливо може використовуватися в різних сферах

енергетики, зокрема для виробництва електроенергії, опалення приміщень і як паливе для транспорту.

Залежно від агрегатного стану та способу отримання, біопаливо поділяється на тверде (деревина, пелети, тріска), рідке (біодизель, біоетанол) і газоподібне (біогаз, синтез-газ). Використання біопалива сприяє зменшенню викидів парникових газів і зниженню залежності від викопних енергоносіїв, що робить його важливим компонентом у розвитку сталої енергетики.



Рисунок 2.3 – ТЕС на біомасі у Кам'янці-Подільському[29]

Україна володіє великим потенціалом для розвитку біоенергетики завдяки наявності значної кількості біомаси, яка підходить для виробництва біопалива. Завдяки потужному аграрному сектору, великим лісовим ресурсам, значній кількості органічних відходів та можливості використовувати стару інфраструктуру, біопаливо може стати важливою альтернативою традиційним джерелам енергії.

Проте, попри хороші перспективи для країни, в приватному господарстві ця технологія може використовуватися лише для обігріву, а не для виробництва електроенергії. Також слід пам'ятати, що зберігається залежність від постачальника біопалива.

Сонячна теплоенергія є одним із найбільш доступних і екологічних джерел енергії, що активно використовується для забезпечення потреб у теплі. Вона ґрунтується на поглинанні сонячного випромінювання спеціальними сонячним колекторами, які перетворюють його в теплоту. Цю

теплоту можна використовувати для опалення приміщень, гарячого водопостачання, а також для різних промислових процесів.



Рисунок 2.4 – Вакуумні геліоколектори [27]

Ця технологія чудово підходить для малих та середніх господарств проте вона сконцентрована на отриманні тепла. Хоча така система обігріву в майбутньому може знайти своє місце на підприємстві, зараз ми використовуємо енергію сонця для отримання необхідної для нас електроенергії.

Енергія води є одним із найбільш давніх і ефективних відновлювальних джерел енергії, що використовуються людиною. Вона базується на використанні руху води, такого як течії річок, припливи та відпливи, водоспади, для виробництва електричної енергії за допомогою гідроелектростанцій[2]. Однією з переваг енергії води є її відновлюваність та постійність. Вода постійно циркулює в природі, забезпечуючи безперервний потік енергії. Гідроелектростанції (ГЕС) є екологічно чистими, оскільки не викидають шкідливих газів і не забруднюють навколишнє середовище, що робить цей вид енергії одним із найбільш екологічно безпечних.

ГЕС на сьогодні є найпоширенішим типом установок, що використовують енергію води для виробництва електричної енергії. Електричний струм генерується за допомогою турбін, які перетворюють механічну (кінетичну) енергію води, зокрема падаючої води, отриманої завдяки перепаду висот, в електричну енергію. Чим більша різниця у висотах, тим

потужніша електростанція. Для збільшення цього перепаду часто будують греблі, що дозволяє підвищити ефективність виробництва енергії.

Великі гідроелектростанції, що використовують водосховища для накопичення води, та малі станції, які забезпечують енергією місцеві потреби, використовуючи природні водні потоки. Крім того, енергія припливів і відпливів також може бути використана для виробництва електрики, що дає додатковий потенціал для енергетики в прибережних зонах.



Рисунок 2.5 – Дніпровська гідроелектростанція

Проте енергія води має й певні обмеження, зокрема залежність від природних умов. Коливання рівня води, сезонні зміни і можливі екологічні наслідки, такі як затоплення територій та зміни екосистем, можуть обмежувати її використання. Велике будівництво гідроелектростанцій інколи вимагає великих земельних площ, що може впливати на навколишнє середовище і спричиняти переміщення населення.

ГЕС — це одне з найкращих джерел електроенергії, але для її побудови необхідне джерело великої кількості води та правильне географічне розташування, що унеможливорює її використання для приватного підприємства.

Енергія вітру є одним із перспективних відновлюваних джерел енергії, що базується на використанні кінетичної енергії атмосферних повітряних потоків. Її перетворення в електроенергію здійснюється за допомогою вітроенергетичних установок, які складаються з вітрових турбін, генераторів та допоміжної

інфраструктури. Обертання лопатей турбіни під дією вітру передається на ротор генератора, що зумовлює вироблення електричного струму.

Основною перевагою використання енергії вітру є її екологічна безпечність, оскільки в процесі генерації електроенергії відсутні викиди парникових газів та інших забруднюючих речовин. Крім того, вітер є невичерпним природним ресурсом, що сприяє енергетичній незалежності регіонів з високим потенціалом вітроенергетики. Вітрові електростанції можуть бути розташовані як на суходолі, так і в прибережних або морських зонах, де швидкість і стабільність вітру є вищими, що підвищує ефективність виробництва електроенергії.



Рисунок 2.6 – Фото Орівської ВЕС зробленої ЗМІ «Економічна правда»

Львівщина володіє значним потенціалом для розвитку вітроенергетики завдяки своєму географічному положенню, кліматичним особливостям та наявності великих відкритих територій, придатних для розміщення вітрових електростанцій. У середньому швидкість вітру в регіоні становить від 4 до 6 м/с, що забезпечує належні умови для ефективного функціонування сучасних вітрогенераторів. Особливо перспективними для реалізації вітроенергетичних проєктів є території Карпатського регіону, де на висоті 100 метрів швидкість вітру може досягати 7–8 м/с, що робить цей район одним із найпривабливіших для впровадження відповідних технологій.

Разом із тим, існують певні технічні та економічні обмеження у впровадженні вітроенергетичних систем. Однією з головних проблем є

залежність виробництва електроенергії від швидкості вітру, що може спричиняти нерівномірність генерування електроенергії та необхідність додаткових засобів зберігання або балансування енергомережі. Крім того, розміщення вітрових електростанцій вимагає значних земельних ресурсів, а також може спричиняти шумове навантаження та зміну ландшафту.

Попри ці виклики, сучасні технологічні досягнення дозволяють підвищувати ефективність вітроенергетичних установок. Збільшення висоти вітрогенераторів, удосконалення конструкції турбін, а також впровадження систем накопичення енергії сприяють зменшенню впливу змінності вітрових потоків та підвищенню надійності електропостачання. Таким чином, енергія вітру відіграє важливу роль у розвитку світової відновлюваної енергетики та є перспективним напрямком для зниження залежності від викопних видів палива.

Попри переваги використання енергії вітру, у нашому випадку її застосування є неможливим, оскільки для живлення об'єктів необхідна значна площа, а звук, що генерується вітряками, унеможливорює їхнє близьке розміщення поблизу людей. Крім того, слід пам'ятати, що складні конструкції з рухомими частинами потребують більш детального обслуговування.

Отже, кожна з розглянутих технологій не може задовольнити потреби приватного підприємства через особливі вимоги до розташування, потребу у великих площах та інші особливості джерел енергії.

2.3 Аналіз систем електрозабезпечення на основі енергії сонця

Системи живлення від сонячних панелей можна поділити на кілька основних типів залежно від способу підключення, використання енергії та рівня автономності.

- **Мережева системи (Grid-Tie)** — це установка, яка підключає сонячні панелі безпосередньо до місцевої електричної мережі. Коли система генерує більше енергії, ніж споживається, зайва енергія передається назад у

мережу. Двонаправлений лічильник вимірює як кількість спожитої, так і виробленої електроенергії, фіксуючи різницю між ними. Коли ваші сонячні батареї виробляють менше електроенергії, ніж вам потрібно, або коли немає сонячного світла, ви можете отримувати електроенергію з мережі. Таким чином ви зможете збалансувати попит і постачання електроенергії та зменшити свою залежність від мережі.

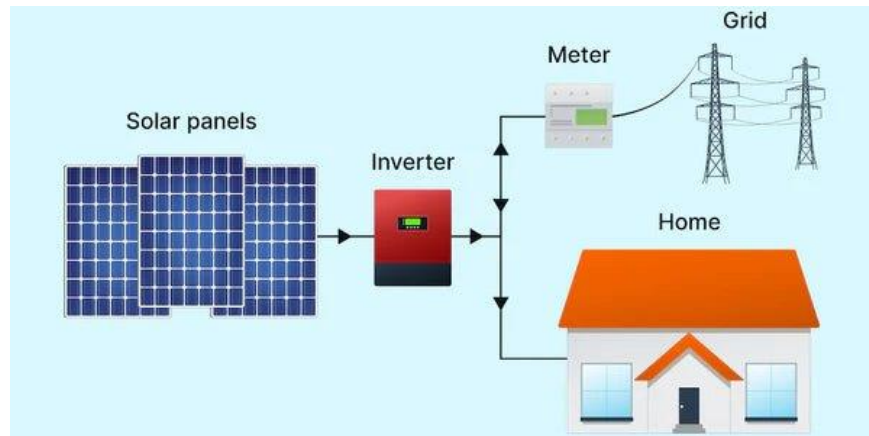


Рисунок 2.7 – Мережева сонячна система [31]

- **Автономна система (Off-Grid)** — це установка, яка не підключена до комунальної електричної мережі і працює незалежно. Вона генерує енергію виключно для власних потреб користувача. Надлишок виробленої енергії зазвичай зберігається в акумуляторах для подальшого використання в періоди, коли сонячне освітлення обмежене, наприклад, вночі чи в похмурі дні. Цей тип системи дозволяє забезпечити повну енергетичну незалежність без залежності від централізованої електричної мережі [31].

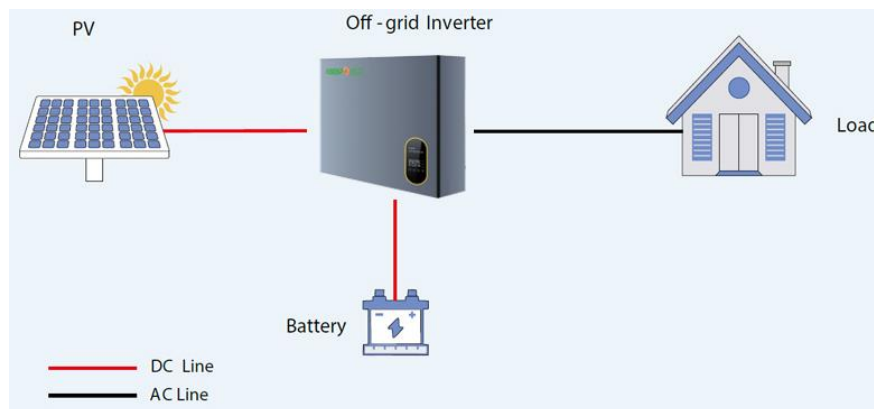


Рисунок 2.8 – Автономна сонячна система [20]

- **Гібридна система (Hybrid Solar System)** Гібридна сонячна система (Hybrid Solar System) поєднує в собі елементи як автономної, так і мережевої системи. Вона дозволяє генерувати електроенергію для власних потреб, а також зберігати надлишкову енергію в акумуляторах або передавати її в комунальну мережу[20]. Коли сонячна енергія не може задовольнити потреби користувача, система автоматично переключається на зовнішнє джерело живлення (наприклад, від мережі або генератора). Така система дає змогу забезпечити енергетичну незалежність при збереженні можливості використовувати електричну мережу для підзарядки або у випадку надзвичайних ситуацій.



Рисунок 2.9 – Гібридна сонячна система[20]

Резервна (Back-Up) сонячна система призначена для забезпечення тимчасового енергопостачання в разі відключення основного джерела електроенергії. Вона використовує сонячні панелі для виробництва енергії, яку зберігає в акумуляторах. У разі перебоїв з електропостачанням від комунальної мережі або інших джерел, система автоматично забезпечує живлення важливих споживачів електроенергії. Проте ця система не призначена для повноцінної та довготривалої роботи, а є тимчасовим рішенням для забезпечення енергією на обмежений період, поки не буде відновлено основне джерело живлення.

Враховавши всі особливості роботи та цілі побудови схем живлення, можна зробити висновок, що в нашому випадку найкраще підходить використання гібридної системи електроживлення. Враховуючи сучасні обставини з нестабільністю електропостачання, ця система є найгнучкішою у використанні.

РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОФІСНИХ ПРИМІЩЕНЬ

3.1 Формування технічних вимог

Перед початком розробки будь-якого проєкту критично важливо сформулювати чіткі технічні вимоги. Вони є основою для якісного виконання завдань, забезпечують узгодженість та дозволяють уникнути непорозумінь на всіх етапах роботи. Це процес, який визначає успіх розробки та сприяє реалізації проєкту відповідно до поставлених цілей та очікувань.

Основні вимоги для майбутньої приватної сонячної електростанції:

- Всі сонячні панелі необхідно вмістити на площі 266,25 м²;
- Система повинна працювати автономно впродовж 4 год.;
- Система повинна забезпечувати високий рівень гнучкості живлення.

Розглянемо ці вимоги детальніше.

Площа. Однією з ключових проблем при встановленні сонячних панелей є необхідність значної площі для їх ефективного розміщення. Оскільки виробництво електроенергії безпосередньо залежить від кількості отриманого сонячного випромінювання, чим більша площа панелей, тим більше енергії вони можуть генерувати. Це особливо актуально для великих споживачів електроенергії, таких як промислові підприємства, де потреби потужності значно вищі, ніж може забезпечити невелика кількість панелей.

У міських умовах проблема площі стає ще гострішою. Будівлі мають обмежений даховий простір при підвищеній густині населення чи робітників.

В нашому випадку площа, виділена для розміщення панелей, обмежена виділеною для цього площею даху над офісно-побутовою частиною будівлі, котра складає 266,25 м².

Автономність. Для забезпечення безперебійного живлення автономні сонячні системи зазвичай комплектуються акумуляторними батареями, які накопичують надлишкову енергію у періоди інтенсивного сонячного

випромінювання та віддають її в моменти недостатньої генерації. Однак акумулятори мають обмежену ємність, з часом втрачають ефективність і потребують заміни, що значно підвищує експлуатаційні витрати. Крім того, великі сховища енергії займають чималу площу, що може бути проблемою для споживача.

Враховуючи сучасні реалії, час автономної роботи 4 години є оптимальним, оскільки дозволяє забезпечити живленням робочі приміщення протягом половини робочого дня, а погодинні відключення часто наближалися до цього інтервалу. Використання додаткових джерел енергії, наприклад, дизель-генераторів або вітрових турбін, може частково компенсувати нестачу енергії, але водночас збільшує вартість системи та ускладнює її обслуговування.

Гнучкість живлення. Системи електроживлення на основі сонячних панелей потребують високої гнучкості для ефективної роботи, оскільки вироблення електроенергії залежить від погодних умов і часу доби. У денний час сонячні панелі можуть генерувати надлишок електроенергії, який необхідно правильно розподіляти, зберігати або передавати в мережу, тоді як уночі або в періоди похмурої погоди доступність енергії значно зменшується.

Гнучкість системи забезпечується кількома ключовими елементами: акумуляторними батареями для накопичення надлишкової енергії, можливістю підключення до комунальної електромережі для отримання електроенергії в разі її дефіциту, а також інтелектуальними системами управління, які автоматично регулюють потоки енергії відповідно до споживання та генерації.

Завдяки такому підходу можна мінімізувати втрати електроенергії, підвищити ефективність використання сонячних панелей та забезпечити безперебійне електропостачання незалежно від зовнішніх факторів. Це особливо важливо для підприємств, які прагнуть до стабільності в роботі.

Отже, сформувавши та детально розглянувши вимоги до роботи майбутньої системи, ми можемо розпочати її розробку з урахуванням цих вимог.

3.2 Вибір елементної бази згідно технічних вимог

Маючи необхідні вимоги та обмеження, ми можемо розпочати по чергово обирати окремі ключові вузли майбутньої схеми.

Сонячні панелі є головним елементом побудови майбутньої сонячної електростанції є сонячні панелі.

До ключових параметрів при виборі фотоелементів можна віднести:

- різновид технології фотоелемента;
- робоча вихідна напруга;
- габаритні розміри окремих панелей.

В сучасності всі фотоелементи можна розділити на три групи:

- Монокристалічні сонячні панелі. Завдяки однорідній структурі вони мають високий коефіцієнт перетворення сонячної енергії — до 22 % і більше, але зворотною стороною ефективності є вища ціна. Для цих панелей характерно мати темний колір і зрізані кути комірок. В наших умовах вони мають перевагу через підвищені ефективність на одиницю площі та кращу роботу в умовах слабого освітлення, яке характерне на території Львову.

- Полікристалічні сонячні панелі. Вони мають квадратну форму комірок, забарвлених синім кольором. Технологія зрощення кристалів дозволяє знизити ціну виготовлення, але страждає ефективність котра падає до 16–18 %. Це чудовий вибір для приватних домогосподарств та підприємств котрі не мають жорстких обмежень в території.

- Тонкоплівні сонячні панелі. Це група легких і гнучких фотомодулів, які мають ККД близько 10–12 % [4]. Завдяки їхній особливості, їх можна використовувати для інтеграції в архітектуру та специфічних завдань.

При створенні панелей розробники стараються збільшувати робочу напругу мережі, оскільки це допомагає зменшити величину струму[24]. Це, в свою чергу, дозволяє зменшити втрати системи та витрати на супутнє обладнання. Через тенденцію використання мереж з номінальною напругою 24 В, на ринку існує широкий вибір монокристалічних панелей з цією напругою.

Для визначення геометричних обмежень сонячних панелей і, знаючи розміри елементів будівлі, ми можемо обчислити максимальну кількість можливих для встановлення панелей.

Для початку умовно розділимо дах на дві половини і отримаємо прямокутний трикутник з відомим катетом та кутами.

Знаходимо катет b за формулою:

$$b = \frac{a}{\tan \alpha} = \frac{6,25}{\tan 80^\circ} = 1,1 \text{ м}, \quad (1)$$

де a – катет довжиною 6,25 м; $\alpha = \angle 80^\circ$.

Тепер скористаємось теоремою Піфагора для визначення гіпотенузи c :

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{6,25^2 + 1,1^2} = 6,35 \text{ м}. \quad (2)$$

Отже, сума ширини всіх панелей на одній половині даху не може перевищувати 6,35 м. Маючи цю інформацію та, озираючись на вищевказані фактори, можемо підібрати сонячні панелі, коті дозволять ефективно використати площу, відведену під сонячні панелі.

Моїм вибором стали монокристалічні сонячні батареї “RSM144-7-450M” фірми RISEN з потужністю 450 Вт та напругою 24 В. Габаритні розміри: висота – 2108 мм, ширина - 1048 мм, товщина – 40 мм.

Враховуючи розмір, ми можемо помістити шість панелей, загальна ширина котрих буде дорівнювати 6,288 метра, що дозволяє вмістити їх в доступну відстань 6,35 м.

Обчислимо відстань між майбутніми рядами панелей, ці проміжки визначає відстань максимального затінення. Максимальних значень цей показник досягає під час зимового сонцестояння, коли сонячне проміння падає на Львів під кутом $\approx 16^\circ$ відносно горизонту.

Спочатку розрахуємо висоту заднього краю (H):

$$H = l_{\text{вис. п.}} \times \sin(\varphi) = 2,108 \times \sin(34^\circ) = 1,18 \text{ м}, \quad (3)$$

де $l_{\text{вис. п.}}$ – висота сонячної панелі;

φ – кут встановлення сонячних панелей.

Національне аерокосмічне агентства США (NASA) надає доступ до показників надходження середньоденної сонячної радіації на поверхню Землі в конкретному регіоні. Також сервіс дає можливість визначити оптимальний кут нахилу елементів системи сонячного живлення, якщо вони зорієнтовані на південь.

Аналізуючи подану нижче таблицю (табл. 1), яку надав сервіс NASA згідно географічних координат Львова (49° північної широти і 24° східної довготи), можна побачити значення середньої потужності енергії, отриманої за день впродовж року, на поверхню розташовану під певним кутом. Згідно цих значень можна зробити висновок, що при куті поверхні 34° максимальне середньомісячне значення потужності досягає 3,32 кВт·год/м², і це є найбільшим значенням серед площин з фіксованим кутом нахилу. Тому приймаємо, що значення φ дорівнює 34°.

Таблиця 1 – Кількість надходження енергії соня на територію Львову

Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m ² /day)													
Lat 49 Lon 24	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	1,09	1,12	2,85	3,85	4,84	5	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,99
K	0,4	0,44	0,43	0,43	0,45	0,43	0,44	0,47	0,42	0,38	0,35	0,38	0,42
Diffuse	0,67	0,67	1,57	2,12	2,53	2,71	2,61	2,25	1,63	1,03	0,68	0,55	1,62
Direct	1,64	1,64	2,88	3,22	3,95	3,8	3,89	4,05	2,99	2,32	1,46	1,31	2,84
Tilt 0	1,05	1,05	2,82	3,83	4,86	5,02	4,95	4,49	3,03	1,86	1,09	0,83	2,98
Tilt 34	1,65	1,65	3,42	4,1	4,79	4,78	4,78	4,7	3,52	2,5	1,62	1,35	3,32
Tilt 49	1,79	1,79	3,43	3,93	4,43	4,33	4,36	4,44	3,48	2,59	1,74	1,47	3,23
Tilt 64	1,84	1,84	3,28	3,59	3,89	3,81	3,8	3,99	3,27	2,55	1,76	1,52	3
Tilt 90	1,69	1,69	2,68	2,69	2,75	2,62	2,67	2,88	2,58	2,19	1,6	1,42	2,35
OPT	1,84	1,84	3,45	4,12	4,97	5,07	5,02	4,75	3,52	2,59	1,77	1,52	3,45
OPT ANG	64	64	43	27	15	9	12	23	37	52	61	66	38,6

Розрахуємо мінімальну відстань між рядами (D) скориставшись формулою:

$$D = \frac{H}{\tan 16^\circ} = \frac{1,18}{0,287} = 4,11 \text{ м.} \quad (4)$$

Знаючи параметри розміщення панелей, ми обчислюємо, що довжина площі під встановленою сонячною панеллю становить 1,75 м. І скориставшись

вказаними вище даними, ми можемо визначити, що на відведеній території можливо встановити 48 сонячних панелей загальною потужністю 21 600 Вт.

Інвертор для сонячних електростанцій займає центральну роль, оскільки він відповідає за всю роботу майбутньої електростанції, ефективність якої може падати до 30% при невдалому виборі. Його функції визначаються типом обраної схеми побудови (Пункт 2.2) та вимог що до використання. В нашому випадку я обрив гібридний інвертор SUN-20K-SG01HP3-EU-AM2 фірми Deye.

Для підключення 48 сонячних панелей Risen потужністю 450 Вт кожна (загалом 21,6 кВт), оптимальним варіантом є використання чотирьох стрінгів по 12 панелей. Кожен стрінг забезпечує робочу напругу близько 496 В, а напруга холостого ходу в зимовий період становить приблизно 683 В (плюс 15%), що повністю відповідає допустимому діапазону MPPT-входів інвертора (150–850 В) і не наближається до критичного рівня в 1000 В. Такий підхід гарантує надійну роботу системи протягом усього року.

Інвертор має 2 MPPT-входи які дозволяють максимально збільшити ефективність сонячних панелей шляхом пошуку точки максимальної потужності. До кожного з двох MPPT-входів інвертора підключаються по два стрінги паралельно. Це дає змогу рівномірно розподілити навантаження, зменшити вплив пікових струмів і забезпечити стабільну роботу при змінних умовах освітлення. Струм у паралельно з'єднаних стрінгах становить приблизно 21,8 ампера, що також знаходиться в межах допустимого максимуму 26 А для кожного MPPT.

Ця конфігурація дозволяє повністю задіяти всі сонячні панелі, забезпечити рівномірне навантаження на інвертори, уникнути перенапруги взимку, зберегти гнучкість керування та подальшого обслуговування системи, також за потреби, зберігається можливість встановлення додаткових панелей.

Акумуляторні батареї (АБ) через свою вартість вимагають додаткової уваги при виборі. Щоб забезпечити гарантовану сумісність та якісну роботу живлення, я обрав батареї, які початково створювались фірмою Deye для роботи в одній системі з їхнім інвертором.

Акумулятор Deye BOS-GM5.1 використовує технологію літій-залізо-фосфат (LiFePO₄), що забезпечує високу безпеку, ефективність та довговічність. Ємність АБ 5,1 кВт·год та напругу 51,2 В, що робить його сумісним з високовольтними інверторами. Він оснащений системою управління батареєю (BMS), яка контролює стан зарядки та розрядки, захищає акумулятор від перенапруги, перегріву та глибокого розряду. Ця система також забезпечує балансування елементів батареї, що продовжує її термін служби, дозволяючи акумулятору працювати до 6000 циклів зарядки та розрядки. Робочий температурний діапазон акумулятора становить від -10°C до 50°C. Для безпеки акумулятор обладнано кількома захисними системами: від короткого замикання, надмірного заряду та розряду, а також перегріву. В залежності від постачальника Deye BOS-GM5.1 також має 5-10 річну гарантію.

Таблиця 2 – Середньомісячне використання електроенергії підприємством
впродовж 2022 -2024 років

Місяць	Січ.	Лют.	Берез.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Верес.	Жовт.	Листоп.	Груд.
кВт·год	2389	1969	1924	1687	1349	1147	1231	1485	1446	1742	2088	2028

При розрахунку кількості акумуляторних батарей відштовхуємось від періоду максимального навантаження. Як бачимо з табл. 2, найбільше споживання припадає на січень, впродовж якого щодня витрачалось близько 77 кВт·год. Визначаємо кількість енергії, необхідної для чотирьох годинного відрізка часу, за формулою:

$$W_{4t} = \frac{W_{cd}}{t_{rg}} * t_{аж} = \frac{77}{9} * 4 = 34,22 \text{ кВт·год}, \quad (5)$$

де W_{cd} – середньоденна витрата часу;

t_{rg} – загальна кількість робочих годин впродовж дня;

$t_{аж}$ – час автономного живлення.

Тепер, якщо розділити необхідну кількість енергії W_{4t} на ємність акумуляторної батареї 5.1 кВт·год, дізнаємось, що нам необхідно 7 АБ сумарною ємністю 35,7 кВт·год.

3.3 Теоретичний помісячний розрахунок отриманої електричної енергії

Для того, що б здійснити правильне прогнозування, слід здійснити перерахунок надходження сонячної енергії на поверхню, котра знаходиться під кутом до горизонту та площею 1 м². Для спрощення обчислень скористаємося таблицею 3, в котру будемо заносити всі отримані результати. Як зразок проведемо розрахунок для січня місяця.

Таблиця 3 – Результати розрахунку параметрів енергії сонця що надходить

Місяць	$\frac{H_{th},}{\text{кВт} \cdot \text{год}} \frac{\text{м}^2}$	$\frac{H_{dh},}{\text{кВт} \cdot \text{год}} \frac{\text{м}^2}$	m	$\delta,$ град.	$A_h,$ град.	$A_{\beta},$ град.	r	R_{β}	R	$\frac{H_{\beta}^D,}{\text{кВт} \cdot \text{год}} \frac{\text{м}^2}$	$\frac{H_{\beta}^M,}{\text{кВт} \cdot \text{год}} \frac{\text{м}^2}$	$\frac{H_o,}{\text{кВт} \cdot \text{год}} \frac{\text{м}^2}$
Січень	1,05	1,05	14	-21,14	-63,59	-63,59	0,7	1,48	1,55	1,63	50,53	3,32
Лютий	1,05	1,05	45	-12,98	-74,62	-74,62	0,7	1,48	1,55	1,63	45,64	3,32
Березень	2,82	2,82	73	-2,42	-87,21	-87,21	0,4	1,47	1,28	3,61	111,91	3,32
Квітень	3,83	3,83	103	9,43	-101,01	-92,55	0,4	1,49	1,28	4,9	147	3,32
Травень	4,86	4,86	133	18,83	-113,10	-95,24	0,2	1,58	1,1	5,35	165,85	3,32
Червень	5,02	5,02	164	23,36	-119,79	-96,65	0,2	1,66	1,1	5,52	165,6	3,32
Липень	4,95	4,95	194	21,56	-117,04	-96,08	0,2	1,62	1,1	5,45	168,95	3,32
Серпень	4,49	4,49	225	22,08	-117,82	-96,24	0,2	1,63	1,1	4,94	153,14	3,32
Вересень	3,03	3,03	256	8,04	-99,35	-92,17	0,2	1,49	1,1	3,33	99,9	3,32
Жовтень	1,86	1,86	286	-15,11	-71,90	-71,90	0,4	1,48	1,28	2,38	73,78	3,32
Листопад	1,09	1,09	318	-23,14	-60,55	-60,55	0,4	1,48	1,28	1,4	42	3,32
Грудень	0,83	0,83	348	-15,11	-71,90	-71,90	0,7	1,48	1,55	1,29	39,99	3,32

Для розрахунку ми скористаємося наступними величинами:

H_{th}^D, H_{dh}^D , кВт·год/м² – сумарна та розсіяна середньоденна сонячна радіація, що надходить за місяць на горизонтальну поверхню (значення вказане в таблиці 1 "Tilt 0").

Порядковий номер дня в році m розраховується методом додавання кількості календарних днів, що пройшли до досягнення того ж числа наступного місяця. Наприклад: 14 січня $m=14$; 14 лютого $m=14+31=45$ і т.д.

Схилення сонця δ , має значення географічної широти місця, над яким сонце є у зеніті в день m . 21 березня та 21 вересня (дні весняного та осіннього рівнодення) δ дорівнює нулю, літом δ більше 0, а зимою менше за нього.

Розраховуємо за формулою:

$$\delta = 23,5 \sin \left(\frac{284+m}{365} \cdot 360^\circ \right), \text{ град.} \quad (6)$$

$$\delta_1 = 23,5 \sin \left(\frac{284+14}{365} \cdot 360^\circ \right) = -21,14 \text{ град.}$$

Кут нахилу сонячної панелі β приймаємо на рівні 34° , за яких зможемо отримувати особливо великі значення надходження сонячної енергії в сприятливі для цього літні місяці.

Азимутальний кут заходу Сонця для горизонтальної площини A_h знаходять за формулою:

$$A_h = \arccos[-tg\varphi \cdot tg\delta], \text{ град.}, \quad (7)$$

де φ – географічна широта Львову (49 град. П. ш.).

$$A_{h1} = \arccos[-tg(49^\circ) \cdot tg(-21,14^\circ)] = -63,59 \text{ град.}$$

Азимутальний кут заходу сонця для випадку, нахиленої під кутом β до горизонту поверхні геліоприймача розраховують за формулою:

$$A_\beta = \arccos[-tg(\varphi - \beta) \cdot tg\delta], \text{ град.} \quad (8)$$

$$A_{\beta 1} = \arccos[-tg(49^\circ - 50,53^\circ) \cdot tg(-21,14^\circ)] = -90,25 \text{ град.}$$

Слід зауважити, що значення A_h та A_β завжди повинні мати від'ємне значення і відповідати умові $|A_h| > |A_\beta|$, якщо це не так, то обирається для обох менше з них.

Альbedo r – це коефіцієнт відбивання сонячних променів поверхнею Землі в залежності від покриття в зоні дослідів. Літом, коли земля оголена воно становить – 0,2, зимою коли все покрито снігом і льодом – 0,7, а перші два місяці весни та останні осені можна вважати перехідними, тому приймається 0,4.

Коефіцієнт R_β , який застосовується для переведення значення прямої сонячної радіації з горизонтальної площини на нахилену під кутом β до горизонту поверхню, зорієнтовану на південь, обчислюється за наступною формулою:

$$R_\beta = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin A_\beta + \frac{\pi}{180} A_\beta \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin A_h + \frac{\pi}{180} A_h \sin \varphi \cdot \sin \delta}. \quad (9)$$

$$R_{\beta 1} = \frac{\cos(49^\circ - 34^\circ) \cdot \cos(-21,14^\circ) \cdot \sin(-63,59^\circ) + \frac{\pi}{180} (-63,59^\circ) \sin(49^\circ - 34^\circ) \cdot \sin(-21,14^\circ)}{\cos 49^\circ \cdot \cos(-21,14^\circ) \cdot \sin(-63,59^\circ) + \frac{\pi}{180} (-63,59^\circ) \sin 49^\circ \cdot \sin(-21,14^\circ)} = 1,48.$$

Коефіцієнт R , який застосовується для переведення значення сумарної сонячної енергії з горизонтальної площини на нахилу під кутом, обчислюється за наступною формулою:

$$R = \left(1 - \frac{H_{dh}}{H_{th}}\right) R_{\beta} + \frac{H_{dh}}{H_{th}} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + r \frac{1 + \cos \beta}{2}. \quad (10)$$

$$R_1 = \left(1 - \frac{1,05}{1,05}\right) 1,48 + \frac{1,05}{1,05} \cdot \frac{1 + \cos 34^\circ}{2} + 0,7 \frac{1 + \cos 34^\circ}{2} = 1,55.$$

Середньоденне значення сумарної сонячної радіації за місяць, що надходить на 1 м^2 нахиленої поверхні приймача сонячної енергії, обчислюється як добуток:

$$H_{\beta}^d = R H_{th}, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2. \quad (11)$$

$$H_{\beta 1}^d = 1,55 \cdot 1,05 = 1,63 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2.$$

Середньомісячне значення сумарної сонячної радіації, що падає на 1 м^2 нахиленої поверхні приймача енергії сонця, обчислюється за формулою:

$$H_{\beta}^m = n H_{\beta}^d, W_{\text{заг}}, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2, \quad (12)$$

де n – кількість днів в місяці.

$$H_{\beta 1}^m = 31 \cdot 1,63 = 50,53 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2.$$

Обчислюємо загальну кількість енергії, що буде надходити на всю площу сприймаючих поверхонь впродовж місяця, та вносимо в табл. 4. Для розрахунку енергії користуємося наступною формулою:

$$H_{\beta \text{заг}}^m = H_{\beta}^m S_{\text{заг}}, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (13)$$

де $S_{\text{заг}}$ – це загальна площа сприймаючих поверхонь, яку отримуємо перемноживши площу одного геліоприймача RSM144-7-450M, що становить $2,21 \text{ м}^2$ на їх кількість 48 шт. і отримуємо $106,08 \text{ м}^2$.

$$W_{\text{заг}} = 50,53 \cdot 106,08 = 5360 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Таблиця 4 – Надходжень сонячної енергії на площу СЕС

Місяць	Січ.	Лют.	Берез.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Верес.	Жовт.	Листоп.	Груд.
$W_{\text{заг}}, \text{ кВт} \cdot \text{год}$	5360	4841	11871	15594	17593	17567	17922	16245	10597	7827	4455	4242

Обчислення показали значний рівень надходження енергії від Сонця. Проте слід пам'ятати, що сучасні сонячні панелі не здатні повністю перетворювати отриману енергію. Крім того, додаткові втрати, спричинені нагріванням елементів, перетворенням енергії та її передачею, знижують загальну ефективність до 75–85 % від початкового значення.

Виконаємо обчислення кінцевої кількості енергії з урахуванням ККД та втрат за формулою:

$$W_{SM} = W_{\text{заг}} \eta_{\text{еф}} \cdot 0,8, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (14)$$

де $\eta_{\text{еф}}$ – це ККД сонячної панелі, в нашому випадку він рівний 20,4 %.

$$W_{SM} = 5360 \cdot 0,204 \cdot 0,8 = 875 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Отримані дані вносимо до таблиці 5.

Таблиця 5 – Помісячна генерація електроенергії розробленою СЕС

Місяць	Січ.	Лют.	Берез.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Верес.	Жовт.	Листоп.	Груд.
кВт·год	875	790	1937	2545	2871	2867	2925	2651	1729	1277	727	692

Користуючись таблицями 2 і 5 складаємо графік.

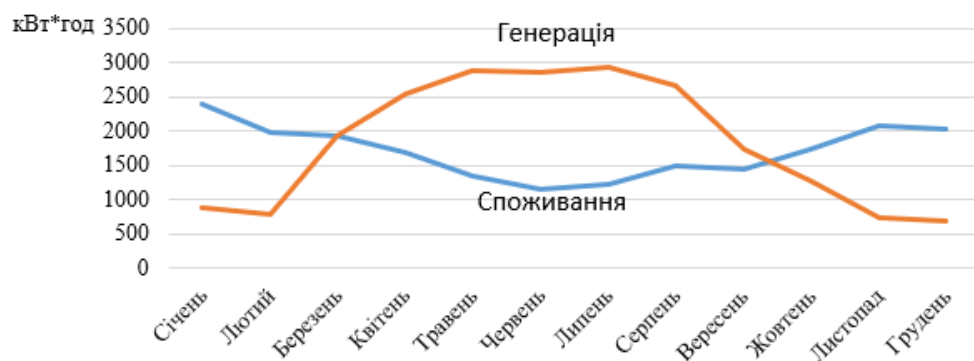


Рисунок 3.1 – Графік споживання та генерації електроенергії

Як видно з графіка (рис. 3.1), спроектована система живлення дозволяє навіть у найскладніші місяці для генерації забезпечувати щонайменше 34 % енергії від спожитої підприємством, а в літній період виробіток перевищує споживання. Оскільки використовується гібридна схема, надлишки електроенергії надходитимуть у мережу, а отримані за них кошти дозволять компенсувати витрати на оплату електроенергії в місяці з недостатньою генерацією.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Безпека при виконанні електромонтажних робіт

Виконувати електромонтаж повинні особи, які володіють необхідними знаннями та кваліфікацією. Це дозволить забезпечити правильне встановлення, підключення й налаштування електрообладнання, кабелів, щитків, розеток, освітлення та іншого електротехнічного устаткування відповідно до вимог безпеки та технічної документації.

Електромонтажники при виконанні робіт з монтажу сонячної електростанції (СЕС) керуються низкою нормативних документів, технічних вимог і практичних правил. До таких, зокрема, належать: ПУЕ (Правила улаштування електроустановок), ДСТУ, правила підключення до мереж оператора системи розподілу, інструкції виробника обладнання та проєктна документація. Дотримання вищезазначених норм і документів забезпечує безпеку працівників і надійну роботу обладнання. На їх основі можна виділити декілька практичних рекомендацій:

- Слід передбачити якісне освітлення на робочому місці.

Після вимкнення електропостачання на об'єкті джерелом світла можуть бути лише прилади з автономним живленням. На великих проєктах іноді прокладають окрему лінію для освітлення, але в більшості випадків доводиться використовувати налобні ліхтарі на світлодіодах. Однак для безпечної роботи одного спрямованого променя недостатньо — потрібне загальне розсіяне освітлення, яке забезпечує добру видимість у темному приміщенні, особливо коли природного світла недостатньо. Тому електромонтажник має мати не лише налобний ліхтар, а й потужний переносний світлодіодний ліхтар з широким кутом освітлення. Найкраще підійдуть моделі на SMD-світлодіодах, які дають рівномірне світло і не засліплюють.

- Під час робіт під напругою необхідно використовувати засоби індивідуального захисту.

У деяких випадках знеструмити об'єкт повністю неможливо, і електромонтаж доводиться виконувати під напругою. У такій ситуації неприпустимо покладатися лише на якість ізоляції провідників. Навіть новий кабель не гарантує безпеки: достатньо одного необережного руху — і можна доторкнутися до оголеної частини проводу. Для роботи з напругою до 1000 В основним засобом захисту є діелектричні гумові рукавички. Якщо напруга перевищує 1000 В, такі рукавички вважаються допоміжними й застосовуються разом з іншими засобами захисту. За низьких температур під них надягають утеплені рукавички. Серед інших засобів захисту, що часто використовуються:

- діелектричні килимки;
- діелектричне взуття;
- ізолюючі штанги;
- інструменти з повністю ізольованими ручками.

Важливо, щоб усі засоби захисту відповідали рівню напруги та проходили періодичну перевірку ізоляції згідно з чинними нормативами (зазвичай раз на рік). Якщо є будь-які пошкодження — тріщини, відколи, потертості — користуватись таким інструментом або засобами захисту заборонено.

- Враховуйте можливість механічних, хімічних травм і термічних опіків.

Хоча сучасні методи електромонтажу все менше пов'язані з використанням відкритого нагріву, важких механічних операцій і агресивних хімічних речовин, ризик отримання опіків, порізів і контакту з шкідливими речовинами досі залишається. Тому обов'язково користуйтеся засобами індивідуального захисту: захисними окулярами, щитками, рукавицями та іншим спецодягом, щоб уникнути травм і зберегти власну безпеку.

- Не працюйте з високою напругою самотужки.

Обов'язково забезпечте присутність поруч людини, яка зможе надати першу допомогу у випадку ураження електричним струмом. Початківцям у професії електромонтажника рекомендується виконувати перші роботи лише під наглядом досвідченого фахівця.

- Під час зварювання та пайки робоче місце має бути вільним від легкозаймистих матеріалів.

Якщо в межах 5 метрів знаходяться легкозаймисті конструкції, їх потрібно захистити спеціальними екранними бар'єрами.

- Слід забезпечити правильне розміщення кабелів.

Безлад у розміщенні кабелів створює потенційну небезпеку для електромонтажника. Використовуйте кабельні стяжки там, де це можливо, щоб забезпечити якісну прокладку проводів. Найпопулярніші види фіксаторів — це одноразові нейлонові стяжки та багаторазові еластичні стяжки, які можна легко розташувати і при необхідності зняти. Використання фіксаторів підвищує ефективність роботи електромонтажника та забезпечує охайність у розводці кабелів.

- Ретельно дотримуйтесь вимог до одягу для електромонтажних робіт

Обов'язковою умовою безпеки є використання спеціального одягу та касок, розроблених для електромонтажу. Костюми для робіт під напругою від 1000 В часто містять струмопровідні елементи або виготовлені з матеріалів, що проводять струм. Це дозволяє спрямувати електричний струм через костюм, уникаючи ураження тіла.

Також важливо, щоб синтетичні матеріали одягу не плавилися при впливі високих температур, властивих електричній дузі, а розкладалися на вуглець (обвуглювалися). Це запобігає потраплянню розплавленого пластику на шкіру, що може викликати опіки. Каски, що використовуються електромонтажниками, виготовлені з діелектричних матеріалів для додаткового захисту.

- Вивчіть план електропроводки та перевірте наявність прихованих проводів

Перед свердлінням стіни ознайомтеся з планом розташування електропроводки в приміщенні. Якщо план відсутній, скористайтесь приладом для виявлення прихованих проводів. Ця порада актуальна для будь-яких ремонтних робіт, але особливо важлива для електромонтажників, які працюють поруч з розетками, вимикачами та іншим електрообладнанням, де дроти заховані в стіні.

З точки зору безпеки рекомендується застосовувати прості та доступні пристрої на електростатичному принципі, які можуть виявляти проводи під напругою, навіть якщо струм не проходить (наприклад, при обриві). Прилади на

електромагнітному принципі більш точні, але визначають лише справні дроти. Найкращий варіант — комбіновані прилади, що використовують декілька методів виявлення, хоча вони дорожчі і потребують навичок роботи.

- Регулярно користуйтеся індикатором напруги

Перед дотиком до оголених проводів обов'язково перевіряйте їх індикатором напруги. Якщо пристрій показує наявність напруги, навіть якщо здається, що це лише незначний струм витоку, не варто покладатися на припущення. Необхідно визначити причину появи напруги там, де її не повинно бути, усунути несправність і тільки після цього продовжувати роботу.

Для мережі 220 (230) В ідеально підходить недорога індикаторна викрутка з неоновую лампою, яка не потребує батарейок і майже не дає помилкових сигналів через побутові прилади. Якщо ви обираєте більш дорогий електронний індикатор, краще віддати перевагу моделі з комбінованою індикацією — світловою та звуковою.

- Знеструмлюйте об'єкт, на якому проводите роботи

Хоч це і базове, очевидне правило, воно часто нехтується електромонтажниками. Іноді це трапляється через небажання кілька разів підходити до вимикача або через бажання одразу бачити результат роботи, особливо коли відсутня детальна схема електропроводки. Внаслідок цього роботи часто виконують під напругою, що без належного захисту значно підвищує ризик ураження електричним струмом. Для безпечного відключення необхідно відключати не лише всі фазові проводи, а й нейтральний. Зазвичай для цього використовують сучасні захисні автомати зручного керування, які спрощують процес знеструмлення. Хоча нове покоління електриків іноді відмовляється від рубильників, вважаючи їх застарілими і незручними, така позиція є помилковою. Рубильники забезпечують вищий рівень безпеки, оскільки їхні контакти механічно розмикаються, на відміну від захисних автоматів, у яких може статися залипання контактів. Крім того, окремий перемикач, який виконує лише функцію відключення живлення, допомагає уникнути плутанини та зменшує вплив людського фактору, що особливо важливо в

складних електричних мережах. Тому використання рубильника підвищує загальну надійність та безпеку електромонтажних робіт.

4.2 Вплив сонячних електростанцій на навколишнє середовище

Сонячні електростанції (СЕС) відіграють ключову роль у переході до екологічно чистої та сталої енергетики. На відміну від традиційних джерел, таких як вугільні або газові ТЕС, вони практично не створюють шкідливих викидів у атмосферу чи воду під час виробництва електроенергії. Завдяки цьому значно знижується рівень парникових газів, що сприяє боротьбі зі змінами клімату. Крім того, СЕС не потребують води для охолодження, що робить їх особливо актуальними у посушливих регіонах. Їх робота не супроводжується шумом, адже фотомодулі не мають рухомих частин, що дозволяє розміщувати станції поблизу житлових об'єктів без шкоди для комфорту людей. Ще одна перевага — це можливість монтажу станцій на дахах будівель, непридатних для сільського господарства ділянках або промислових об'єктах, що дозволяє ефективно використовувати простір без шкоди для продовольчої безпеки. З точки зору екології має суттєві переваги порівняно з іншими способами генерації електроенергії. Насамперед, такий підхід дозволяє мінімізувати вплив на довкілля, оскільки не потребує використання нових земельних ділянок, не спричиняє змін у природному ландшафті, не руйнує екосистем і не впливає на середовище проживання тварин чи рослин. Це особливо важливо у випадках, коли альтернативою є будівництво наземних електростанцій, які можуть потребувати вирубки лісів або осушення ґрунтів.

Проте повна екологічна безпека СЕС — це поширений міф. Встановлення великих наземних станцій може впливати на ландшафт, змінювати природне середовище та витіснити місцеві рослини й тварин. У деяких випадках панелі можуть створювати ефект "теплого острова", поглинаючи сонячне тепло й підвищуючи температуру навколишнього середовища. Окрім цього, значний

вплив на довкілля мають процеси виробництва та утилізації панелей. Вони включають використання потенційно токсичних речовин, таких як кадмій і свинець. При неправильній утилізації старих або пошкоджених панелей ці речовини можуть потрапляти в ґрунт або воду, спричиняючи забруднення. Проблема загострюється відсутністю ефективної інфраструктури з переробки сонячних панелей, особливо в країнах з молодим ринком відновлюваної енергетики, як-от Україна.

Зменшити негативний вплив сонячної енергетики можна за допомогою ретельного планування розміщення станцій, вибору екологічно безпечних технологій і матеріалів, а також створення законодавчої бази для контролю утилізації. Загалом, за відповідального підходу, СЕС залишаються одним із найменш шкідливих джерел енергії, який здатен забезпечити стабільне постачання електроенергії з мінімальними ризиками для довкілля. У ширшій перспективі масове використання СЕС може стати основою декарбонізованої економіки, у якій виробництво, транспорт і побут будуть забезпечені «чистою» енергією. Це призведе до зменшення залежності від викопного палива, а отже — до зниження ризиків екологічних катастроф, пов'язаних із його видобутком, транспортуванням та спалюванням.

Таким чином, розвиток сонячної енергетики має значний потенціал для оздоровлення довкілля, стабілізації клімату і побудови сталого майбутнього.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Визначення витрат на реалізацію та окупність майбутнього проєкту займає ключову позицію у випадку вирішення, чи втілювати його практично. Попередній розрахунок особливо важливим є для таких проєктів, як сонячні електростанції, котрі вимагають значних фінансових ресурсів впродовж дуже короткого часу.

Вартість створення СЕС для приватного підприємства можна розділити на наступні ключові частини:

- вартість обладнання;
- вартість монтажних послуг.

При визначенні вартості обладнання ($C_{\text{обл}}$) я користувався сайтами офіційних представників чи загальнодоступних магазинів. Найкоштовніші та важливіші елементи занесено до таблиці 6. Ціни вказано без знижок.

Таблиця 6 – Таблиця вартості обладнання сонячної електростанції

Назва	Кількість, шт.	Вартість за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
Інвертор SUN-20K-SG01HP3-EU-AM2	1	90000	90000
Сонячна панель RSM144-7-450M	48	3320	159360
Акумуляторна батарея Deye BOS-GM5.1	7	41550	290850
Система кріплення для сонячних панелей	48	2100	100800
Контролер заряду BMS DEYE HVB750V	1	37550	37550
Кабель solar 4мм ² AXIOMA energy	1	4000	4000
Комплект захисту обладнання	2	10500	21000
Загалом:			703560

Вартість монтажних послуг ($C_{\text{мон}}$) для сонячної електростанції в Україні залежить від потужності системи, типу монтажу (даховий чи наземний), складності проєкту та обраного підрядника. Для СЕС потужністю 21,6 кВт орієнтовна вартість монтажу та налагодження, за даними з відкритих джерел, може становити близько 80 000 грн.

Загальну суму вкладень визначаємо за формулою:

$$C_{\text{сум}} = C_{\text{обл}} + C_{\text{мон}}, \text{ грн}, \quad (15)$$

$$C_{\text{сум}} = 703560 + 80000 = 783560 \text{ грн.}$$

Для стимулювання впровадження відновлюваної енергетики в Україні, як і в інших європейських державах, використовується практика підвищеної оплати за «зелену» електроенергію, отриману як приватними домогосподарствами, так і приватними підприємствами. Відповідно до постанови НКРЕКП від 25 березня 2025 року №464, вартість електричної енергії виробленої завдяки енергії сонця, потужність яких не перевищує 150 кВт, за умови їх розташування на дахах або фасадах будівель чи інших споруд становить 4,74 грн/кВт·год. Слід зазначити, що вартість оплати залежить від актуального курсу євро і може корегуватися з часом.

Оскільки сонячні електростанції мають низьку імовірність поломки і більшість обладнання має довготривалий гарантійний термін (до 30 років у сонячних панелей, до 10 у інвертора і т. ін.), приймаємо амортизацію (A) на рівні 2 % від суми витрат, та визначаємо за формулою:

$$C_{\text{ам}} = C_{\text{сум}} \cdot A, \text{ грн}, \quad (16)$$

$$C_{\text{ам}} = 783560 \cdot 0,02 = 15671 \text{ грн.}$$

Підсумувавши значення таблиці 5, дізнаємося кількість згенерованої електроенергії протягом року, яка становить 21 886 кВт·год/рік.

Визначаємо скільки СЕС заробить протягом року користуючись формулою:

$$Z_p = W_{\text{сум}} \cdot P - C_{\text{ам}}, \text{ грн/рік}; \quad (17)$$

$$Z_p = 21886 \cdot 4,74 - 15671 = 88069, \text{ грн/рік};$$

де $W_{\text{сум}}$ - згенерована електроенергія протягом року;

P – ціна за 1 кВт·год згідно «зеленого» тарифу.

Отже тепер ми можемо визначити термін окупності згідно формули:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{C_{\text{сум}}}{Z_p}, \text{ років}; \quad (18)$$

$$T_{\text{окуп}} = \frac{783560}{88069} \approx 8,89 \text{ років.}$$

Термін окупності сонячної електростанції становить близько 8,89 років.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи на тему “Система альтернативного електрозабезпечення офісних приміщень підприємства з використанням обладнання сонячної енергетики” було проаналізовано підприємство та його електричне живлення. На основі відомих даних розглянуто переваги й недоліки додаткового джерела живлення у вигляді приватної сонячної електростанції, а також було виконано порівняльний аналіз альтернативних джерел отримання енергії. Враховуючи необхідні потреби в гнучкості та функціональні можливості системи, обрано гібридну схему побудови СЕС.

Після визначення технічних вимог було виявлено, що на доступній території можна розмістити 48 сонячних панелей Risen сумарною потужністю 21,6 кВт. Під час розрахунку максимальної кількості яких враховувалось затінення. В основі установки стоїть гібридний інвертор SUN-20K-SG01HP3-EU-AM2 від фірми Deye. У результаті виконаного прогнозування кількості згенерованої енергії визначено що розроблена СЕС може генерувати близько 21886 кВт·год на рік. Що дозволить покрити потреби електричної енергії в літні місяці, а кошти, отримані за вироблений надлишок, компенсують витрати в місяці з недостатньою генерацією. Отриманий проєкт є доцільним для реалізації, оскільки термін фінансової окупності електростанції становить близько 8,89 років, а термін служби може досягати 30 років.

Отже, оскільки розроблена сонячна електростанція дозволяє задовольнити потреби розглянутої нами офісно-побутової частини підприємства у майбутньому доцільно розглянути можливість масштабування СЕС. Це дасть можливість забезпечити виробничі приміщення енергією чи отримати додаткові кошти для подальшого розвитку. Представлена кваліфікаційна робота може слугувати основою для подальших розробок електростанцій що генеруватимуть електроенергію з відновлювальних джерел для приватних підприємств, розташованих в межах міста.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Величко С. А. Альтернативна енергетика України : навч. посіб. Харків : Видавнича група "Основа", 2010. 128 с
2. Відновлювана енергетика та системи розосередженої : веб-сайт. URL: <https://ep.kpi.ua/uk/node/24> (дата звернення: 02.05.2025).
3. Волеваха М. М., Гойса М. І. Енергетичні ресурси клімату України. Київ : Наукова думка, 1967. 154 с.
4. Гаєвський О. Ю. Фотоенергетика. Частина І. Сонячна радіація і фотоелектричні модулі Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 150 с.
5. Гальчак В. П., Боярчук В. М. Альтернативні джерела енергії. Енергія Сонця. : навч. посіб. Львів : вид. ЛНАУ, 2008. 135 с.
6. Гальчак В. П., Боярчук В. М., Сиротюк С. В., Коробка С. В., Станицький Т. О. Сонячна енергія та інсоляція: монографія. Львів : Магнолія 2006, 2025. 242 с.
7. Дослідження енергетичного потенціалу та обґрунтування структурних схем систем перетворення і використання відновлюваних джерел енергії / упоряд. : Сиротюк С. В., Коробка С. В. Львів : вид. ЛНАУ, 2007. 34 с.
8. Драганов Б. Х. Земля багата сонцем: використання сонячної енергії в сільському господарстві. Київ: Знання, 1988. 46 с.
9. Дудюк, Д. Л. Нетрадиційна енергетика : основи теорії та задачі : навч. посіб. Львів : Магнолія 2006, 2009. 188 с.
10. Енергія води : веб-сайт. URL: <https://eenergy.com.ua/baza-znan/energiya-vody/> (дата звернення: 04.05.2025).
11. Колонтаєвський Ю. П., Тугай Д. В., Котелевець С. В. Фотоенергетика : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 160 с.
12. Кудря С. О., Головка В. М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії. : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського 2009. 201 с.

13. Мисак Й. С., Возняк О. Т., Дацько О. С., Шаповал С. П. Сонячна енергетика: теорія та практика. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. 340 с.

14. На Волині обдумують можливість обігрівати будинки теплом з надр землі : веб-сайт. URL: https://varta1.com.ua/news/na-volini-obdumuyut-mozhlivist-obigrivati-budinki-teplom-z-nadr-zemli-foto_357282.html (дата звернення: 16.05.2025).

15. На Львівщині відкрили найбільшу сонячну електростанцію в Західній Україні : веб-сайт. URL: <https://day.kyiv.ua/news/271221-na-lvivshchyni-vidkryly-naybilshu-sonyachnu-elektrostantsiyu-v-zakhidniy-ukrayini> (дата звернення: 13.05.2025).

16. Перспективи комерційних дахових СЕС : веб-сайт. URL: <https://avenston.com/news/rooftop-solar-prospects/> (дата звернення: 13.05.2025).

17. Повний посібник з встановлення та розрахунку автономної системи електроживлення на основі сонячних батарей : веб-сайт. URL: <https://brom.ua/uk/povne-kerivnictvo-po-montazhu-i-rozrahunku-avtonomnoy-sistemy-elektrozhivlennya-na-osnovi-sonyshnyh-batarey-ukr> (дата звернення: 21.05.2025).

18. Природа Львівської області / За ред. К.І. Геренчука. Львів : Вища школа. Вид-во при Львів. ун-ті, 1972. 151 с.

19. Промислові та комерційні сонячні електростанції : веб-сайт. URL: <https://avenston.com/articles/utility-scale-vs-commercial-pv/> (дата звернення: 18.05.2025).

20. Різниця між мережевим, автономним і гібридним сонячним інвертором - Hisenpower : веб-сайт. URL: <https://ukrainian.hisenpower.com/blogs/difference-between-on-grid-off-grid-and-hybrid-solar-inverter> (дата звернення: 21.05.2021).

21. Розрахунок затінення сонячних панелей : веб-сайт. URL: <https://ua.raysolpv.com/info/solar-panel-shading-calculation-89001628.html> (дата звернення: 21.05.2025).

22. Романов С. О. Моніторинг, діагностика та прогнозування вихідної потужності геліостанцій за умови роботи в інтелектуальних мережах. *Гірничий вісник : наук.–техн. зб. Кривий Ріг*. 2018. № 104. С. 113–118.

23. Сильвестр Н. Правильне розміщення сонячних станцій. *Новини енергетики* : 2018. № 4. С. 22–26.

24. Сонячна електростанція на 12, 24, 48 чи може 110В? : веб-сайт. URL: <https://trueelectro.com.ua/2019/02/02/solar-panels-system-voltage/> (дата звернення: 25.05.2025).

25. Сонячна електроенергія для початківців. : веб-сайт. URL: <https://vipmart.com.ua/ua/a486669-elektronnaya-kniga-solnechnaya.html> (дата звернення: 17.05.2025).

26. Сонячні колектори: що це, де і як їх можна ефективно застосовувати: веб-сайт. URL: <https://aquaterms.com/ua/novosti/solnechnye-kollektory-chto-eto-gde-i-kak-ih-mozhno-effektivno-primeniat> (дата звернення: 23.05.2025).

27. Стаднік М. І. Гібридне електропостачання з використанням відновлюваних джерел енергії. *Вісник Вінницького політехнічного інституту* : 2020. № 4. С. 32–41.

28. ТЕС на біомасі (сmt. Іванків) : веб-сайт. URL: <https://riola.com.ua/project/tes-na-biotoplive/> (дата звернення: 13.05.2025).

29. Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію, вироблену генеруючими установками споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів, встановлена потужність яких не перевищує 150 кВт : Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 25.03.2025 р. № 464. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0464874-25#Text> (дата звернення: 24.05.2025).

30. Сухарев С. М., Чудак С. Ю., Сухарева О. Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища : навч. посіб. Львів: Новий світ, 2004. 280 с.

31. Що таке мережева Сонячна система? : веб-сайт. URL: <https://uk.shieldenchannel.com/blogs/portable-power-station/what-is-a-grid-tied-solar-system> (дата звернення: 15.05.2025).