

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Клепчик В. М. ст. викладач		
Нормоконтроль	Вакуленко. О. О. ст викладач		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.08.2020	
2	Аналітичний розділ	30.10.2020	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	15.11.2020	
4	Проектно-конструкторський розділ	25.11.2020	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	1.12.2020	
6	Оформлення пояснювальної записки	8.12.2020	
7	Оформлення графічного матеріалу	10.12.2020	

Студент

(підпис)

Кошик О.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Поталіцин С.Ю.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кошик О. І. Розробка автономної системи зовнішнього освітлення автомобільної дороги загального користування державного значення М-19. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕм-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2020.

Стор. - ____; рис. – ____; табл. - ____; креслень - ____; джерел – ____; додатків – ____.

Розроблена математична модель сонячної панелі, яка дозволяє оцінити вихідні енергетичні характеристики сонячної панелі, такі як:

- інтенсивність сонячного випромінювання;
- температури повітря;
- швидкості вітру;
- ступеня орієнтації сонячної панелі на сонці в залежності від пори року і доби.

Дана математична модель дозволяє управляти і оптимізувати роботу сонячної батареї в залежності від кліматичних умов і від ступеня освітленості.

Ключові слова: світильник, автономна система живлення, акумуляторна батарея.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Основні вимоги до системи освітлення	7
1.2 Принцип роботи та особливості конструкції системи автономного освітлення	11
1.3 Орієнтація сонячних батарей в просторі	12
1.4 Висновки до розділу	16
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Аналіз конструктивних особливостей автономної системи вуличного освітлення	17
2.2 Розрахунок потужності сонячних батарей	21
2.3 Розрахунок ємності акумуляторних батарей для автономної освітлювальної установки	27
2.4 Світлотехнічний розрахунок	30
2.5 Висновки до розділу	38
3 РОЗРАХУНКОВО–ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1 Дослідження характеристик фотоелектричних систем	39
3.2 Розробка математичної моделі для керування та оптимізації роботи сонячної батареї	43
3.3 Висновки до розділу	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	53
4.1 Забезпечення охорони праці при будівництві і експлуатації об'єкту, що проектується	54
4.2 Проектні рішення щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, у разі ймовірних аварій на об'єкті будівництва	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	59

ВСТУП

Актуальність теми. Використання сонячної енергії для енергозабезпечення автономних об'єктів є одним з **актуальних** завдань як в Україні, так і в усьому світі.

В даний час відбувається масштабне впровадження комплексів сонячних батарей у багатьох країнах Європи та Азії. Так в Німеччині на частку сонячної енергії приходиться приблизно 20% від усієї енергії, що виробляється за рахунок відновлюваних джерел енергії.

Разом з тим, процес будівництва систем вуличного освітлення досить тривалий, в окремих випадках вимагає повного відновлення всієї інфраструктури, починаючи від мереж живлення та підстанцій, і закінчуючи встановленням опор і щогл освітлення. Відповідно, через відсутність необхідних фінансових ресурсів, вирішити дану проблему досить складно.

У зв'язку з цим, розробка таких систем вуличного освітлення, які б не вимагали великих капітальних витрат, дозволяли б нарощувати потужність, а їх обслуговування проводилося 1-2 рази на рік, є **актуальною** темою.

Мета і завдання дослідження. Основною метою дипломної роботи є розробка високоефективної автономної системи зовнішнього освітлення автомобільної дороги загального користування державного значення М-19.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз нормативних вимог до систем зовнішнього освітлення;
- провести аналіз та обробку статистичних даних, щодо рівня сонячної радіації в містах України
- провести розрахунки елементної бази із якої буде складатися автономний освітлювальний комплекс;
- провести моделювання світлотехнічних параметрів устав ноки зовнішнього (вуличного) освітлення.
- дослідження параметрів автономного комплексу в залежності від умов експлуатації;

- розробити математичну модель для керування та оптимізацією роботи сонячної батареї.

Об'єкт дослідження – є енергетичні та світлотехнічні процеси в автономних освітлювальних комплексах.

Предмет дослідження - є техніко-енергетичні характеристики автономних систем освітлення із відновлювальними джерелами енергії.

Наукова новизна отриманих результатів.

– розвинуто методикау світлотехнічного розрахунку установки вуличного освітлення.

– розвинуто математичну модель для керування та оптимізацією роботи сонячної батареї;

Практичне значення отриманих результатів.

Впровадження результатів досліджень дозволяє підвищити енергетичну ефективність автономних освітлювальних комплексів.

Апробація. Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020 [12].

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (27 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – ____сторінки, ____таблиць, ____рисуноків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Основні вимоги до системи освітлення

Як показують проведені дослідження, системи електропостачання з живленням від відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) можуть бути максимально ефективними тільки в разі індивідуального підходу до вирішення конкретного завдання. Крім того, такий підхід дозволяє істотно заощадити фінансові витрати на той чи інший проект, так як виробники відповідного обладнання, а також його продавці, щоб уникнути комерційних ризиків закладають в нього максимальний запас по потужності і іншим параметрам. І пов'язано це в першу чергу з тим, що сонячне випромінювання не постійно як на протязі року, так і протягом доби. Тобто, система може ефективно функціонувати влітку, і бути марною взимку. Або, наприклад, вона може справлятися з навантаженням в сонячні дні, і відмовити в тому випадку, якщо похмура погода буде кілька днів поспіль. Тому, при розробці конструкції сонячних систем, завжди враховуються всі можливі варіанти і режими роботи, і, закладаючи мінімум надійності для роботи в зимовий період, інші пори року, система може мати надійність, підвищену в рази, що серйозно позначається на кінцевій вартості всієї системи.

При розробці ефективної з точки зору, як економічності, так і економічних показників системи вуличного освітлення, був запропонований інший варіант вирішення проблеми надійності [1].

По-перше, з огляду на те, що використовувати систему освітлення передбачалося в невеликих населених пунктах, в основному в сільській місцевості, в тих місцях, де в даний час вона повністю відсутня, з'явилася можливість знизити нормативні вимоги в бік зниження яскравості покриття (кд/м^2) і горизонтальної освітленості (лк). По-друге, домогтися максимальної ефективності системи, можна лише на основі використання сучасних, так званих «розумних» технічних засобів, які б здійснювали не лише управління

режимами роботи, а й здійснювали контроль роботи всієї системи в автоматичному режимі. По-третє, при проектуванні освітлювальної системи на основі ВДЕ, все використовуване обладнання розраховане на напругу 12-24 В, максимум - 48 В. Тобто, з точки зору електробезпеки, і інших вимог до електричного освітлення, воно не відноситься до електроустановки з робочою напругою до 1000 В. Зовнішнє освітлення міст, селищ і населених пунктів в сільській місцевості, проектується з урахуванням вимог ДБН. Вимоги до освітлення вулиць і доріг в містах і сільських населених пунктах істотно розрізняються. Нормативи штучного освітлення доріг, вулиць і площ в містах та сільських населених пунктах наведені в табл. 1.1-1.2.

Таблиця 1.1 - Магістральні дороги і вулиці загальноміського значення

Інтенсивність руху транспорту, од/год	Яскравість покриття, кд/м ²	Горизонтальна освітленість покриття, лк
Більше 3000	1,6	20
від 1000 до 3000	1,2	20
від 500 до 1000	0,8	15

Таблиця 1.2 - Вулиці та дороги районного і місцевого значення

Інтенсивність руху транспорту, од/год	Яскравість покриття, кд/м ²	Горизонтальна освітленість покриття, лк
Більше 2000	1,0	15
від 500 до 1000	0,6	10
менше 500	0,3	4

Відомо, що у великих містах, з високою інтенсивністю руху, зазначені в табл. 1.1 норми освітленості, як правило, витримуються. Дещо по-іншому все йде в муніципальних районах і сільських населених пунктах. Там, по-перше, будівництво абсолютно нових вулиць і доріг - явище досить рідкісне, а по-друге, технічне обслуговування і експлуатація систем вуличного освітлення вимагає не тільки матеріальних витрат, але і відповідних фахівців. Тому, в

невеликих населених пунктах вуличне освітлення часто не функціонує, демонтується або швидко приходить в непридатність. Зараз, коли починають знову повертатися до вирішення проблем, пов'язаних з забезпечення комфортного середовища для проживання населення, нарівні з питаннями ЖКГ, виникають питання і щодо благоустрою, в тому числі і по вуличному освітленню [2].

Разом з тим, процес будівництва систем вуличного освітлення досить тривалий, в окремих випадках вимагає повного відновлення всієї інфраструктури, починаючи від живильних мереж та підстанцій, і закінчуючи встановленням опор і щогл освітлення. Відповідно, через відсутність необхідних фінансових ресурсів, вирішити дану проблему в сільських населених пункти, досить складно. У зв'язку з цим, розробка таких систем вуличного освітлення, які б не вимагали великих капітальних витрат, дозволяли б нарощувати потужність, а їх обслуговування 1-2 рази на рік, є досить **актуальною**.

Дослідження показують, що забезпечити вище зазначені вимоги, в тому числі і норми освітлення вулиць і доріг сільських населених пунктів, можливо за допомогою локальних освітлювальних установок, які живляться від сонячних електричних станцій(СЕС). Для забезпечення вимог, були проведені розрахунки потужності світлодіодного світильника. За основними параметрами даний світильник повинен бути аналогічний стандартному, стосовно до опор висотою 6-8 м, і лампою типу ДРЛ. Потужність ламп ДРЛ стандартних світильників варіюється від 125 до 1000 Вт, але, найбільш підходящі по потужності (як аналог) - це лампи 125 Вт і 250 Вт, зі світловим потоком, 5900 лм і 13000 лм. Приблизний діаметр світлового плями з опори висотою 6-8 м, повинен становити близько 25 м ($S=1963,5 \text{ м}^2$) з освітленістю в 17-30 лк. Величина світлового потоку лампи (лм) визначається за формулою:

$$\Phi = E \cdot S, \quad (1.1)$$

де E - освітленість;
 S - площа світлового плями.

Таким чином, мінімальна освітленість, яку дає в якості ліхтаря вуличного освітлення лампа типу ДРЛ-125, становить:

$$E = 5900/1963,5 = 3,004 \text{лк} . \quad (1.2)$$

Використовуючи вищенаведені розрахунки, можна зробити висновок, що найбільш економічним джерелом світла для вуличного освітлення невеликих сільських муніципальних утворень, будуть освітлювальні установки зі світловим потоком не менше 2500-3400 лм і споживаної потужністю 30-50 Вт. Структурна схема, яка пояснює принцип роботи системи вуличного освітлення з живленням від сонячної батареї, представлена на рис. 1.1.

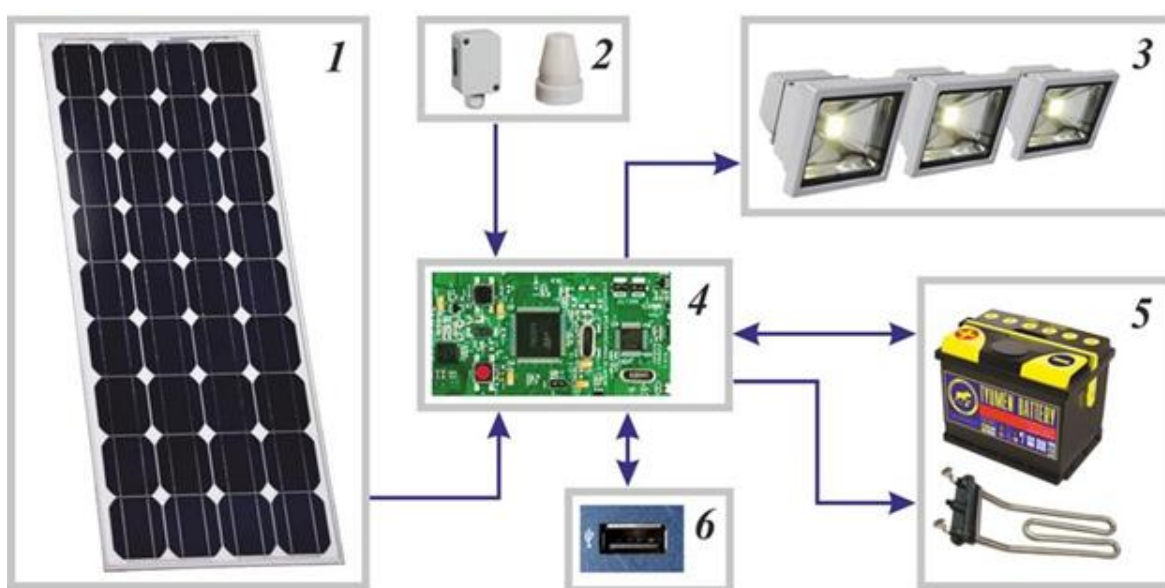


Рисунок 1.1 - Структурна схема економічної системи вуличного освітлення: 1 - сонячна батарея; 2 - блок датчиків; 3 - світильник із ступінчастим регулюванням світлового потоку; 4 - блок управління; 5 - блок акумулятора; 6 - діагностичний контакт

Таким чином, для побудови економічної системи вуличного освітлення

для потреб населеного пункту в сільській місцевості, необхідно розробити принципово нову, інтелектуальну систему управління режимами роботи і «розумний» світильник із ступінчастою зміною світлового потоку.

1.2 Принцип роботи та особливості конструкції системи автономного освітлення

Принцип роботи пропонуваної системи фактично не відрізняється від інших систем, що використовують в своєму складі сонячні батареї. Унікальним є блок управління (4), і «розумний світловий прилад» - світильник із ступінчастим регулюванням потужності світлового потоку (3).

Постійний електричний струм напругою, близько 18 В генерується сонячною панеллю (1) і надходить в блок управління 4, в складі якого знаходиться контролер зарядки акумулятора. Свинцево-кислотний акумулятор ємністю 55 А/год, за розрахунками, забезпечує роботу всієї системи без підзарядки не менше 30 годин, що з урахуванням роботи в темний час, становить орієнтовно, в літній період - 3 доби, в зимовий - 1 добу, в осінній і весняний період, приблизно 2 доби. Так як свинцево кислотні акумулятори чутливі до низьких температур, спочатку, в системі був передбачений підігрів акумуляторного блоку. Підігрів автоматично включається в холодну пору року, при зниженні температури нижче 20°C, і за умови, що акумулятор повністю заряджений. Таким чином, виробляється сонячною батареєю електроенергія не пропадає марно, а використовується для підтримки оптимальної для роботи акумулятора температури, що підвищує як економічність, так і довговічність всієї системи [3].

Блок управління 4 отримує дані про температуру навколишнього середовища і її освітленості за допомогою блоку 2 який складається з датчиків температури і освітленості. Датчик температури дозволяє системі досить точно визначати час року без прив'язки за часом, і управляти таким чином режимом роботи світильника. Залежно від пори року, інтенсивності сонячного

випромінювання і рівня зарядки акумулятора, світильник може працювати в трьох режимах: в режимі максимальної потужності, середньої потужності, і в економічному режимі. Крім того, при тривалій роботі світильника в економічному режимі, система оцінює рівень заряду акумулятора, і переходить на режим роботи з таймером. У цьому режимі, після заходу сонця, світильник включається в роботу в економічному режимі на час T_1 , після чого відключається, і включається за час T_2 до сходу сонця. Час T_1 і T_2 може змінюватися в бік зменшення або збільшення, в залежності від рівня зарядки акумуляторної батареї.

Датчик освітленості (блок 2) служить для включення світильника при настанні темного часу доби, і відключення при появі перших променів сонця.

Система має діагностичний контакт 6, який дозволяє за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення контролювати всі параметри системи, програмувати її роботу, змінювати режими роботи, визначати рівень забруднення сонячної батареї і т.д. Підключення комп'ютера до системи вуличного освітлення проводиться за допомогою послідовного інтерфейсу за стандартом USB 2.0.

1.3 Орієнтація сонячних батарей в просторі

В системах освітлення на основі використання ВДЕ, джерело електричної енергії, як правило, розташовується на тій же опорі, на якій закріплений світильник. У зв'язку з цим, конструкції кріплення сонячної батареї до опори, необхідно приділити особливу увагу, так як від її орієнтації будуть залежати такі важливі характеристики, як, наприклад, потужність що генерується і обсяг вироблюваної електроенергії.

Ідеальним варіантом при орієнтації сонячної батареї є використання трекера (рис.1.2) - пристрою, який «стежить за сонцем», орієнтуючи площину сонячної батареї завжди перпендикулярно до променів сонця, протягом усього світлового дня.

Використання трекара з контролером, дозволять перетворити максимально можливу кількість сонячної енергії в енергію електричну. Основним недоліком такого способу підвищення ефективності сонячних батарей, є ускладнення, а, отже, і подорожчання всієї конструкції. Крім того, трекаер - це складний пристрій, що складається, в тому числі, і з різних механічних вузлів, він вимагає періодичного обслуговування, а при несприятливих погодних умовах (сніг, дощ, обмерзання і т.д.), надійність роботи його різко знижується.

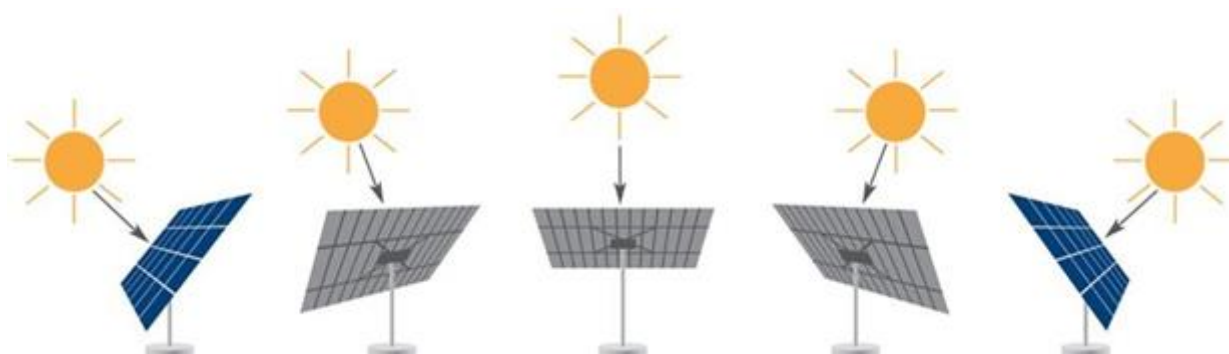


Рисунок 1.2 - Зміна положення сонячної батареї в просторі за допомогою трекара

Аналіз використання систем для стеження за положенням сонця показав, що дані системи доцільно використовувати на СЕС потужністю від 3-5 кВт і вище. Тому, застосування трекаерів з системах вуличного освітлення, де потужність сонячної батареї може бути в межах 50-200 Вт, не сприятиме підвищенню як надійності всієї системи, так її і економічності та ефективності.

Найчастіше, сонячні панелі встановлюють під певним (схилання) кутом до сонця, в напрямку по азимуту на південь або південний схід (рис. 1.3).

Сонячне світло, проходячи шлях від Сонця до Землі, досягає атмосфери, де, одна частина світла заломлюється і поглинається, а частина, що залишилася, що досягла землі, є прямою, найбільш інтенсивною радіацією. Відомо, що сонячні батареї виробляють електрику при відсутності прямого сонячного випромінювання, при похмурих погоді, коли сонячне світло слабке і розсіяне,

фотоелектрична система буде виробляти електрику [4].

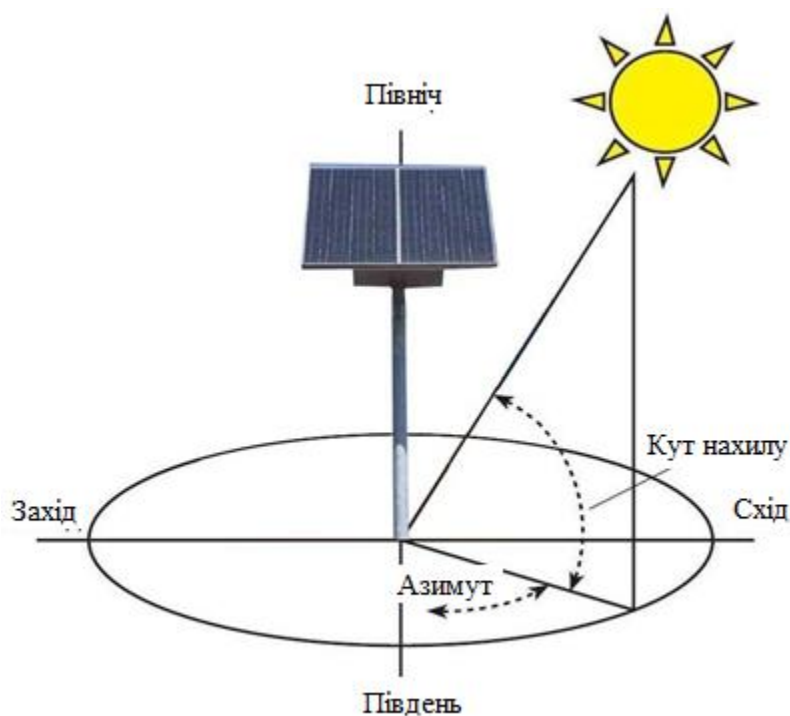


Рисунок 1.3 - Орієнтація сонячної батареї в просторі

Вплив різних умов на вироблення сонячної батареї в відсотках від номінальної потужності, наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Залежність потужності сонячної батареї від умов експлуатації

Характеристика	% від максимального випромінювання
Яскраве сонце	100%
Похмура погода	60-80%
Віконне скло, один шар	20-30%
Штучне світло в приміщенні	91%
Легка хмарність	0,2-1,5%

Положення Сонця на небосхилі визначається двома координатами, азимутом і відміною. Кут між двома лініями, одна з яких з'єднує Сонце і спостерігача, а друга є горизонтальною поверхнею, називається – кутом нахилу. А кут між положенням Сонця і напрямком на південь, називається азимутом.

Слід також враховувати той факт, що напрямок на так званий магнітний південь, тобто той, що вказує компас, може не співпадати з напрямом на дійсний південь. Це пов'язано з тим, що існують два полюси, істинний і магнітний, які не збігаються між собою.

Таким чином пояснюється причина, по якій в деяких випадках, орієнтувати сонячну батарею необхідно не строго на південь, а з невеликим відхиленням на південний схід. Так зване східне схилання неоднакова для різній місцевості. Більш того, напрямок на північ по компасу, в кожній конкретній точці Землі, в різні періоди часу може відрізнятись. Хоча, ці зміни можуть бути істотними за досить тривалий період часу, в десятки і сотні років.

Кут нахилу сонячних батарей відносно поверхні землі, залежить від географічних координат. Причому, для збільшення продуктивності системи, даний кут необхідно змінювати протягом року. Так, влітку його необхідно збільшувати на 10-15°, а взимку, відповідно, зменшити на ті ж 10-15°. У деяких випадках, кут вибирається постійним, середнім між максимальним (зима) і мінімальним (літо) кутами нахилу [8].

Вироблення по місяцях протягом року для західного регіону України, в залежності від кута нахилу, представлена в таблиці таблиця 1.3.

Таблиця 1.3 - Сонячна радіації в західному регіоні України, кВт·год/м²

Західна Українi°	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	рік
Вертикальна розміщення	77,7	99,7	133	116	96,5	90,3	91,3	99,5	97,1	112	86,8	78,5	1178
Горизонтальне розміщення	30,2	49,6	94,3	127	152,9	156	145	131	91	64,4	33,6	23,3	1098
Нахил 50°	70,6	95,9	142	148	147,4	143	138	141	120	118	81,6	69,8	1415

Кут нахилу сонячної батареї є важливим параметром, від якого може залежати ефективність всієї системи. Проте, невеликі зміни кута нахилу, в межах 5-10 ° фактично не роблять істотного впливу на продуктивність системи (див. табл. 1.3).

1.4 Висновки до розділу

Впровадження систем автономного вуличного освітлення на базі сонячних панелей, які не вимагають великих капітальних витрат, і мають низькі експлуатаційні затрати, є **актуальною** задачею.

Аналіз показує, що для вирішення даної задачі, необхідно враховувати багато факторів, а саме орієнтацію сонячної панелі та погодні умови. Крім того великий вплив на роботу такої системи мають режими роботи складових елементів.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз конструктивних особливостей автономної системи вуличного освітлення

Проведені в 2016-2017 рр. дослідження, в тому числі і експериментальні, дозволили отримати унікальні дані, що відображають можливості одиничної освітлювальної установки, яка живиться від монокристаллической сонячної батареї потужністю 100 Вт.

Унікальність отриманих даних полягає в тому, що при використанні «розумного світильника» - світильника з тріступеневої регулюванням світлового потоку, однією, встановленої на опорі автономної системи живлення (АСЖ) потужністю від 100 до 400 Вт, буде досить для живлення від 3 до 10 світильників, по ЛЕП постійної напруги 12-24 В. Число світильників можна збільшити до 20 і більше, якщо збільшити потужність автономної системи живлення до 1 кВт і вище, підвищивши напругу ЛЕП до 48 В. Таким чином, були розглянуті два варіанти систем вуличного освітлення з живленням від автономної системи живлення, які дозволяють знизити собівартість всієї системи освітлення як мінімум в 2-3 рази.

Мінімальний варіант системи вуличного освітлення з живленням від автономної системи живлення, розміщеної на опорі, складається з «розумних світильників», встановлених на трьох опорах. Один з «розумних світильників», встановлений на середній (2-й за рахунком) опорі разом з АСЖ потужністю не менше 100 Вт. Як уже було відзначено вище, сонячна батарея 100 Вт (2x50 Вт) здатна забезпечити електроенергією три «розумних світильниках» загальною мінімальною потужністю 30 Вт, максимальною - 90 Вт.

Слід враховувати той факт, що світлодіодні світильники є більш економічними, ніж звичайні лампи розжарювання або використовуються в системах освітлення лампи типу ДРЛ.

Помилковим є твердження, що потужність світлодіодного джерела світла

в 10 Вт, по силі світлового потоку відповідає потужності звичайної лампи розжарювання в 100 Вт. Вся справа в тому, що світлодіодна лампа з відкритими світлодіодами, і з такими ж по потужності світлодіодами в колбі, мають відмінність в силі світлового потоку 15-20%.

У системі освітлення, для здешевлення конструкції використовується звичайний світлодіодний світильник типу ДСУ05У модернізований під ступінчасте регулювання світлового потоку шляхом установки двох (два ступені) або трьох (три ступені) груп світлодіодів певної потужності.

Співвідношення потужності світильника (Вт), до світлового потоку (люмен), представлено в таблиці 2.1 [10].

Таблиця 2.1 - Співвідношення потужностей різних типів світильників

Лампа розжарювання, Вт	Люмінесцентна лампа, Вт	Світлодіодна лампа, Вт	Світловий потік, Лм
60	15-16	8-10	700
75	18-20	10-12	900
100	25-30	12-15	1200
150	40-50	18-20	1800
200	60-80	25-30	2500

Мінімальний варіант системи вуличного освітлення з живленням від міні сонячної електричної станції (СЕС), розміщеної на опорі, складається з «розумних світильників», встановлених на трьох опорах. Один з світильників, встановлений на середній (2-й за рахунком) опорі разом з міні СЕС потужністю не менше 100 Вт (в залежності від потужності світильників). Система вуличного освітлення, що складається з трьох світильників, яка отримує живлення від міні СЕС потужністю 100 Вт зображена на рис. 2.1. Постійна напруга 12 В передається від міні СЕС до світильників по повітряній лінії електропередач (ЛЕП).

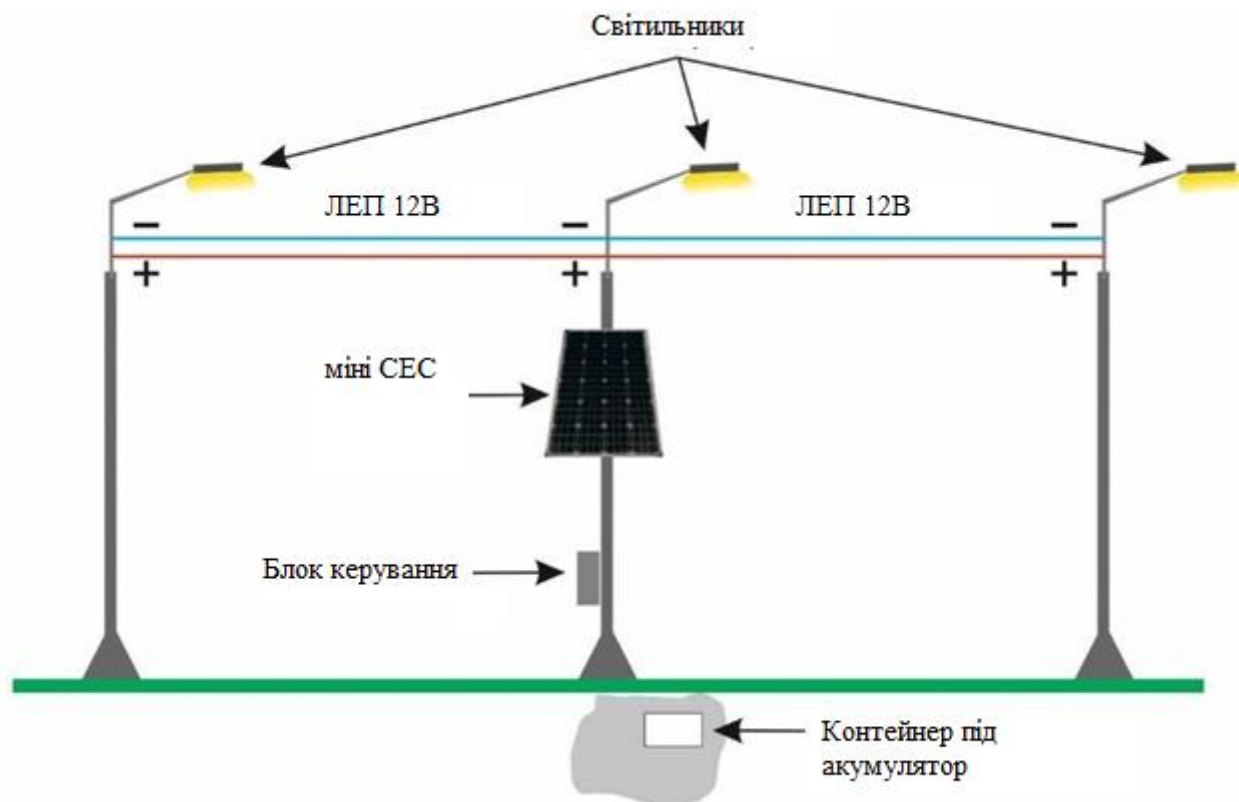


Рисунок 2.1 Система вуличного освітлення потужністю 100 Вт

Представлена на рис. 2.1 система вуличного освітлення призначена для освітлення невеликих ділянок, пішохідних зон, площ і т.д. Відстань між опорами, на яких встановлені світильники, не може перевищувати 50 м. У разі перевищення даного відстані, рекомендується або підвищити робочу напругу міні СЕС до 24 В, або, збільшити переріз проводу ЛЕП [15].

Застосування міні СЕС потужністю 100 Вт з робочою напругою 12-24 В для організації системи вуличного освітлення з кількістю світильному кратним трьом, недоцільно з економічних причин. Наприклад, система освітлення з 6 світильників, матиме 2 міні СЕС, система із 9 світильників - 3 мініСЕС, і т.д.

Для створення системи вуличного освітлення, що складається з великого числа ліхтарів (кратно 5, 7, 9 і т.д.), розроблені більш потужні міні СЕС, потужністю від 0,3 кВт до 1 кВт. Основна проблема, з якою довелося зіткнутися при розробці більш потужних міні СЕС для систем вуличного освітлення зводилася до вирішення досить складної задачі, пов'язаної з розміщенням

великої кількості сонячних (до 10 шт.) батарей на одній опорі. Дана проблема була вирішена шляхом розробки принципово нової, компактної конструкції міні СЕС, на основі використання гетероструктурних сонячних модулів або модулів з використанням полікристалічного кремнію, які більш ефективно працюють при розсіяному світлі.

Опишемо основні недоліки використання міні СЕС у системах вуличного освітлення:

- Додаткові витрати на ЛЕП, що також впливає у додаткові експлуатаційні витрати, складність монтажу і т.д.;
- Кількість світильників повинна бути кратна потужності міні СЕС, а це ускладнює підбір обладнання, знижує ступінь уніфікації самої освітлювальної устав ноки;
- Додаткові втрати в лініях електропередач, що вимагає збільшення поперечного переріз проводів

Тому більш раціональніше використовувати автономні комплекси, які уже мають усі елементи і не потребують використання ліній електропередач. Зображення такого комплексу показано на рис. 2.2.

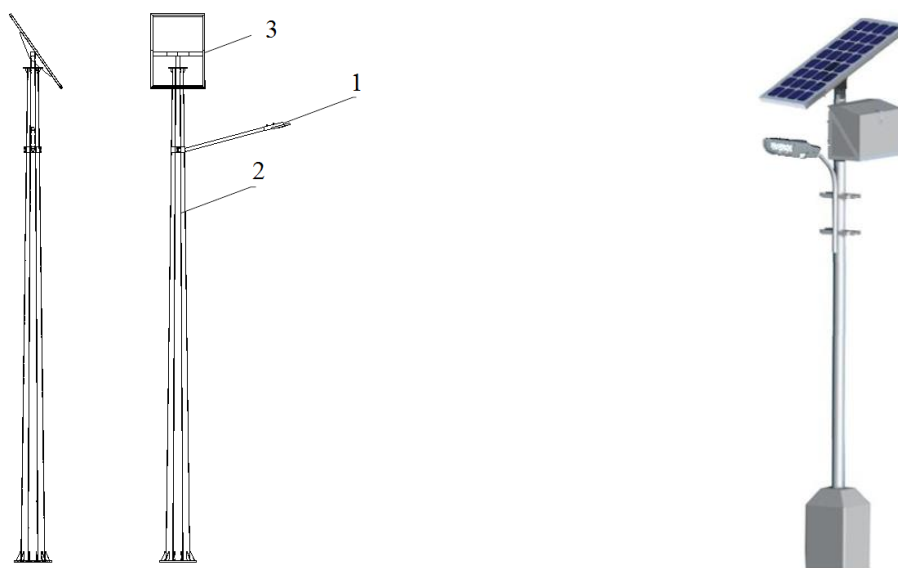


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд автономного освітлювального комплексу

1 – світильник; 2 – опора; сонячна панель

При цьому акумуляторні блоків можна розміщувати в опорі, що забезпечує додаткову антивандальність такого автономного комплексу.

2.2 Розрахунок потужності сонячних батарей

Розрахунок потужності, є одним з головних етапів, на якому закладаються не тільки всі основні робочі параметри і характеристики майбутньої системи вуличного освітлення, а й забезпечується її надійна робота в різних умовах.

Для визначення кількості енергії, яка виробляється сонцем в конкретних географічних і природно-кліматичних умовах, необхідно врахувати два фактори: середньорічну сонячну радіацію, і її середньомісячне значення в найгірших умовах.

Дані за середньорічною сонячної радіації, і її середньомісячним значенням в найгірших (як правило, грудень-січень) умовах наведені на рис. 2.3 та у табл. 2.2 за даними NASA.

Таблиця 2.2 - Середній місячний рівень сонячної радіації (сонячна постійна) в містах України (кВт·год/м² за день) середній показник за останні 22 роки (За даними NASA) [19]

№	Регіон / Місяць	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Средн
1	Сімферополь	1,27	2,06	3,05	4,30	5,44	5,84	6,20	5,34	4,07	2,67	1,55	1,07	3,58
2	Вінниця	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,3	5,16	4,68	3,21	1,97	1,10	0,9	3,11
3	Луцьк	1,02	1,77	2,83	3,91	5,05	5,08	4,94	4,55	3,01	1,83	1,05	0,79	2,99
4	Дніпропетровськ	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,70	5,08	3,66	2,27	1,20	0,96	3,36
5	Донецьк	1,21	1,99	2,94	4,04	5,48	5,55	5,66	5,09	3,67	2,24	1,23	0,96	3,34
6	Житомир	1,01	1,82	2,87	3,88	5,16	5,19	5,04	4,66	3,06	1,87	1,04	0,83	3,04
7	Ужгород	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88	3,16
8	Запоріжжя	1,21	2,00	2,91	4,20	5,62	5,72	5,88	5,18	3,87	2,44	1,25	0,95	3,44
9	Івано-Франківськ	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94
10	Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,10
11	Кропивницький	1,20	1,95	2,96	4,07	5,47	5,49	5,57	4,92	3,57	2,24	1,14	0,96	3,30
12	Луганськ	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93	3,34
13	Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3,00	1,85	1,06	0,83	2,92
14	Миколаїв	1,25	2,10	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55

Продовження таблиці 2.2

15	Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
16	Полтава	1,18	1,96	3,05	4,00	5,40	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	3,25
17	Рівне	1,01	1,81	2,83	3,87	5,08	5,17	4,98	4,58	3,02	1,87	1,04	0,81	3,01
18	Суми	1,13	1,93	3,05	3,98	5,27	5,32	5,38	4,67	3,19	1,98	1,10	0,86	3,16
19	Тернопіль	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5,00	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,99
20	Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,9	3,26
21	Херсон	1,30	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6,00	5,29	4,00	2,57	1,36	1,04	3,55
22	Хмельницький	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,10	0,87	3,06
23	Черкаси	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,40	2,13	1,09	0,91	3,24
24	Чернігів	0,99	1,80	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3,00	1,86	0,98	0,75	3,03
25	Чернівці	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94

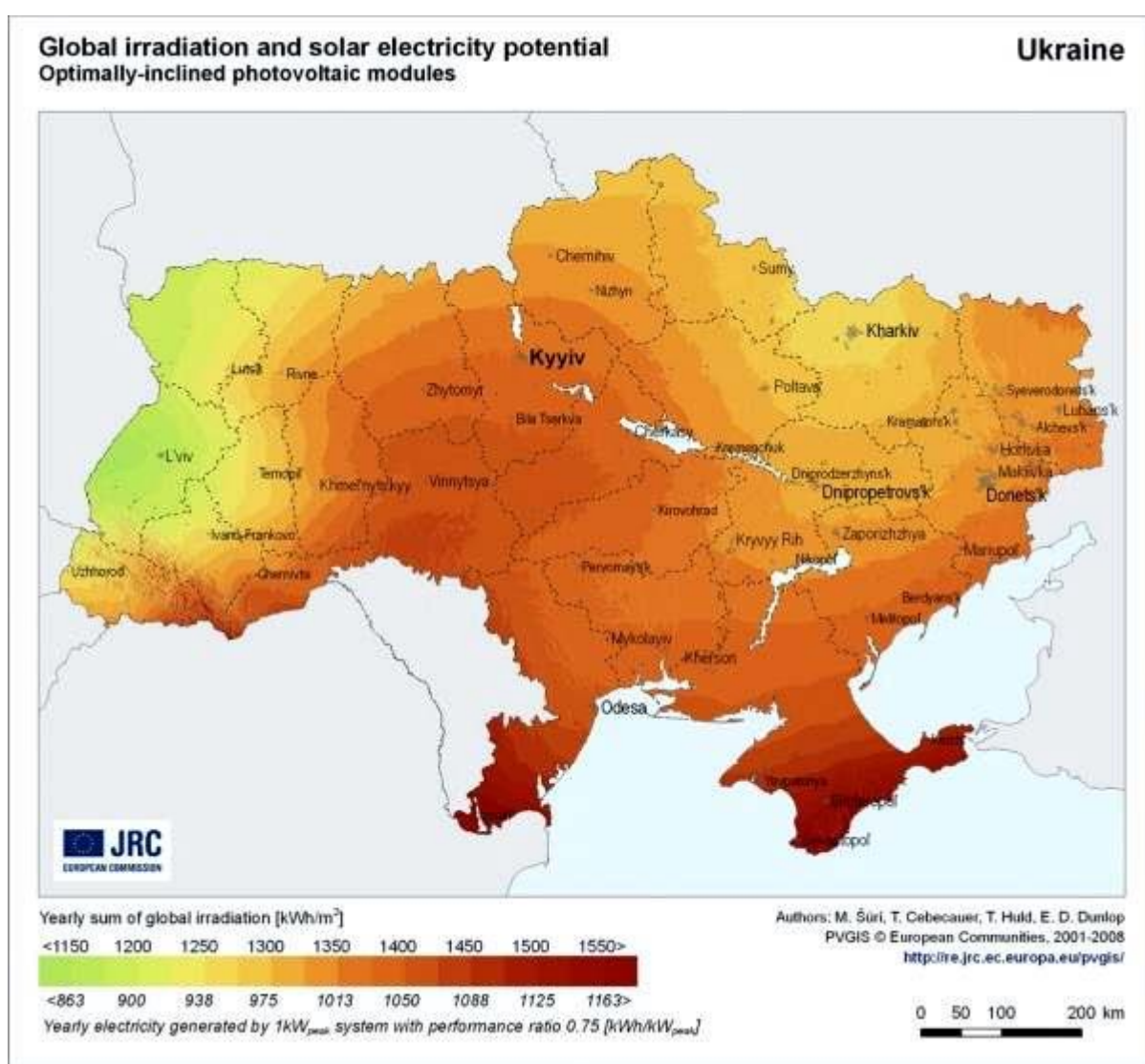


Рисунок 2.3 - Середній місячний рівень сонячної радіації в містах України

Усередненні значення для усіх регіонів України за рік наведено рис. 2.4.

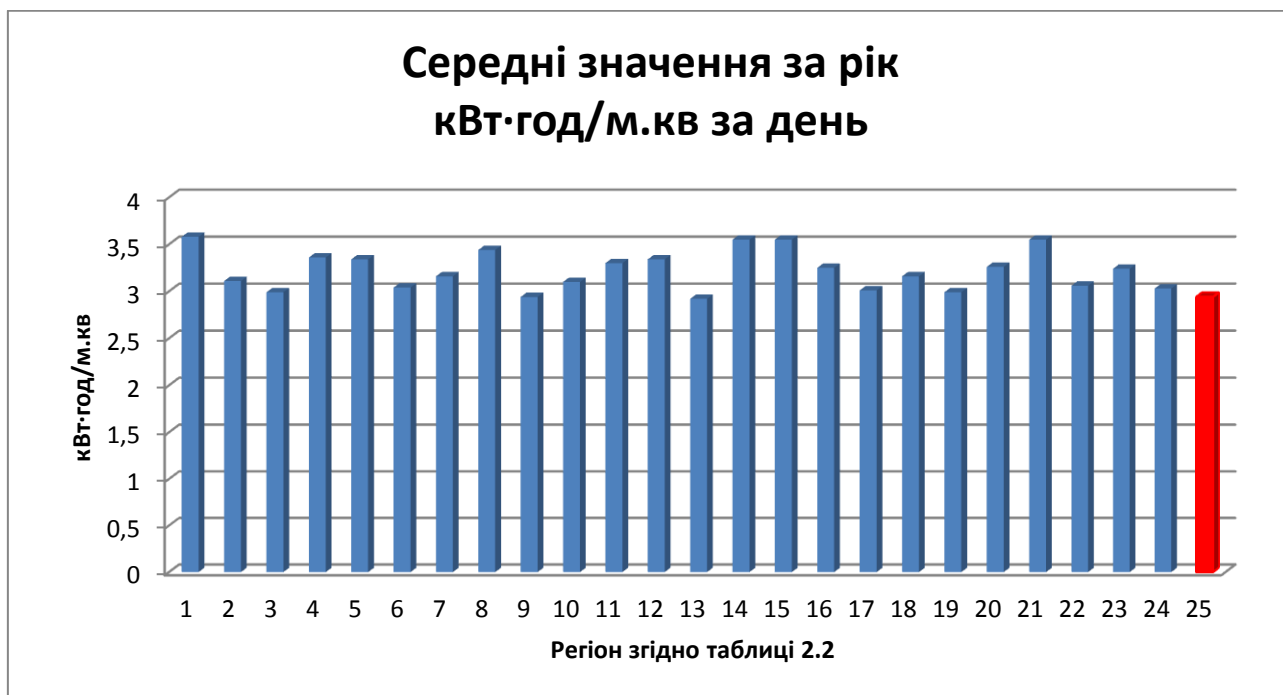


Рисунок 2.4 - Усередненні значення інсоляції для усіх регіонів України за рік

Оскільки завдання даної роботи це розробка системи освітлення в Чернівецькій області для більш наочного відображення сонячної інсоляції побудовано гістограму для Чернівецької області, яка представлена на рис. 2.5.

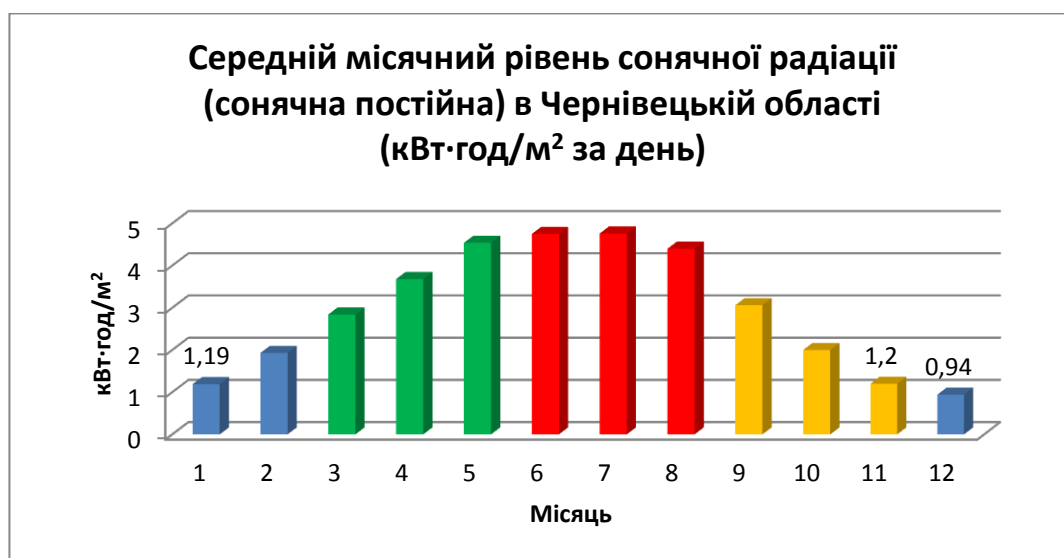


Рисунок 2.5 - Середній місячний рівень сонячної радіації (сонячна постійна) в Чернівецькій області (кВт·год/м² за день)

Як бачимо для Чернівецької області найнижчий рівень сонячної інсоляції припадає на січень, грудень та листопад.

У першому варіанті, де систему розраховують за допомогою середньорічного коефіцієнта, в деякі місяці енергії буде надлишок, що є недоліком. У другому варіанті ж, енергії має завжди вистачатиме, за умови відсутності занадто довгих періодів з несприятливою погодою.

Для визначення кількості піко годин необхідно із таблиці 2.2 вибрати необхідний період і розділити це значення на 1000. Пікогодини це умовний час, коли сонце випромінює максимальний рівень радіації.

Таким чином, один модуль з потужністю P_w в період обраного часу зможе виробити таку кількість енергії:

$$W = \frac{kEP_w}{1000}, \quad (2.1)$$

де E - значення інсоляції за вибраний період;

k - коефіцієнт, який рівний 0,5 або 0,7, в літній та зимовий періоди відповідно.

Цей коефіцієнт бере до уваги нагрів сонячних панелей на сонці, а також кут падіння протягом дня [22]. А різниця в його значенні влітку і взимку через різне нагрівання панелей в цей період. Сумарна потужність сонячних батарей розраховується виходячи з добового споживання всієї системи, основним навантаженням, що працює в темну пору доби.

Для системи, максимальна потужність світильників $P_{\Sigma c}$ визначається із світлотехнічного розрахунку. Добове максимальне споживання W_{24} дорівнюватиме:

$$W_{24} = P_{\Sigma c} T_{\max}. \quad (2.2)$$

Середня кількість годин при роботі світильників на максимальній потужність T_{max} для кожної пори року є різною. Але, якщо вибрати максимальне значення $P_{\Sigma cv}$ - рівне потроєному значенням $P_{\Sigma cv}$ мінімального, то тривалість темного часу доби можна взяти середню за рік. Для цього потрібно визначити середню довготу дня, яка залежить від географічної широти місця і нахилу Сонця.

Для Чернівців, на 2018 р значення довготи дня наведені в таблиці 2.3. Середньорічну довготу дня можна не розраховувати, розділивши 24 години на 2, тим не менш, реальна середня річна тривалість дня для Чернівців дорівнює 12 годин 58 хвилин, тобто, фактично, 13 годин (рис. 2.6). Враховуючи ранкові та вечірні сутінки приймемо, в середньому, що необхідно забезпечити роботу світильників протягом 11 годин.



Рисунок 2.6 – Середнє співвідношення частин доби у Чернівцях за рік

Таблиця 2.3 - Довгота дня по місяцях для Чернівців

Місяць	Початок/кінець місяця, год.	Середнє значення день, год.	Середнє значення ніч, год.
01	7 / 8	7	15
02	8 / 10	9	15
03	10 / 12	11	13
04	13 / 14	13	11
05	15 / 16	15	9
06	16 / 16	16	8

Продовження таблиці 2.3

07	16 / 15	15	9
08	15 / 13	14	10
09	13 / 11	12	12
10	11 / 9	10	14
11	9 / 7	8	16
12	7 / 7	7	15

Для визначення добового вироблення електроенергії однією сонячною батареєю W_{CB} , необхідно помножити її номінальну потужність P_n на час її роботи в добу T_{24} :

$$W_{CB} = P_n T_{24}. \quad (2.3)$$

Аналіз відкритих джерел показує, що добова потужність, що виробляється сонячної батареєю, визначається шляхом множення її номінальній потужності P_n на 5 годин її роботи в добу. Передбачається, що світловий день, в тому числі і взимку, триває від світанку до сутінків, приблизно 9 годин. Але, від цього часу, звичайно забирають майже половину (4 години), яка припадає на низьку інтенсивність сонячного випромінювання через хмарність, опадів і т.д., що знижують продуктивність сонячної батареї.

Як видно з наведених розрахунків (табл. 2.3) і спостережень за 2016-2017 рр., для географічних широт Чернівецької області, час роботи сонячної панелі буде на 1 годину більше, приблизно 6 годин.

Таким чином, для мінімального варіанту системи вуличного освітлення, доцільно використовувати сонячні батареї потужністю 150-200 Вт. Хоча, з метою здешевлення, знижувати потужність сонячних панелей в даному варіанті системи можна аж до 50 Вт, і навіть нижче. Але, при цьому слід мати на увазі, що, наприклад, восени і навесні освітлення працюватиме на мінімальній потужності, а взимку, в залежності від погоди, система може працювати по 1-3 години на добу на мінімальній потужності.

Потужність системи вуличного освітлення залежить не тільки від сумарної потужності сонячних батарей, а й від обсягу енергії, яку вдалося запасти, тобто, від ємності акумуляторів.

2.3 Розрахунок ємності акумуляторних батарей для автономної освітлювальної установки

Накопичена за час світлового дня в акумуляторі енергія, в темний час доби забезпечує роботу навантаження, в якості якої використовуються світлодіодні світильники. Щоб визначити енергію АБ потрібно помножити її потужність на номінальну напругу. Цей показник вказує необхідну ємність батареї, іншими словами наскільки довго вона зможе забезпечувати електричною енергією навантаження, при повному заряді. Зміна ємності ΔC за час живлення навантаження $\Delta t_{нч}$ визначається як

$$\Delta C = \frac{P_n}{U_n} \Delta t_{нч} = \frac{P_n}{U_n} 24(\Delta t_{дч}), \quad (2.4)$$

де P_n - номінальна потужність навантаження;

U_n - номінальна напруга навантаження;

$\Delta t_{нч}$ - інтервал нічного часу доби (в літній час – 10год, зимою – 16год);

$\Delta t_{дч}$ - інтервал денного часу доби.

При повному розряді акумулятор може вийти із ладу. Для запобігання поломки АБ виробники захищають її так званим параметром кінцевої напруги розряду, при якій акумулятори відключаються. Для довговічної роботи акумуляторів не варто допускати його розрядження більше а ніж на 70-85% від номінальної ємності. Розрахунок розряду акумуляторної батареї проводиться за формулою:

$$S_p = \frac{C_n - C_{\min}}{C_n} 100\% = \frac{\Delta C}{C_n} 100\% . \quad (2.5)$$

Враховуючи вирази (2.4) та (2.5) розрахунок ємності АБ визначається за формулою:

$$C_n = \frac{100}{S_p} \frac{P_n}{C_n} \Delta t_{нч} . \quad (2.6)$$

За допомогою рівняння (2.6) можна провести розрахунок номінальної ємності акумуляторної батареї при сталому режимі роботи. Для зимових періодів роботи АБ потрібно враховувати її складний режим роботи. Найбільш важким режимом експлуатації акумуляторних батарей є зима, тому приймають, що $\Delta t_{нч} = 16200$, а максимально можливий розряд батареї не більше - $S_p = 70\%$. Крім того чим більша напруга живлення, тим ємність АБ може бути меншою, оскільки струм розряду ($I_p = P_n / U_n$) буде меншим.

Для звичайних свинцево-кислотних акумуляторів, максимальний струм розряду обмежений значенням, яке, в амперах, становить від 5 до 25 ємностей акумулятора. Чим менше струм розряду, тим, відповідно, будуть менші втрати потужності, а, отже, вище ККД системи.

Саме збільшенням напруги і зниженням струму, пояснюється застосування напруги 24 В замість 12 В.

Тому, одним із способів підвищення ефективності систем вуличного освітлення на основі використання сонячних панелей і акумуляторними батареями, є застосування більш високої напруги. При високій потужності електроприймачів доцільніше використовувати високовольтні системи в порівнянні із системами низької напруги.

Для збільшення ємності, акумуляторна батарея необхідної ємності можна забезпечити за рахунок з'єднання декількох АБ паралельно. При послідовному

з'єднання окремих АБ забезпечується підвищення напруги.

Енергоємність акумуляторної батареї обчислюється як:

$$W = C_n U_n . \quad (2.7)$$

Число послідовно з'єднаних одиночних акумуляторних батарей в гілці визначається як:

$$n = \frac{U_n}{U_{аб}}, \quad (2.8)$$

де $U_{аб}$ - напруга акумуляторної батареї.

Число паралельних гілок в акумуляторній батареї визначається як:

$$m = \frac{C_n}{C_{аб}}, \quad (2.9)$$

де $C_{аб}$ - ємність окремої акумуляторної батареї.

Загальна кількість окремих акумуляторних батарей визначається за формулою:

$$N = n \cdot m . \quad (2.10)$$

Підвищення ефективності системи живлення за рахунок збільшення ємності і напруги акумуляторних батарей, це не єдиний спосіб, пов'язаний з накопичувачами енергії. Від типу акумуляторної батареї, також можуть залежати багато показників ефективності системи. Для систем альтернативної енергетики і систем резервного живлення, в даний час випускаються спеціальні акумуляторні батареї.

2.4 Світлотехнічний розрахунок

Світлотехнічний розрахунок розробляється для транспортної розв'язки в одному рівні кільцевого типу з малим діаметром центрального острівця на автомобільній дорозі загального користування державного значення М-19 Доманове (на м. Брест) – Ковель – Чернівці – Теремблече (на м. Бухарест) на ділянці км 450+000, Чернівецької області.

Проектна ділянка км 450+000 капітального ремонту транспортної розв'язки в одному рівні кільцевого типу розташована на території Чернівецької області.

Посилання на нормативні акти та документи:

ПУЕ «Правила улаштування електроустановок»;

ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»;

ГБН В.2.3-37641918-555:2016 Автомобільні дороги. Транспортні розв'язки в одному рівні. Проектування;

ДБН В.2.3-5-2018 – Вулиці та дороги населених пунктів;

ДБН В.2.3-4:2015 – Автомобільні дороги;

ДБН А.3.2-2-2009 – Система стандартів безпеки праці. Охорони праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення;

ДБН А.2.2-3:2014 – Склад та зміст проектної документації.

Коротка характеристика ділянки будівництва

Відповідно до адміністративно-територіального устрою ділянка, що проектується розташована в Чернівецькій області та є складовою частиною автомобільної дороги загального користування державного значення М-19 Доманове (на м. Брест) – Ковель – Чернівці – Теремблече (на м. Бухарест), яка забезпечує міжнародні транспортні зв'язки.

Основні технічні нормативи, прийняті для проектування:

- Технічна категорія дороги – II;
- Кількість смуг руху – 2 смуги;

- Основна розрахункова швидкість руху на підходах до перехрестя – 90 км/год;
- Ширина смуги руху – 3,75м;
- Ширина земляного полотна – 15,0м.

Генеральний план ділянки, що буде освітлюватися показна на рис. 2.7.

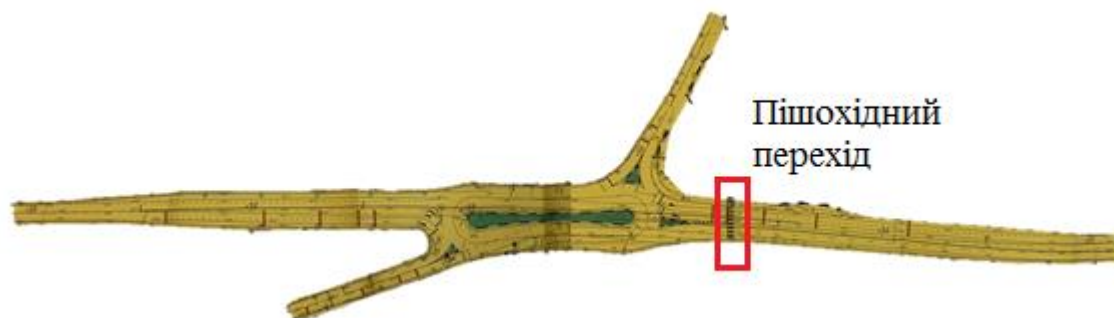


Рисунок 2.7 – Генеральний план автомобільної дороги загального користування державного значення М-19 Доманове (на м. Брест) – Ковель – Чернівці – Терблече (на м. Бухарест)

Особливістю даної ділянки є те, що на ній присутній пішохідний перехід. Згідно норм ДБН [23] для освітлення пішохідних переходів передбачено вищий рівень освітленості. Тому на першому етапі було розроблено проект освітлення пішохідного переходу. Більш детальне креслення переходу зображено на рис. 2.8.

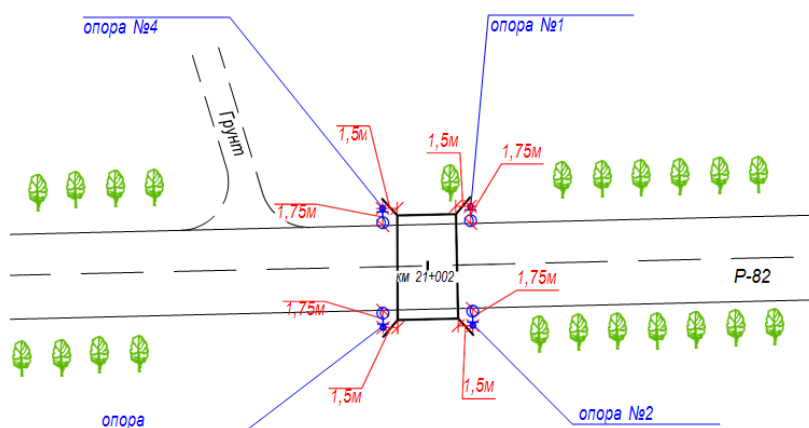


Рисунок 2.8 – Ситуаційний план розташування опор освітлення для освітлення нерегульованого пішохідного переходу

Для освітлення пішохідного переходу було використано світильники потужністю 60Вт виробництва ТОВ «ОСП Корпорації Ватра» типу ДТУ18У-60-001 на напругу живлення 24В. Світильник розташовувалися на опорі висотою 7м. Розрахунок проводився на основі геометричної моделі вулиці.

Розміри дороги задавалися через поверхню A . Координати розрахункових точок дороги формувалися у масиви A_X , A_Y , A_Z :

$$\begin{aligned}
 A_X &= \begin{pmatrix} A_{X1,1} & A_{X1,2} & \dots & A_{X1,j} \\ A_{X2,1} & A_{X2,2} & \dots & A_{X2,j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{Xi,1} & A_{Xi,2} & \dots & A_{Xi,j} \end{pmatrix}, \\
 A_Y &= \begin{pmatrix} A_{Y1,1} & A_{Y1,2} & \dots & A_{Y1,j} \\ A_{Y2,1} & A_{Y2,2} & \dots & A_{Y2,j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{Yi,1} & A_{Yi,2} & \dots & A_{Yi,j} \end{pmatrix}, \\
 A_Z &= \begin{pmatrix} A_{Z1,1} & A_{Z1,2} & \dots & A_{Z1,j} \\ A_{Z2,1} & A_{Z2,2} & \dots & A_{Z2,j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{Zi,1} & A_{Zi,2} & \dots & A_{Zi,j} \end{pmatrix}.
 \end{aligned} \tag{2.11}$$

Розташування світильників C_k , визначалася координатами його оптичного центра X_k , Y_k , Z_k , де k – номер світильника. Кількість світильників розраховувалася за формулою:

$$k = \frac{W_A}{S}, \tag{2.12}$$

де W_A – довжина проїжджої частини;

S – відстань між СП.

На основі цього було розроблено геометричні модель вулиці, яка показана на рис. 2.9.

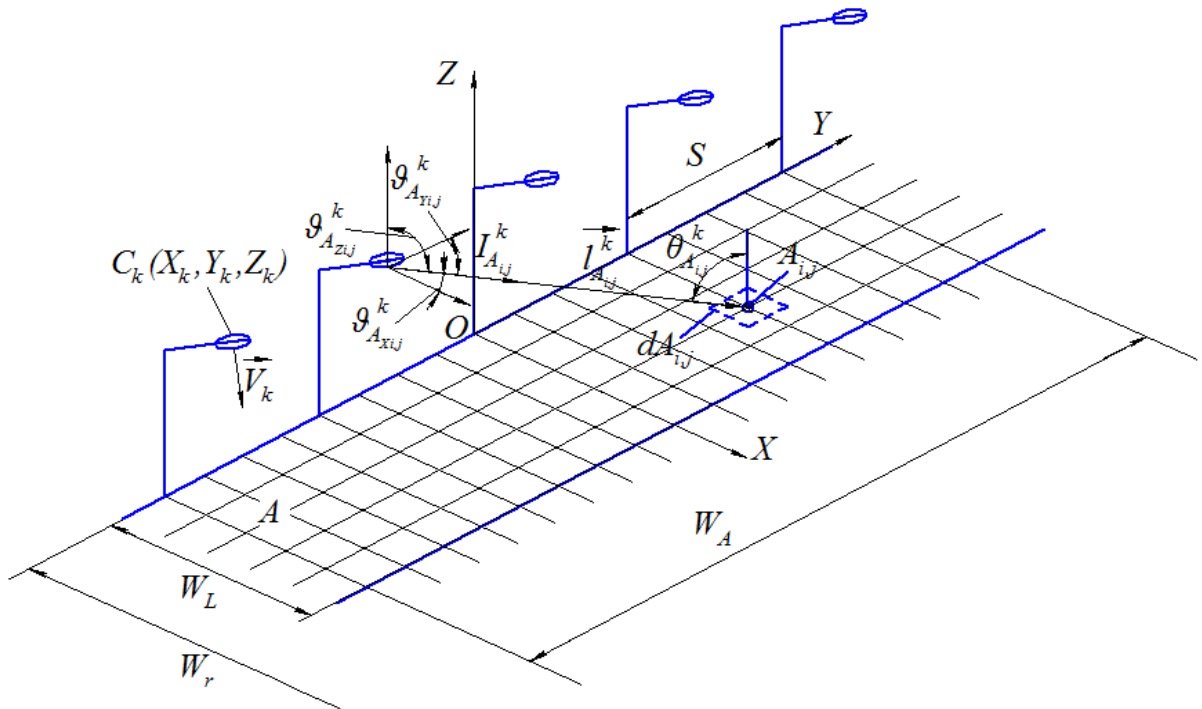


Рисунок 2.9 - Геометричне модель вулиці

Світлорозподіл світильників задавався масивами:

$$\begin{aligned}
 I_X &= \begin{pmatrix} I_{X1,1} & I_{X1,2} & \dots & I_{X1,q} \\ I_{X2,1} & I_{X2,2} & \dots & I_{X2,q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ I_{Xp,1} & I_{Xp,2} & \dots & I_{Xp,q} \end{pmatrix}, \\
 I_Y &= \begin{pmatrix} I_{Y1,1} & I_{Y1,2} & \dots & I_{Y1,q} \\ I_{Y2,1} & I_{Y2,2} & \dots & I_{Y2,q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ I_{Yp,1} & I_{Yp,2} & \dots & I_{Yp,q} \end{pmatrix}, \\
 I_Z &= \begin{pmatrix} I_{Z1,1} & I_{Z1,2} & \dots & I_{Z1,q} \\ I_{Z2,1} & I_{Z2,2} & \dots & I_{Z2,q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ I_{Zp,1} & I_{Zp,2} & \dots & I_{Zp,q} \end{pmatrix}.
 \end{aligned} \tag{2.13}$$

Значення сили світла в напрямку до розрахункової точки розраховувалося за формулою:

$$I_{p,q} = \sqrt{I_{X p,q}^2 + I_{Y p,q}^2 + I_{Z p,q}^2}, \quad (2.14)$$

де $\lambda_{p,q}$, $\mu_{p,q}$, $\tau_{p,q}$ – кути між силою світла $I_{p,q}$ та осями OX , OY , OZ відповідно, які розраховувалися:

$$\begin{aligned} \lambda_{p,q} &= \arccos\left(\frac{I_{X p,q}}{I_{p,q}}\right), \\ \mu_{p,q} &= \arccos\left(\frac{I_{Y p,q}}{I_{p,q}}\right), \\ \tau_{p,q} &= \arccos\left(\frac{I_{Z p,q}}{I_{p,q}}\right). \end{aligned} \quad (2.15)$$

Значення середньої яскравості L_{cep} розраховувалась, як середнє значень яскравості $L_{A_i,j}^n$ в кожній точці $A_{i,j}$:

$$L_{cep}^n = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N L_{A_i,j}^n. \quad (2.16)$$

Яскравість $L_{A_i,j}^n$ розраховувалась за формулою:

$$L_{A_i,j}^n = \frac{1}{K_3 \pi} \sum_{m=1}^k r_{A_i,j}^n E_{A_i,j}^k, \quad (2.17)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу

$r_{A_i,j,k}^n$ – коефіцієнт яскравості.

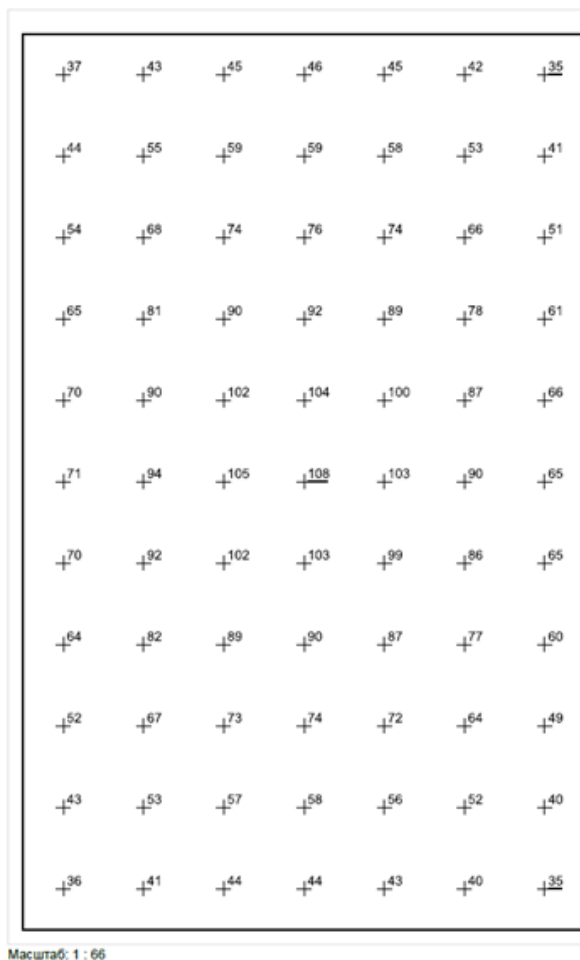
Коефіцієнт рівномірності U_0 та U_1 розраховувалися за формулами:

$$U_0 = \frac{L_{\min}}{L_{\text{сер}}} \quad (2.18)$$

$$U_1 = \frac{L_{1\min}}{L_{1\max}} \quad (2.19)$$

Використовуючи дану модель було побудовано розподіл освітленості, який показано на рис. 2.9

Пішохідний перехід



Масштаб: 1 : 66

Рисунок 2.10 – Розподіл освітленості на пішохідному переході

Дану модель було використано для розрахунку усїєї ділянки вулиці. На рис. 2.11 показано розташування опор освітлення.

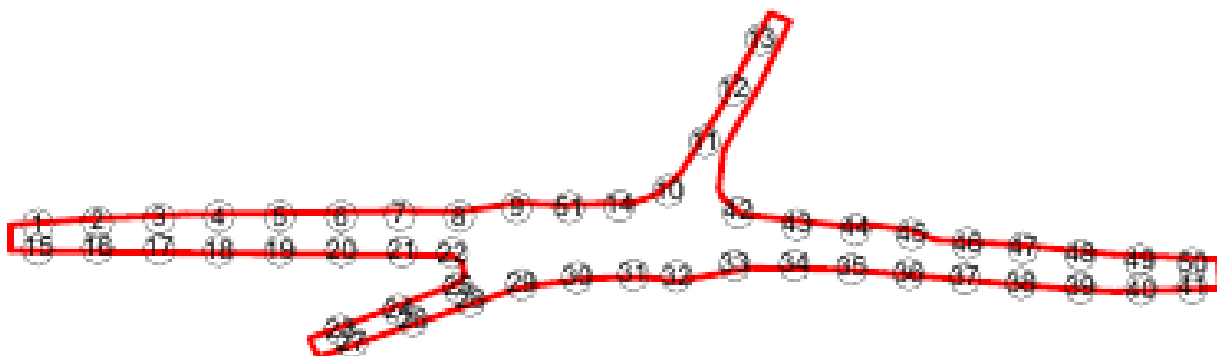


Рисунок 2.11 – Розташування опор освітлення

На рис. 2.12 показано розподіл освітленості на дорожньому полотні.

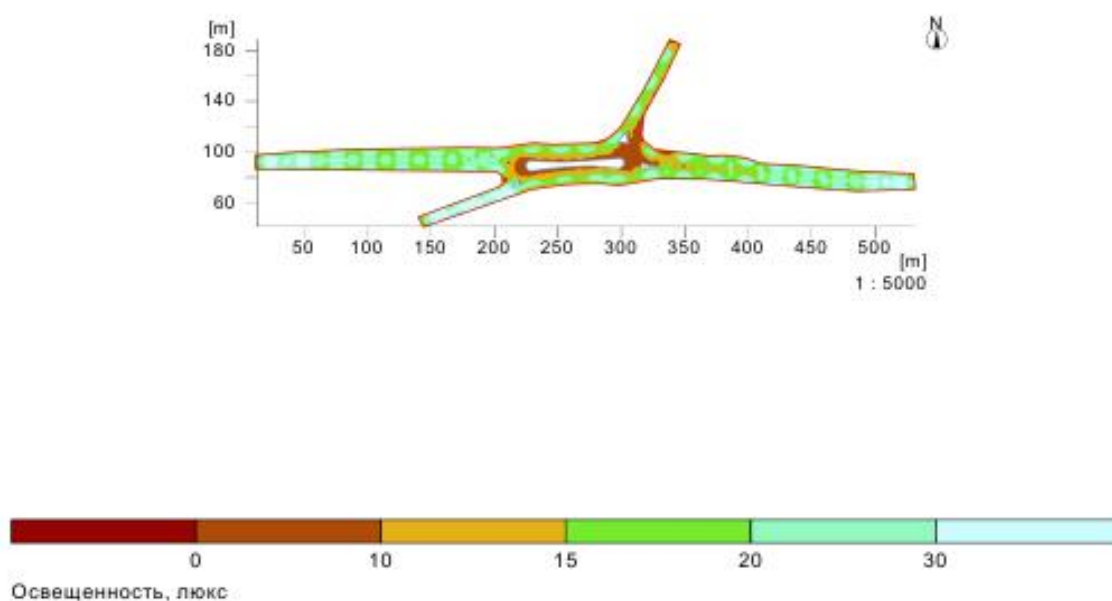
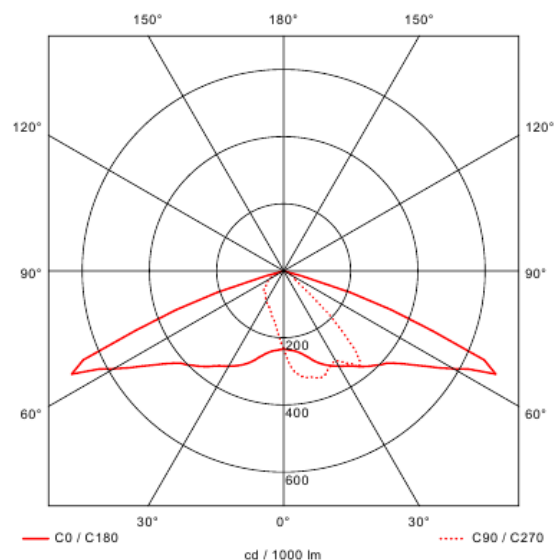


Рисунок 2.12 – Розподіл освітленості

В загальному в проєкті було використано світильники ДТУ18У-60-001 у кількості 51шт. Зовнішній вигляд світильника зображено на рис. 2.13.



а)



б)

Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд (а) та криві сили світла (б) світильника ДТУ18У-60-001

Враховуючи формули (2.1-2.10) було розраховано та вибрано потужність сонячних панелей та ємність АБ для потужності світильника 60 Вт та кількості 51шт. На рис. 2.14 показано схему з'єднання елементів автономної освітлювальної установки.

Уся елементна база розміщувалася у термошафі герметичній із ступенем пиловологозахисту IP65.

Для з'єднання елементів автономної систем було вибрано наступні кабелі:

1. контролер-сонячна панель – кабель Solar 4мм², який застосовується для сонячних батарей. На відміну від звичайних кабелів, кабель для сонячних панелей має спеціальну двошаровою ізоляцією, яка захищає його мідні жили від всіх типів впливу навколишнього середовища (дощ, сніг, ультрафіолетове випромінювання, температурні перепади).
2. контролер-акумуляторна батарея – кабель ПВ-3 4мм² використовується де потрібні значні перегини лінії при прокладці, а також присутні ударні навантаження, вібрації, шумові впливи, скачки атмосферного тиску.
3. контролер-світильник – кабель ВВГнг 3х1,5мм² оптимальний у

використанні для мереж, що мають низької напруги 12-24В. Особливістю конструкції кабелю є те, що його жила, як правило, однодротова, що має круглий перетин розміром 1,5 мм².

Переріз кабелів вибирався з довідкових даних враховуючи потужність світильників, сонячної панелі та акумуляторних блоків.

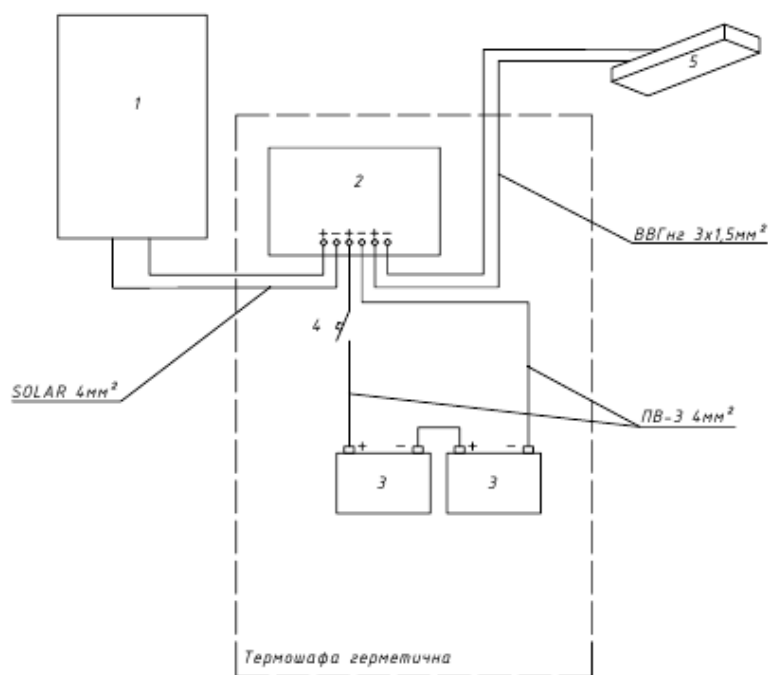


Рисунок 2.13 – Схема підключення: 1 - Панель сонячна генеруюча 285 Вт; 2 - Контролер управління $I_n=20A$; 3 - Батарея акумуляторна герметична GEL 24 В 85 АН (2шт); 4 - Автоматичний вимикач $I_{ном}=25A$; 5 Світильник світлодіодний вуличний, консольний - ДТУ18У 24 В, 60 Вт

2.5 Висновки до розділу

Розраховано систему автономного комплексу для освітлення вулиці. Запропонований варіант дозволяє забезпечити кількісні та якісні показники освітлення. Крім того при виборі елементної бази системи було враховано погодні умови Чернівецької області.

3 РОЗРАХУНКОВО–ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Дослідження характеристик фотоелектричних систем

При дослідженнях сонячних елементів їх можна зрівнювати із іншими джерелами енергії, але кількість енергії, що продукується, сонячною панеллю залежить від кількості світла, що падає на її поверхню. В погоду із малою сонячною інсоляцією кількість електроенергії, що виробляється сонячною панеллю може зменшуватися навіть на 50-60%. Крім того, якщо сонячна панель має у своїй будові дефект, то це також може значно знижувати її ККД. Для отримання необхідної потужності необхідно вибрати сонячну панель по струму. Якщо елементи сонячної панелі будуть неоднорідними, відповідно кількість електроенергії, що буде вироблятися буде залежати від найгіршого елемента [14].

Сонячні батареї неможливо описати простими рівняння та законами, оскільки це є нелінійний елемент. Найкращим методом описування параметрів сонячних панелей це представлення результатів у вигляді вольт амперних характеристик (ВАХ) (рис. 3.1).

Очевидно, що при з'єднанні складальних одиниць сонячної панелі кожний елемент буде мати де, що різні параметри. Це все залежить від якості складання та конструктивних одиниць, що входять в будову сонячної панелі в цілому. При цьому напруга холостого ходу може відрізнятись на 0,5-0,6В. В свою чергу дещо інша ситуація із струмом. Ця величина залежить від освітленості поверхні сонячної панелі. Також струм залежить від робочої площі сонячного елемента, від забрудненості поверхні, від температури і т.д.

Очевидно, що робочий режим сонячного елемента залежить від багатьох факторів, а саме:

- погодні умови експлуатації;
- будова сонячної панелі.

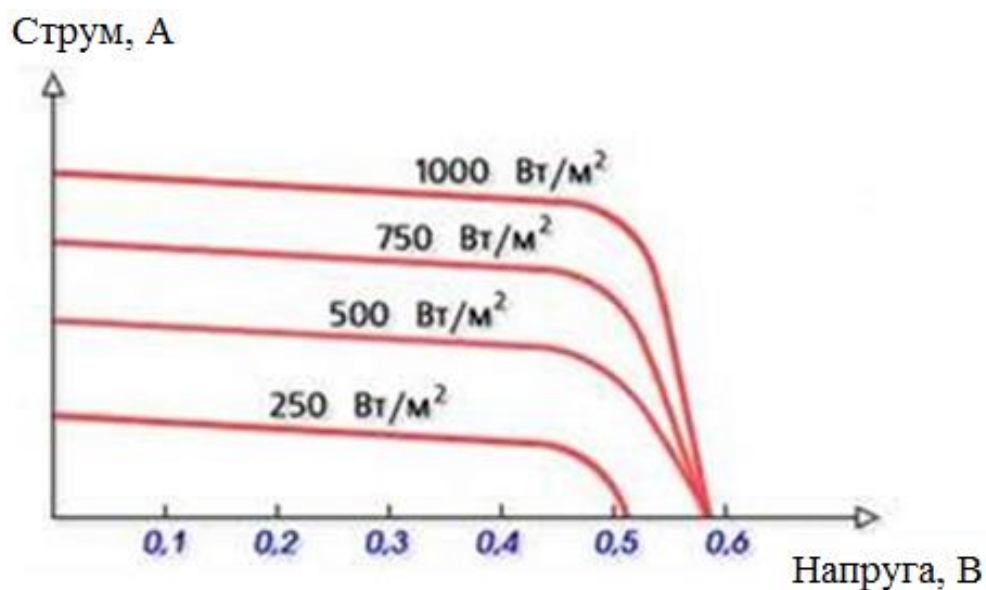


Рисунок 3.1 – Типова ВАХ сонячного елемента

Таким чином, якщо поступово навантажувати сонячний елемент, можна отримати типовий графік залежності потужності та струму від напруги, який показано на рис. 3.2.

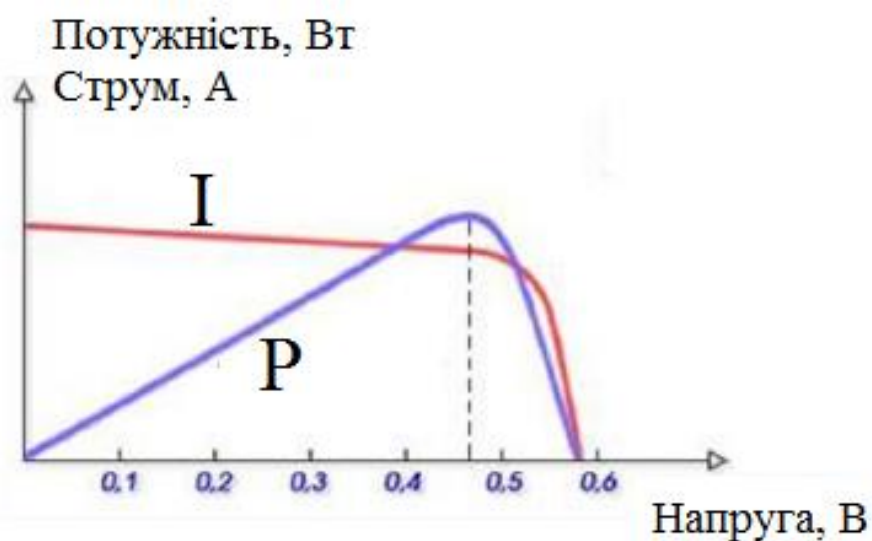


Рисунок 3.2 – Залежність потужності і струму від напруги сонячного елемента

Як бачимо із графіка зображеного на рис. 3.2 максимальна (пікова) потужність відповідає напрузі 4,6-4,7 В. Тому при оцінці якісних та кількісних

показників сонячного елемента потрібно навантажувати його так, щоб напруга була рівна діапазону 4,6-4,7 В. Після перевірки працездатності та відповідності параметрів сонячний елемент спаюють. Це здійснюється за допомогою струмознімальних сіток.

Суттєвий вплив на роботу сонячного елемента створює температура при якій він буде експлуатуватися. Зміна температури одного елемента всього лише на декілька градусів може призвести до втрати напруг. В загальному зміна ВАХ сонячного елемента від температури оточуючого середовища показано на рис. 3.3

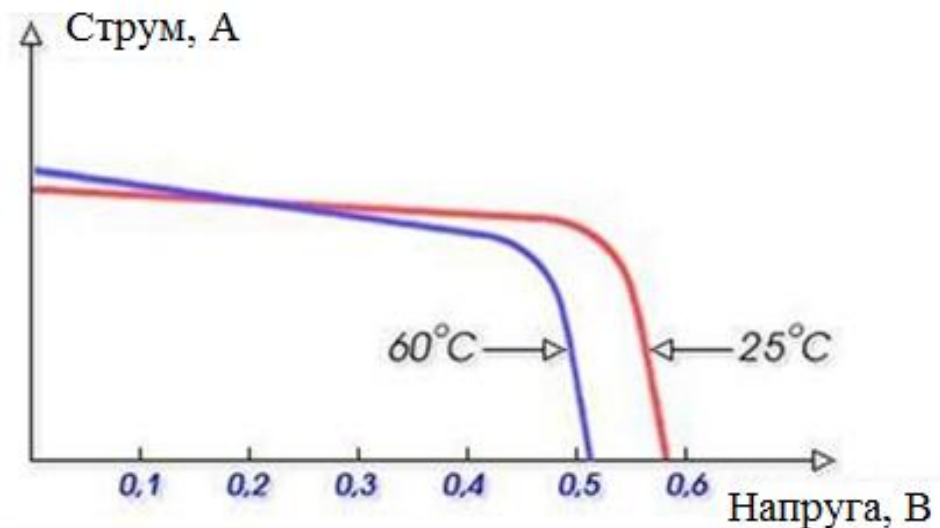


Рисунок 3.3 – Залежність ВАХ від температури

В літній час сонячні елементи можуть нагріватися до температури 55-75°C в свою чергу це призводить до зниження напруги і як наслідок зниження ККД [16].

Точка, в якій крива перетинає вісь напруги, називається напругою холостого ходу - U_{xx} , точка перетину з віссю струмів - струмом короткого замикання $I_{kз}$ (рис. 3.4).

Максимальний показник потужності визначається при стандартах STC (Standart Test Conditions). Напруга, при максимальній потужності, є напругою максимальної потужності (або робочою напругою - U_p), а струм відповідний

цій точці - струмом максимальної потужності (або робочим струмом - I_p).

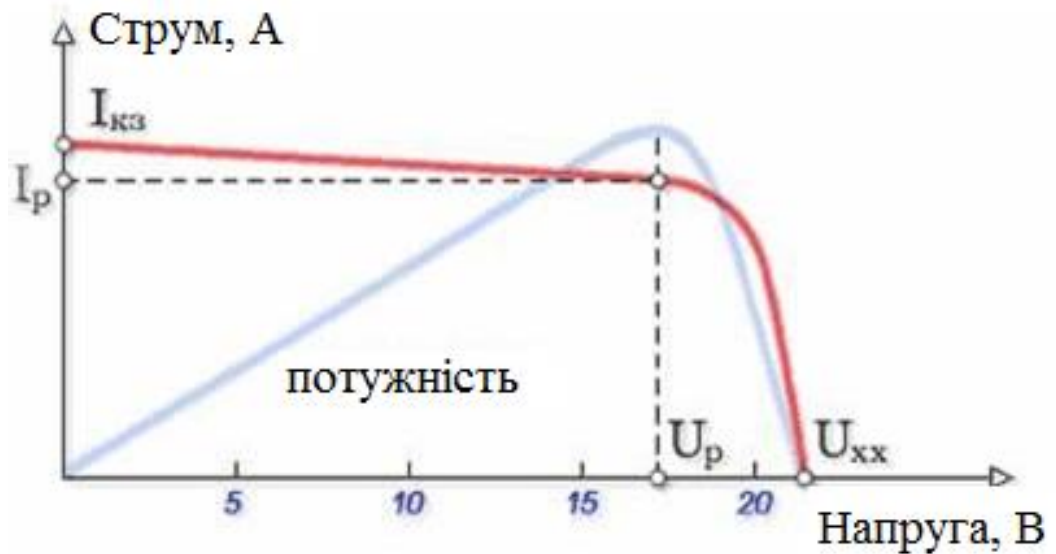


Рисунок 3.4 – Точка максимальної потужності

Всі виробники вказують, що параметри сонячних елементів при стандартній температурі 25°C та номінальних умовах експлуатації. В робочих режимах навколишні умови можуть значно відрізнятися від номінальних. Тому при виборі сонячного елемента потрібно враховувати зниження його характеристик.

Слід зауважити, що напруга холостого ходу модуля мало залежить від освітленості, в той час як струм короткого замикання, а відповідно і робочий струм, прямо пропорційні освітленості.

Таким чином, при нагріванні в реальних умовах роботи, модулі розігріваються до температури $60-70^{\circ}\text{C}$, що відповідає зсуву точки робочої напруги, наприклад, для модуля з робочою напругою 17 В - зі значення 17 В до $13,7-14,4\text{ В}$ ($0,38-0,4\text{ В}$ на елемент) [23].

Враховуючи вище, можна розробити математичну модель, яка дозволяє керувати роботою сонячної батареї та оптимізувати її роботу в залежності від кліматичних умов.

3.2 Розробка математичної моделі для керування та оптимізації роботи сонячної батареї

Потужність, що виробляється сонячною батареєю розраховується за формулою [5]:

$$P_{CB} = R_{\Sigma} S \eta N, \quad (3.1)$$

де R_{Σ} - повна миттєва потужність розсіяного (прямого або дифузного) світла від сонця на поверхні;

S – робоча площа сонячної батареї;

η – ККД елементу;

N - число сонячних батарей, штук

Для складання бази даних необхідно визначити валовий потенціал сонячної енергії в заданій точці місцевості відповідно до методики і порівняти з даними метеостанції. Валовий потенціал сонячної енергії в заданій точці місцевості визначається за формулою:

$$E_{\Sigma} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \int_0^T R_{\Sigma}(t) K_C dt, \quad (3.2)$$

де K_C - коефіцієнт, що враховує нахил. Для тимчасового відрізка, що дорівнює певному періоду часу формула (3.2) набуде вигляду:

$$E_{\Sigma} = \sum_{k=1}^N R_{\Sigma} K_{Ci} \Delta t_i, \quad (3.3)$$

де Δt_i - період часу.

Для енергії світлового випромінювання конкретної географічної точки

вводимо коефіцієнт, який розраховується по рівнянню:

$$K_3 = \frac{E_{cб}}{E_m}, \quad (3.4)$$

де $E_{cб}$ та E_m - потенціал енергії випромінювання світла сонцем в ділянці де розташовується сонячної батареї та на метеостанції.

Можна виразити залежність між загальною інсоляцією сонця на метеостанції та аналогічним показником для сонячної батареї:

$$R_{cб_i} = K_{S_i} K_{з_i} R_{M_i}, \quad (3.5)$$

де i – місяця.

Враховуючи вище представлене рівняння та знаючи інсоляцію на метеостанції, яка знаходиться неподалік від місяця розташування сонячної батареї можна визначити потужність, що буде вироблятися нею. Для цього треба розрахувати струм пропорційної освітленості, що створюється на поверхні сонячної панелі:

$$I(F) = I_{\max} F, \quad (3.6)$$

де F - освітленість що виражається в умовних одиницях $F_{\max}=1$;

I – струм, що генерується, А.

Опис струму діода проведемо по класичній моделі:

$$I(U) = I_s \left(\exp\left(\frac{U}{U_T N}\right) - 1 \right), \quad (3.7)$$

де N – коефіцієнт, що враховує деградацію, для ідеального діода $N=1$;

U – напруга, що спадає на діоді, $U_T = \frac{kT}{q_e} = 25 \text{ мВ}$;

k - стала Больцмана;

q_e - заряд електрона;

T – температура при якій експлуатується сонячна батарея 20°C .

Для побудови математичної моделі переходимо на застосування вольтамперних характеристик, таких як струм короткого замикання, напруга холостого ходу і ширина діапазону напруг поблизу напруги холостого ходу, яка відповідає зменшенню струму щодо струму короткого замикання в 2,7 раз.

Освітленості, що створюється на поверхні сонячної батареї можна розрахувати за формулами:

$$T = \frac{wU}{U_T}, \quad (3.8)$$

де wV - ширина діапазону напруги;

$$I_s = I_{K3} \exp\left(-\frac{U_{XX} - U_T}{wU}\right), \quad (3.9)$$

де I_{K3} - струм КЗ;

U_{XX} - напруга ХХ.

При розрахунках будуть використовуватися параметри сонячної батареї, що наведено в паспорті і враховуватися дія сонячної інсоляції та робочої температури сонячної батареї. Спростивши вираз отримаємо:

$$j_{sc} = j_{K3} + \Delta I_1 + \Delta I_T, \quad (3.10)$$

$$U_{oc} = U_{XX} + \Delta U_{I1} + \Delta U_{I2} + \Delta U_T, \quad (3.11)$$

де j_{K3} - вихідна густина струму КЗ, виміряна освітленість поверхні батареї було 1000 Вт/м^2 і температурі $+20^\circ\text{C}$;

ΔI_1 , ΔU_{I1} , ΔU_{I2} - поправки, що враховують зміна щільності потоку сонячного випромінювання;

ΔI_T , ΔU_T - поправки, що враховують зміну температури сонячної батареї.

Дані поправки визначаються за формулами:

$$\Delta I_1 = \frac{I - I_0}{I_0} j_{K3}, \quad (3.12)$$

$$\Delta U_{I1} = -\Delta I_1 R_n, \quad (3.13)$$

$$\Delta U_{I2} = k_E \lg\left(\frac{I}{I_0}\right), \quad (3.14)$$

$$\Delta I_T = \beta_I j_{K3} (T - T_0), \quad (3.15)$$

$$\Delta U_T = \beta_U U_{oc} (T - T_0), \quad (3.16)$$

де R_n - опір поверхні сонячної батареї;

k_E - коефіцієнт освітленості, знаходиться в діапазоні від $0 \leq k \leq 2$ до $0,5 \leq k \leq 1,5$;

β_I , β_U - температурні коефіцієнти струму і напруги.

Враховуючи вище представленні графіки можна стверджувати, що якісні та кількісні параметри сонячного елемента залежать від кількості сонячної енергії, що попадає на його поверхню та температури оточуючого середовища. При збільшенні температури призводить до зменшення вихідної потужності. Очевидно, щоб правильно оцінити роботу сонячного елемента потрібно визначати інтенсивність випромінювання сонця та температуру повітря.

При визначенні сонячного випромінювання направленість сонячної панелі.

Повна інтенсивність при фіксованій орієнтації сонячної батареї визначається за формулою [14]:

$$I_H = I_{\Pi} \frac{\cos \xi}{\cos \theta} + I_D \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho (I_{\Pi} + I_D) \frac{1 - \cos \beta}{2}, \quad (3.17)$$

де I_{Π} та I_D - освітленість, що створюється на поверхні сонячної батареї;

ξ - кут між вектором направленим на південь і напрямком на сонце;

θ - кут між вектором направленим на zenit і сонце;

β - кут нахилу поверхні сонячного елемента до горизонту;

ρ - коефіцієнт відбивання земної поверхні.

Кути θ і ξ розраховується із рівнянь представлених нижче:

$$\cos \theta = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega, \quad (3.18)$$

$$\cos \xi = \sin \delta \sin (\varphi - \beta) + \cos \delta \cos (\varphi - \beta) \cos \omega, \quad (3.19)$$

де δ - кут, що враховує нахил сонця;

φ - географічна широта місцевості;

ω - часовий кут сонця.

Кут нахилу сонця можна визначити використовуючи за формулу Купера, а кут часу розраховується із рівняння:

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \frac{284 + n}{365} \right), \quad (3.20)$$

$$\omega = (15^\circ \text{год}^{-1})(t_{SOL} - 12), \quad (3.21)$$

де n - номер дня року по порядку;

t_{SOL} - час в годинах.

При розрахунку (3.17) необхідно провести визначити кут між вектором напрямку сонця і вектором поверхні сонячної панелі. Це можна зробити використавши вираз:

$$\cos i = \sin \beta \left[\cos \delta (\sin \beta \cos \alpha_n \cos \omega + \sin \alpha_n \sin \omega) - \sin \delta \cos \varphi \cos \alpha_n \right] + \cos \beta [\cos \varphi \cos \omega + \sin \delta \sin \varphi], \quad (3.22)$$

де α_n - азимутний кут поверхні сонячної батареї.

Якщо можна змінювати орієнтацію в просторі сончної панелі, то повинна виконуватися умова, що азимутні кути сонця та сонячної батареї мають бути рівними між собою. Цей кут можна розрахувати з виразу:

$$a = \arcsin \left(\frac{\cos \delta \sin \varphi}{\cos \alpha} \right), \quad (3.23)$$

де α - кут, що характеризує висоту сонця над горизонтом.

Цей кут визначається по формулі:

$$\alpha = \arcsin(\sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega) \Rightarrow \alpha = \arcsin(\cos \theta). \quad (3.24)$$

Якщо враховувати, що сонячна батарея буде стежити за сонцем, то повна інтенсивність випромінювання сонця буде розраховуватися:

$$I_H = \frac{I_{II}}{\cos \theta} + I_{II} \frac{1 + \cos \theta}{2} + \rho (I_{II} + I_{II}) \frac{1 - \cos \theta}{2}. \quad (3.25)$$

Перейдемо до впливу температури. Зміна температури повітря протягом однієї доби розраховується із виразу:

$$T_B(t) = T_{OB} + \frac{\Delta T_M}{2} \cos \left(\frac{2\pi}{t_{II}} (t_{SOL} - t_m) \right), \quad (3.26)$$

де T_{OB} - середня температура за добу;

ΔT_M - добова амплітуда температури навколишнього середовища;

t_{II} - період зміни температури навколишнього середовища;

t_m - час при якому спостерігається максимальна температура.

Щоб визначити температуру сонячної батареї скористаємося рівнянням енергетичного балансу:

$$T = \frac{I[\mu - \eta_0(1 + \chi T_0)] + \lambda F T_B}{\lambda F - 1\eta_0\chi}, \quad (3.27)$$

де I - інтенсивність випромінювання на поверхні сонячної батареї;

μ - інтегральний коефіцієнт поглинання сонячної батареї сонячного випромінювання;

η_0 - ККД сонячної батареї отриманих при випробувань;

χ - температурний градієнт залежить від конструкції і типу сонячної батареї, $\chi = 0,003 \div 0,005 K^{-1}$;

λ - коефіцієнт тепловіддачі поверхні сонячної батареї;

T - температура сонячної батареї;

T_B - температура навколишнього повітря;

F - відношення тильній і лицьової площі сонячної батареї до площі освітлюваної поверхні.

Коефіцієнт тепловіддачі поверхні сонячної батареї визначається з рівняння [27]:

$$\lambda = \lambda_K + 4\varepsilon\sigma T_B^3, \quad (3.28)$$

де λ_K - конвекційний коефіцієнт;

ε - інтегральний коефіцієнт випромінювання сонячної батареї;

σ - постійна Стефана - Больцмана $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$

Коефіцієнт λ_K розраховується за формулою Мак - Адамсом:

$$\lambda_K = 5,7 + 3,8\nu, \quad (3.29)$$

де ν - швидкість з якою рухається вітер.

Вище представлені рівняння було сформовані в загальну систему рівнянь, що враховую усі залежності:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{CB}^1(T, I, j) = \frac{A \cdot k \cdot T}{q} \ln \left[\frac{(I \cdot z \cdot j) e^{\frac{q}{A \cdot k \cdot T} \left[U_{XX} - \left(\frac{I - I_0}{I_0} \right) j_{sc} R_n + \lg \left(\frac{I}{I_0} \right) + U_{XX} \beta_U (T - T_0) \right]^{-1}}}{I \cdot z} + 1 \right] - j R_n; \\ j_{sc}(I, T) = j_{K3} + \frac{I - I_0}{I_0} j_{K3} + \beta_I j_{K3} (T - T_0); \\ T(I, T_B, \nu) = \frac{I' [\mu - \eta_0 (1 + \chi T_0)] + [(5,7 + 3,8\nu) + 4\varepsilon \sigma T_B^3(n, t)] FT_B(n, t)}{[(5,7 + 3,8\nu) + 4\varepsilon \sigma T_B^3(n, t)] F - I' \eta_0 \chi}; \\ I(I_{II}, I_D, \rho, \Lambda, Y, \Omega, \tau) = \left[\begin{array}{l} I_{II}(n, t) \frac{\cos \Lambda}{\cos \Omega} + I_D(n, t) \frac{1 + \cos Y}{2} + \\ + \rho(n) [I_{II}(n, t) + I_D(n, t)] \frac{1 - \cos Y}{2} \end{array} \right] \tau; \\ \tau(\Lambda) = (1 - \rho_{вид}(\Lambda)) \exp \left(-K \frac{B}{\cos \Lambda} \right); \\ U_{CB} = N \cdot U_{CB}^1(T, I, j); \\ I_{CB} = N \cdot j \cdot S_{CB}; \\ P_{CB} = U_{CB} I_{CB} \end{array} \right. \quad (3.30)$$

де U_{CB}^1 - напруга сонячної батареї;

A - безрозмірний параметр кривизни ВАХ;

k - постійна Больцмана;

q - заряд електрона;

T - температура сонячної батареї;

I та I' - інтенсивність сонячного випромінювання, що попадає на робочу

поверхню сонячної батареї і віднесена до одиниці поверхні сонячної батареї;

z - коефіцієнт пропорційності густини струму до інтенсивності сонячного випромінювання;

j - густина струму;

U_{xx} - напруга холостого ходу сонячної батареї;

j_{sc} - густина струму короткого замикання сонячної батареї;

R_n - опір поверхні сонячної батареї;

β_I та β_U - температурні коефіцієнти струму і напруги;

j_{K3} - щільність струму короткого замикання;

μ - інтегральний коефіцієнт поглинання сонячної батареї сонячного випромінювання;

η_0 - ККД сонячної батареї отриманих при випробуванні;

χ - температурний градієнт залежить від конструкції і типу сонячної батареї;

$(5,7 + 3,8\nu)$ - розмірне співвідношення Мак-Адоамса для розрахунку коефіцієнта конвекції;

ν - швидкість вітру;

ε - інтегральний коефіцієнт випромінювання сонячної батареї;

σ - постійна Стефана - Больцмана;

T_0 - температура сонячної батареї при проведених випробуваннях;

T_B - температура навколишнього повітря;

F - відношення тильній і лицьової площі сонячної батареї до площі освітлюваної поверхні;

t - час;

n - порядковий номер дня року;

ρ - альbedo або коефіцієнт відображення земної поверхні;

I_{II} та $I_{Д}$ - інтенсивність прямого і дифузного розсіяного випромінювання сонця на поверхню сонячної батареї;

$\Lambda, \Upsilon, \Omega$ - кути, що визначають просторову орієнтацію сонячних батарей;
 τ та $\rho_{від}$ - коефіцієнти пропускання і відбиття сонячного випромінювання поверхні сонячної батареї;

K - показник поглинання сонячного випромінювання поверхні сонячної батареї;

B - товщина поверхні сонячної батареї;

I_{CB} - струм навантаження сонячної батареї;

N - кількість сонячних батарей, штук;

S_{CB} - площа сонячної батареї;

P_{CB} - потужність сонячної батареї.

3.3 Висновки до розділу

Проведені дослідження дозволяють оцінювати робочі показники сонячної панелі в залежності від оточуючих факторів. За рахунок представлених залежностей можна керувати роботою автономного освітлювального комплексу. В сумарно це дозволяє підвищити ефективність роботи його роботи на 15-23%, а це в свою чергу за попередніми розрахунками перевищує затрати елементної бази, яка дозволяє реалізувати створену модель на практиці.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Забезпечення охорони праці при будівництві і експлуатації об'єкту, що проектується

Охорона праці в будівництві і експлуатації проектного об'єкта забезпечується прийняттям всіх проектних рішень в суворій відповідності з ПУЕ-2017 і ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека в будівництві", вимоги яких враховують умови безпеки праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж і вибухів. Для забезпечення охорони праці та техніки безпеки проектом передбачено:

- використання технічно досконалого обладнання;
- розміщення обладнання, що забезпечує його вільне обслуговування;
- виконання заземлюючих пристроїв елементів електроустановок з нормованою ПУЕ величиною опору і конструкцій, що відповідають вимогам СНиП 3.05.06-85 "Електротехнічні пристрої";
- використання при виробництві будівельно-монтажних робіт машин та механізмів, в конструкції яких закладені принципи охорони праці.

Для забезпечення охорони праці та техніки безпеки необхідно також, щоб будівельні, монтажні та налагоджувальні роботи і експлуатація електроустановок проводилася відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека в будівництві", НПАОП 40.1-1.01-97 при експлуатації електроустановок і під час виконання електромонтажних робіт.

Пожежна безпека ПЛІ-0,22 кВ забезпечується застосуванням негорючих конструкцій, автоматичним відключенням струмів к.з. Всі роботи повинні виконуватися з дотриманням вимог ПУЕ, СНиП, ПТЕ і НПАОП 40.1-1.01-97.

Технічний нагляд за виконанням будівельно-монтажних та налагоджувальних робіт проводиться з обов'язковою участю представника експлуатаційної (або іншої приймальної) організації.

Даний розділ розроблений відповідно до ДБН А.3.1.5-2016 "Організація будівельного виробництва", проектів виконання робіт, СНиП 1.03.01-85, з урахуванням специфіки проектування і будівництва повітряних ліній, споруд Міненерго для електропостачання об'єктів сільського господарства.

Нормативна тривалість будівництва з урахуванням умов, уповільнюючих будівництво, визначається відповідно до СНиП 1.0.4.05-85 "Нормам тривалості і заділів будівництва підприємств, будівель і споруд" і становить 3 місяці. Виконання основних будівельно-монтажних робіт зі спорудження ПЛ починається після закінчення підготовчих робіт, становить 0,5 місяця.

Будівельно-монтажні роботи передбачено виконувати силами організації, оснащеної необхідними будівельними машинами і механізмами для виконання робіт.

До початку будівництва повинні бути призначені відповідальні особи для координації спільної діяльності діючого виробництва і будівельного виробництва, розмежування спільної діяльності в зонах підвищеної електробезпеки.

Проектом передбачається будівництво, споруд та інженерних комунікацій, повний перелік яких подано в проектно-кошторисної документації.

Лінії електропередачі є лінійним спорудженням і окремого будівельного майданчика не потребують.

При виконанні робіт в підготовчий період будівництва необхідно суворо дотримуватися вимог ДБН, ПУЕ, ПТЕ, ПБ.

До початку основного періоду необхідно виконати:

- викопування котлованів для установки стояків опор (при необхідності).

Для виконання загальнобудівельних робіт в основний період будівництва необхідно виконати монтажні роботи наземних частин споруд підбір монтажних кранів виконаний аналітичним і графічним методами з урахуванням максимальних вильотів стріл, максимальних ваг монтуються, висоти підйому

гака, стоянок кранів з дотриманням вимог техніки безпеки та наявністю техніки в генпідрядної організації. Земельні роботи при улаштуванні котлованів виконуються з видаленням ґрунту за межі зони виконання робіт з відвезенням за межі будмайданчика. Для зворотної засипки використовується раніше вийнятий ґрунт. У стислих місцях зворотна засипка виконується піщаним ґрунтом для можливості здійснення якісного ущільнення.

Ґрунт, що залишився після механізованої розробки, має доопрацьовуватися вручну без застосування ударних інструментів, при цьому необхідно вживати заходів, що виключають можливість пошкодження цих комунікацій. Засипка траншей і пазух котлованів повинна проводитися відповідно до СНиП 3.02.01-87. Ущільнення ґрунту при влаштуванні підсипки проводиться пошарово до щільності 0,95 від природної. Монтаж арматурних каркасів, збірних конструкцій, доставку залізобетонних конструкцій, на робочі місця виконувати монтажними кранами.

Експлуатація електрообладнання повинна здійснюватись відповідно до вимог ПУЕ. Перед введенням електроустановки в експлуатацію все встановлюване електрообладнання повинно бути піддано приймально-здавальним випробуванням відповідно гл. 1.8. ПУЕ. Діючі установки повинні бути укомплектовані захисними засобами відповідно до норм з урахуванням вимог "Правил експлуатації електрозахисних засобів". Електротехнічний персонал повинен бути забезпечений усіма електрозахисними засобами, які повинні бути перевірені і випробувані відповідно до "Правил експлуатації електрозахисних засобів".

Експлуатацію електроустановки вести згідно ГКД 34.20.507-2003 "Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила", ДНАОП 1.1.10-01-97 "Правила безпечної експлуатації електроустановок", а також інструкції по експлуатації та паспортами на встановлюване обладнання. Ремонтно-експлуатаційне обслуговування лінії передбачено силами виїзних спеціалізованих бригад підрядних організацій.

4.2 Проектні рішення щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, у разі ймовірних аварій на об'єкті будівництва

До проектних рішень щодо запобігання виникненню НС, у разі ймовірних аварій на об'єкті будівництва включають:

- перелік особливо небезпечних виробництв і ділянок із наданням характеристики небезпечних речовин та їх кількості для кожного виробництва і ділянки;
- визначення зони можливого ураження у разі виникнення аварій;
- обґрунтування чисельності та місць розміщення працівників об'єкта будівництва, інших суб'єктів господарювання, віднесених до категорій з цивільного захисту, що можуть потрапити до зони можливого ураження у разі виникнення аварій на об'єкті будівництва;
- обґрунтування чисельності та місць розміщення населення на прилеглий території, що може потрапити до зони можливого ураження у разі виникнення аварій на об'єкті будівництва;
- проектні рішення щодо виключення можливості розгерметизації технологічного устаткування та запобігання аварій з викиданням (загрозою викидання) небезпечних хімічних, біологічних речовин, радіоактивних речовин, вибухонебезпечних речовин і матеріалів, займистих та горючих речовин і матеріалів;
- відомості про викиди і скиди небезпечних речовин у разі виникнення аварій на об'єкті будівництва, з посиланням на матеріали розділу «Оцінка впливів на навколишнє середовище» згідно з ДБН А.2.2-1;
- відомості, що стосуються характеристики проектної радіаційно-дозиметричної та хімічної обстановки в приміщеннях об'єкта будівництва та навколишньому середовищі;
- відомості про наслідки аварій для персоналу і населення (для об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями – дози потенційного опромінення, з посиланням на матеріали розділу «Оцінка впливів на навколишнє

середовище» згідно з ДБН А.2.2-1, звіт з аналізу безпеки, звіт про відповідність санітарному законодавству);

- обґрунтування проекту системи дозиметричного контролю, включаючи програму дозиметричного контролю та елементи системи, які спрямовано на запобігання потенційного опромінення персоналу, хімічного контролю;

- проектні рішення, які спрямовані на запобігання розвитку аварій і локалізацію джерела забруднення у разі викидання (вилиття) (загрозою викидання) небезпечних хімічних, біологічних речовин, радіоактивних речовин, вибухонебезпечних речовин і матеріалів, займистих та горючих речовин і матеріалів;

- проектні рішення щодо забезпечення вибухо - та пожежобезпеки;

- відомості про наявність і характеристики систем автоматичного управління, блокування, сигналізації, а також безаварійного зупинення технологічного процесу;

- проектні рішення щодо забезпечення сталого функціонування пунктів та систем управління виробничим процесом, безпеки персоналу та управління процесом у разі виникнення аварії;

- відомості про наявність, місця розміщення та характеристики основних резервних джерел електро-, тепло-, газо- і водопостачання, а також систем зв'язку;

- відомості, у разі особливого періоду, щодо зменшення запасів небезпечних речовин ОПН (ПНО), які використовувались при повному технологічному циклі об'єкта;

- відомості про потребу та розміщення матеріальних резервів для робіт з ліквідування наслідків аварій на об'єкті, що проектується;

- проектні рішення щодо запобігання сторонньому втручання у діяльність об'єкта (системи фізичного захисту та охорони об'єкта);

- – проектні рішення щодо забезпечення евакуації людей із території об'єкта.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз середнього рівня сонячної радіації Чернівецької області за останні 22 роки. На основі аналізу запропоновано методику розрахунку сонячної батареї для забезпечення роботоздатності автономного освітлювального комплексу. За запропонованою методикою вибрано сонячну батарею потужністю 285Вт

2. Проведено розрахунок ємності акумуляторної батареї для автономної освітлювальної установки. На основі розрахунків було вибрано акумуляторну батарею типу GEL 24 V 85 АН у кількості 2шт., що дозволяє забезпечити роботоздатності автономного освітлювального комплексу.

3. Проведено світлотехнічний розрахунок для транспортної розв'язки в одному рівні кільцевого типу з малим діаметром центрального острівця на автомобільній дорозі загального користування державного значення М-19 Доманове (на м. Брест) – Ковель – Чернівці – Теремблече (на м. Бухарест) на ділянці км 450+000, Чернівецької області. За результатами світлотехнічного розрахунку було вибрано світильники потужністю 60Вт типу ДТУ18У-60-001 у кількості 51шт. виробництва ТОВ «ОСП Корпорація Ватра», які дозволяють забезпечити нормовані якісні та кількісні показники освітленості.

4. Проведені дослідження дозволяють оцінювати робочі показники сонячної панелі в залежності від оточуючих факторів. За рахунок представлених залежностей можна керувати роботою автономного освітлювального комплексу. В сумарно це дозволяє підвищити ефективність його роботи на 15-23%, а це в свою чергу за попередніми розрахунками перевищує затрати елементної бази, яка дозволяє реалізувати створену модель на практиці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. S.A. Klein. Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces // Solar Energy. 1977. V. 19. P. 325-329.
2. S.A. Klein, W.A. Beckman. Review of Solar Radiation Utilizability // Journal of Solar Energy Engineering. 1984. V. 106. P. 1-10.
3. R.K. Aggarwal. Estimation of Total Solar Radiation on Tilted Surface // Journal of Environmental Engineering and Technology. 2013. V. 2. P. 4-6.
4. Ahmed Said Al Busaidi, Hussein A Kazem, Abdullah H Al-Badi, Mohammad Farooq Khan. A review of optimum sizing of hybrid PV–Wind renewable energy systems in Oman // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. V. 53. P. 185-193.
5. Arnau Gonzales, Jordi-Roger Riba, Antony Rius, Rita Puig. Optimal sizing of a hybrid grid-connected photovoltaic and wind power system // Applied Energy. 2015. V. 154. P. 752-762.
6. Abdolvahhad Fetanat, Ehsan Khorasaninejad. Size optimization for hybrid photovoltaic–wind energy system using ant colony optimization for continuous domains based integer programming // Applied Soft Computing. 2015. V. 31. P. 196-209.
7. Amit Kumar Yadav, S.S. Chandel. Solar energy potential assessment of western Himalayan Indian state of Himachal Pradesh using J48 algorithm of WEKA in ANN based prediction model // Applied Soft Computing. 2015. V. 75. P. 675-693.
8. Guiseppo Marco Tina, Salvina Gagliano. Probabilistic modelling of hybrid solar/wind power system with solar tracking system // Renewable Energy. 2011. V. 36. P. 1719-1727.
9. Ahmad Murtaza Ershad, Robert J. Brecha, Kevin Haliman. Analysis of solar photovoltaic and wind power potential in Afghanistan // Renewable Energy. 2016. V. 85. P. 445-453.

10. Manuel Castaneda, Antonio Cano, Francisco Jurado, Higinio Sanchez, Luis M. Fernandez. Sizing optimization, dynamic modeling and energy management strategies of a stand-alone PV/hydrogen/battery-based hybrid system // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2013. V. 38. P. 3830-3845.
11. A. Kaabeche, M. Belhamel, R. Ibtouen. Sizing optimization of grid-independent hybrid photovoltaic/wind power generation system // *Energy*. 2011. V. 36. P. 1214-1222.
12. Кошик О. І. Енергозберігаючі технології у установках вуличного освітлення / О.І. Кошик // *Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020.*: Зб. тез доп. Т. 2. – Тернопіль, 2020. – С. 112.
13. Wei Zhou, Chengzhi Lou, Zhongshi Li, Lin Lu, Hongxing Yang. Current status of research on optimum sizing of stand-alone hybrid solar–wind power generation systems // *Applied Energy* 2010. V. 87. P. 380-389.
14. Getachew Bekele, Gelma Boneya. Design of a Photovoltaic-Wind Hybrid Power Generation System for Ethiopian Remote Area // *Energy Procedia*. 2012. V. 14. P. 1760- 1765.
5. Gilles Notton, Said Diaf, Ludmil Stoyanov. Hybrid Photovoltaic/Wind Energy Systems for Remote Locations // *Energy Procedia*. 2011. V. 6. P. 666-677.
16. Jasmina Radosavljević, Amelija Dordevic. Defining of the intensity of solar radiation on horizontal and oblique surfaces Earth // *Facta Universitatis*. 2001. V. 2. P. 77-86.
17. Cooper P.I. The absorption of radiation in solar stills // *Solar Energy*. 1969. V. 12. P. 333-346.
18. F. Kasten, Young, A. T., Revised optical air mass tables and approximation formula // *Applied Optics*. 1989. V. 28. P. 4735-4738.

19. Meinel A.B., Meinel M.P. Applied solar energy //Addison Wesley Publishing Co. 1976.
20. Jonas Allegrini, Kristina Orehounig, Georgios Mavromatidis, Florian Ruesch, Viktor Dorer, Ralph Evins. A review of modelling approaches and tools for the simulation of district-scale energy systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. V. 52. P. 1391-1404.
21. Fang-Fang Li, Jun Qiu. Multi-objective optimization for integrated hydro– photovoltaic power system // Applied Energy. 2015.
22. Morteza Zare Oskouei, Ahmad Sadeghi Yazdankhad. Scenario-based stochastic optimal operation of wind, photovoltaic, pump-storage hybrid system in frequency- based pricing // Energy Conversion and Management. 2015. V. 105. P. 1105-1114.
23. M.K. Deshmukh, S.S. Deshmukh. Modeling of hybrid renewable energy systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. V. 12. P. 235-249.
24. Sajjad Haider Shami, Jameel Ahmad, Raheel Zafar, Muhammad Haris, Sajid Bashir. Evaluating wind energy potential in Pakistan's three provinces, with proposal for integration into national power grid // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. V. 53. P. 408-421.
25. Carlos Eduardo Camargo Nogueira, Magno Luiz Vidotto, Rosana Krauss Niedzialkoski, Samuel Nelson Melegari de Souza, Luiz Inacio Chaves, Thiago Edwiges, Darlisson Bentes dos Santos, Ivan Werncke. Sizing and simulation of a photovoltaic-wind energy system using batteries, applied for a small rural property located in the south of Brazil // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. V. 29. P. 151-157.
26. Esmail M.A. Mokheimer, Ahmed Z. Sahin, Abdullah Al-Sharafi, Ahmad I. Ali. Modeling and optimization of hybrid wind–solar-powered reverse osmosis water desalination system in Saudi Arabia // Energy Conversion and Management. 2013. V. 75. P. 86-97.

27. Aeidapu Mahesh, Kanwarjit Singh Sandhu. Hybrid wind/photovoltaic energy system developments: Critical review and findings // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. V. 52. P. 1135-1147.