

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій  
Кафедра авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

Віктор СИНЕГЛАЗОВ

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**  
ВИПУСНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ “БАКАЛАВР”

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва»

**Тема:** Напівавтонома система освітлення складського приміщення

**Виконавець:** ст. гр. КП-501Бз

**Владислав ПІДЛЕПЕНЕЦЬ**

**Керівник:** к. т. н., доцент

**Микола ВАСИЛЕНКО**

**Нормоконтролер:** к.т.н., професор

**Микола ФІЛЯШКІН**

**Київ 2023**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва»

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Віктор СИНЄГЛАЗОВ

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи студента Підлепенця

Владислава Ігоровича

1. Тема роботи: «Напівавтономна система освітлення складського приміщення».
2. Термін виконання роботи: з 01.12.2022р. до 20.02.2023р.
3. Вихідні дані до роботи: Дані про автономні системи різного типу та їх аналіз для виявлення недоліків та покращення.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):
  1. Види та типи освітлення.
  2. Аналіз систем освітлення
  3. Аналіз систем автономного енергозабезпечення
  4. Розробка автономного джерела живлення складу за допомогою сес.
5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: 1.Порівняння освітлювальних установок 2.Структурна схема автономного живлення.

## 6. Календарний план-графік

	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
	Аналіз актуальності проблеми	01.12.22- 14.12.22	
	Аналіз характеристик автономного живлення	15.12.22- 31.12.22	
	Дослідження апаратного забезпечення метеостанцій	01.01.23- 10.01.23	
	Дослідження існуючих типів автономного живлення	11.01.23- 20.01.23	
	Дослідження апаратного забезпечення для автономного живлення	21.01.23- 31.01.23	
	Розробка та дослідження програмного забезпечення	01.02.23- 10.02.23	
	Тестування програмного забезпечення	11.02.23- 015.02.23	
	Висновки по роботі та підготовка презентації і роздаткового матеріалу	16.02.23- 20.02.23	

## 7. Дата видачі завдання 01.12.2022

Керівник: \_\_\_\_\_ **Микола ВАСИЛЕНКО**

(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ **Владислав ПІДЛЕПЕНЕЦЬ**

(підпис)

## РЕФЕРЕТ

Пояснювальна записка містить: 4 розділа, 52 сторінок, 15 рисунків, 2 таблиці, 10 використаних джерел.

Об'єктом дипломного проекту є розробка напівавтономної системи освітлення складського приміщення.

На даний момент актуальною є тема: напівавтономної системи освітлення складського приміщення тому, що технології розвиваються і через декілька років автономне забезпечення буде невід'ємною частиною. Практична значимість проекту полягає в тому, що отримані результати показують актуальність впровадження об'єктів власної генерації промислових підприємств на основі відновлюваних джерел енергії..

У першому розділі проведений аналіз видів та типів освітлення.

У другому розділі проведений аналіз систем освітлення, їх порівняння та метод розрахунку.

У третьому розділі проведений аналіз систем автономного енергозабезпечення, їх види, переваги та недоліки.

У четвертому розділі розроблена структурна схема автономного джерела живлення складу за допомогою сонячної електростанції.

## ЗМІСТ

### ВСТУП

### РОЗДІЛ 1.ВИДИ ТА ТИПИ ОСВІТЛЕННЯ.....8

#### 1.1 Освітлення виробничих приміщень.....8

##### 1.1.1 Природне освітлення.....9

##### 1.1.2 Комбіноване освітлення.....10

##### 1.1.3 Штучне освітлення.....12

#### 1.2 Аварійне, робоче та службове освітлення.....12

### РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ.....16

#### 2.1 Порівняння освітлювальних установок з різними джерелами світла..16

#### 2.2. Порівняльний аналіз джерел світла.....18

#### 2.3 Методика розрахунку електроосвітлення.....22

##### 2.2.1 Метод коефіцієнта використання світлового потоку.....22

##### 2.2.2 Метод питомої потужності.....22

##### 2.2.3 Точковий метод розрахунку освітлення.....23

### РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО

### ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....25

#### 3.1 Режими автономного електропостачання .....25

#### 3.2 Структурна система автономного електроживлення.....27

#### 3.3 Визначення можливостей Сонця.....28

#### 3.4 Види, переваги та недоліки незалежного електропостачання.....30

##### 3.4.1 Бензинові генератори.....34

##### 3.4.2 Дизельні генератори.....35

##### 3.4.3 Газові генератори.....36

##### 3.4.4 Джерело безперебійного живлення.....37

##### 3.4.5 Акумуляторний генератор.....38

##### 3.4.6 Сонячна електростанція.....39

3.4.7 Висновок до розділу.....	39
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА АВТОНОМНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ СКЛАДУ ЗА ДОПОМОГОЮ СЕС.....	41
4.1 Конфігурація системи.....	41
4.2 Вибір напруги системи.....	41
4.3 Вибір інвертора.....	44
4.4 Вибір способу з'єднання акумуляторів.....	45
4.5 Вибір типу акумуляторів.....	47
4.6 Вибір ємності акумуляторів.....	47
4.7 Вибір дротів.....	48
4.8 Типи фотоелементів.....	49
4.9 Вибір сонячних панелей.....	51
4.10 Контролер заряду.....	51
ВИСНОВОК.....	53
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

## ВСТУП

Світло займає перше місце в списку факторів навколишнього середовища, що впливають на організм людини на роботі. Адже відомо, що майже 50 % всієї інформації про навколишнє середовище людина отримує через зорову систему. Під час роботи втома очей залежить головним чином від інтенсивності процесів, пов'язаних із зоровим сприйняттям. До цих процесів відносяться адаптація, конвергенція і конвергенція.

Світло впливає не тільки на роботу очей, а й усього організму. При поганому освітленні люди швидко втомлюються, знижується продуктивність праці, підвищується ймовірність помилок і нещасних випадків. Статистика показує, що до 5% травм може бути пов'язано з неадекватним або неефективним освітленням, що в 20% випадків призводить до фізичної інвалідності. Крім того, недостатнє освітлення може призвести до професійних захворювань, таких як професійна міопія (короткозорість) і спазм акомодациї.

Щоб створити оптимальні умови для зорової роботи, слід враховувати не тільки кількість і якість освітлення, а й колірне середовище. Наприклад, у яскраво освітлених приміщеннях збільшення кількості відбитого світла може підвищити освітленість на 20-40% (за тієї самої потужності джерела світла), зменшити різкість тіней і поліпшити рівномірність освітлення.

Якщо яскравість джерела світла або навколишніх предметів занадто висока, оператор може бути засліплений. Нерівномірне освітлення і нерівномірна яскравість навколишніх предметів змушують очі часто адаптуватися під час роботи, що призводить до швидкого стомлення очей. Тому яскраві поверхні, що легко проглядаються, слід забарвлювати в середньо-світлий колір з коефіцієнтом відбиття 0,3-0,6 і, якщо можливо, поверхня має бути матовою або напівглянцевою.

## РОЗДІЛ 1

### ТИПИ ТА СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

#### 1.1 Освітлення виробничих приміщень

Ефективне освітлення у виробничих приміщеннях є одним з найважливіших факторів у боротьбі з виробничим травматизмом і захворюваннями.

Покращення умов освітлення у виробничих приміщеннях може зменшити втому очей і підвищити якість продукції.

Причиною зорової втоми може бути кілька факторів, таких як недостатнє освітлення і неправильний напрямок світла.

У виробничих приміщеннях використовується природне, штучне та комбіноване освітлення.

Встановлені норми природного, штучного і суміщеного освітлення в будівлях і спорудах, а також штучного освітлення в житлових приміщеннях, на територіях підприємств і на відкритих робочих місцях.



Рисунок 1.1 Класифікація освітленості



Основні вимоги до систем промислового освітлення такі

- Рівні освітлення на робочому місці повинні відповідати характеру виконуваної зорової роботи.
- Розподіл яскравості на робочій поверхні і в навколишньому просторі має бути досить рівномірним.
- Відсутність різких тіней, прямих або відбитих відблисків (підвищена яскравість поверхні, що світиться, яка викликає відблиски).
- Сталість освітленості в часі.
- Оптимальна спрямованість світлового потоку, випромінюваного світильником.
- Довговічність, ефективність, електро- і пожежна безпека, естетичність, зручність і простота використання..

### **1.1.1 Природне освітлення**

За загальним правилом, місця постійного перебування людей повинні мати природне освітлення. За відсутності природного освітлення допускається проектування будівель і споруд, зазначених у главі СНиП на проектування будівель і споруд та в нормативних документах з конструктивного проектування будівель і споруд за конкретним родом діяльності, затверджених у встановленому порядку, а також допускається розміщення приміщень у цокольних поверхах будівель і споруд.



Рисунок 1.2 Природне освітлення складу

Природне світло можна розділити на

- Бічне - з вікон у зовнішній стіні.
- Верхнє - з мансардних і дахових вікон.
- Поєднання природного світла зверху і збоку через світлові ліхтарі, стінові прорізи і світла від прозорих перегородок (зверху і збоку).

### **1.1.2 Комбіноване освітлення**

Комбіноване освітлення - це освітлення, при якому нестача природного світла доповнюється штучним.



Рисунок 1.3 Комбіноване освітлення складу

Комбіноване освітлення у виробничих будівлях слід передбачати

- для виробничих цехів, де виконуються роботи I-III розрядів;
- для виробничих та інших приміщень у випадках, коли технологія, організація виробництва не забезпечує нормовані значення КПО (багатоповерхові будівлі великої ширини, одноповерхові багатопролітні будівлі з великими прольотами тощо);
- відповідно до норм будівельного проектування будівель і споруд в окремих галузях промисловості.

Застосування ламп розжарювання допускається в окремих випадках, коли за технологією, умовами навколишнього середовища або вимогами проектування застосування розрядних джерел світла є недоцільним або необґрунтованим.

Номінальні значення КПО для виробничих приміщень слід приймати як для комбінованого освітлення.

Для виробничих приміщень при встановленні нормованих значень КПО згідно з цим стандартом:

Освітленість від системи загального освітлення повинна бути не менше 200 лк при газорозрядних лампах і 100 лк при лампах розжарювання.

Розрахункові значення КПО для комбінованого освітлення житлових і громадських будівель повинні становити не менше 60 % від нормативних значень.

Допускається приймати розрахункові значення КПО в межах від 60 до 30 % від нормативних значень для вітрин і залів магазинів, буфетів, обідніх залів підприємств громадського харчування.

Для комбінованого освітлення навчально-виховних приміщень шкіл, шкіл-інтернатів, професійно-технічних училищ і середніх спеціальних навчальних закладів слід передбачати окремі ряди світильників, розташованих паралельно світловому прорізу.

### **1.1.3 Штучне освітлення**

Штучне освітлення можна розділити на робоче, аварійне, чергове та евакуаційне. Для загального штучного освітлення об'єктів зазвичай використовують газорозрядні джерела світла.

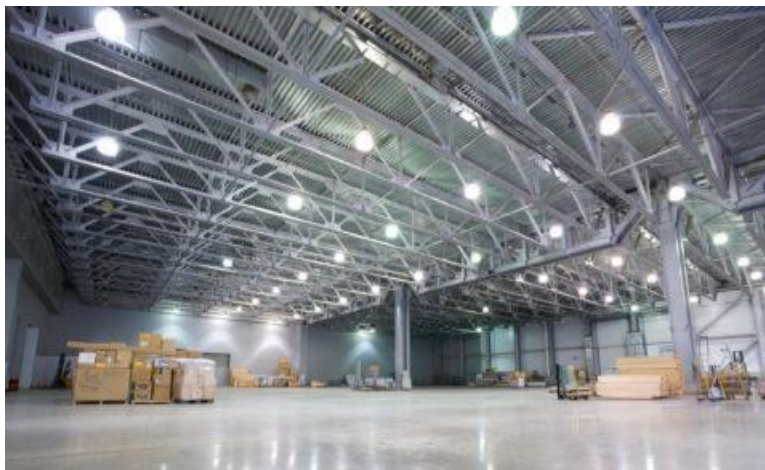


Рисунок 1.4 Штучне освітлення складу

Штучне освітлення включає загальне освітлення (світильники, які освітлюють весь простір, наприклад, робочі поверхні, коридори, проходи і доріжки) і змішане освітлення (загальне освітлення, доповнене місцевим освітленням, встановленим на робочому місці).

### **1.2 Аварійне освітлення ,робоче та службове освітлення**

Аварійне освітлення можна розділити на чергове та евакуаційне.

Аварійне освітлення повинно забезпечувати мінімальну яскравість не менше 2 люкс в будівлях і 1 люкс в лабораторіях при 5% від номінальної яскравості робочого місця.

Мінімальна освітленість в будівлях повинна становити не менше 30 люкс для евакуаційних світильників і 10 люкс для ламп розжарювання, якщо для цього є достатні підстави.

Аварійне освітлення слід передбачати там, де переривання робочого освітлення і, як наслідок, переривання обслуговування обладнання та механізмів може призвести до вибуху, пожежі або ураження електричним струмом.

- Вибух, пожежа або отруєння людей

- Постійне переривання технічних процесів.

- Перерва у виробництві електроенергії, радіо- і телевізійному мовленні та обладнанні зв'язку, диспетчерських, системах водопостачання, водовідведення та опалення, системах вентиляції та кондиціонування повітря, виробничому обладнанні, якщо неможливо зупинити роботу.

- Системні поломки в дитячих садках.

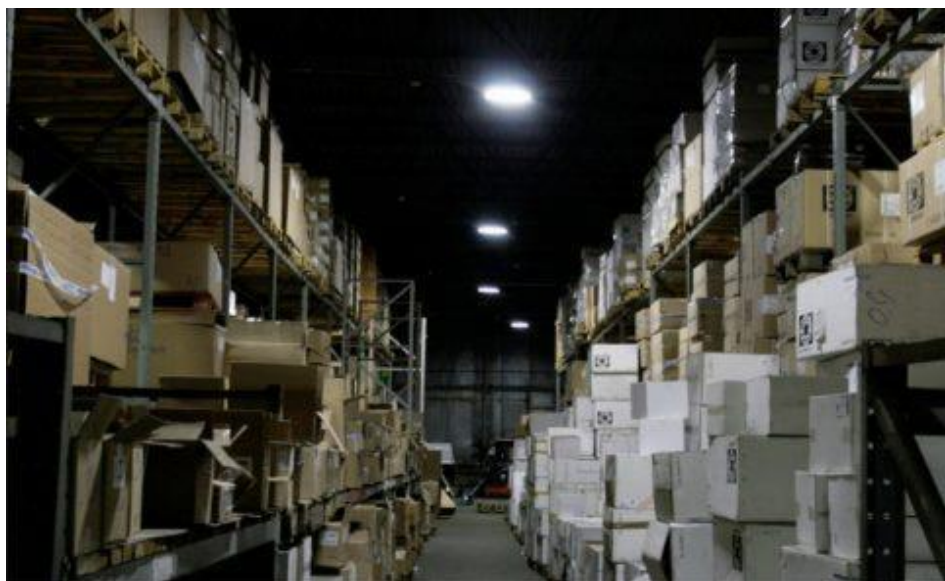


Рисунок 1.5 Аварійне освітлення складу

Евакуаційне освітлення повинно освітлювати підлогу (або основу) головного коридору та сходи на найнижчому рівні. Освітленість повинна становити 0,5 лк всередині приміщень і 0,2 лк зовні.

Евакуаційне освітлення також повинно бути передбачене всередині будівель і в робочих зонах зовні будівель.

- Небезпечні зони для пересування людей.

- Коридори або сходові клітки, що використовуються для евакуації людей, де кількість евакуйованих перевищує 50 осіб.

- Головні коридори на промислових підприємствах з кількістю людей понад 50 осіб; сходові клітки в житлових будинках з кількістю людей понад 50 осіб.

- Сходові клітини в житлових будинках, що мають шість і більше поверхів.

- У виробничих приміщеннях, де постійно перебувають люди, де існує ризик травмування людей, що виходять, через безперервну роботу виробничого обладнання при відмові нормального освітлення в разі виникнення аварійної ситуації.

- Громадські будівлі та допоміжні споруди промислових підприємств, де одночасно може перебувати понад 100 осіб.

- Промислові будівлі без природного освітлення.

Для аварійного освітлення (аварійного та евакуаційного) слід використовувати

- (a) лампи розжарювання

- (b) Люмінесцентні лампи - у приміщеннях, де температура вище 5°C і напруга, що подається лампою, становить не менше 90% від номінальної напруги у всіх режимах.

(с) Високовольтні газорозрядні лампи - за умови, що вони можуть бути негайно або швидко ввімкнені в гарячих і холодних умовах після короткочасного відключення електроенергії.

Аварійні світильники повинні відрізнятися від робочих світильників окремою червоною літерою А.

Аварійне освітлення передбачається (за відсутності спеціальних технічних заходів захисту) в нічний час уздовж меж території, що охороняється. Їх освітленість повинна бути не менше 0,5 лк у горизонтальній площині на рівні землі або з одного боку вертикальної площини, перпендикулярної до лінії межі на висоті 0,5 м над рівнем землі.

Вимоги до покриття, освітленості, рівномірності та якості професійного освітлення не визначені.

Робоче освітлення є обов'язковим для всіх виробничих приміщень для забезпечення виробничого процесу, пересування людей і транспорту.

У разі штучного освітлення вибір типів світильників та їх розташування ґрунтується на принципі створення достатньої освітленості на робочому місці і визначений у Державних будівельних нормах[1] .

Для освітлення відкритих просторів використовуються спеціальні світильники та прожектори. Вони повинні бути встановлені таким чином, щоб світло не проникало у вікна будівлі.

Висота світильників від проїжджої частини вулиць, доріг і площ повинна бути не менше 6,5 м. Спеціальні норми визначають середню освітленість (1 - 2 лк) вулиць і доріг.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ

#### 2.1 Порівняння освітлювальних установок з різними джерелами світла

Безпека та комфорт людей на роботі та під час відпочинку залежать від надійності систем внутрішнього освітлення. Водночас освітлення, як всередині, так і зовні приміщень, є важливим споживачем електроенергії. У багатьох будівлях різного призначення - промислових, житлових та адміністративних - на освітлення припадає значна частка загального споживання електроенергії. Енергоефективність освітлювальних установок має значний вплив на споживання електроенергії, при цьому питання якості та раціональних методів експлуатації є дуже важливими.

Система внутрішнього освітлення визначається як сукупність освітлювальних мереж та освітлювального обладнання.

Енергоефективна експлуатація системи внутрішнього освітлення означає мінімізацію споживання енергії при забезпеченні типових рівнів освітленості.

У сучасних електричних джерелах світла електроенергія перетворюється на світлове випромінювання трьома способами: виділенням тепла від електроенергії, виділенням газів або парів металу і протіканням струму через напівпровідники. Перше джерело світла називається тепловим, друге - розрядним і третє - світлодіодним.

До показників, які характеризують джерела світла, відносяться:

#### 1) енергетичні:

– енергетичний ККД лампи

$$\eta_{\text{ен.л}} = \frac{\Phi_{\text{е.л}}}{P_{\text{л}}}, \quad (2.1)$$

$\Phi_{\text{е.л}}$  – потужність лампи, Вт;  $P_{\text{л}}$  – повний потік випромінювання лампи, Вт;

– ефективний ККД лампи



$$\eta_{\text{еф.л}} = \frac{\Phi_{\text{еф.л}}}{P_{\text{л}}}; \quad (2.2)$$

– ефективна робота променевого потоку

$$\eta_{\text{еф.п}} = \frac{\Phi_{\text{еф.л}}}{\Phi_{\text{е.л}}} \quad (2.3)$$

Усі перелічені вище показники джерела випромінювання взаємопов'язані:

$$\eta_{\text{еф.л}} = \eta_{\text{еф.п}} \cdot \eta_{\text{ен.л}}; \quad (2.4)$$

– світловіддача лампи (лм/Вт)

$$H = \frac{\Phi}{P_{\text{л}}}; \quad (2.5)$$

## 2) світлотехнічні:

– Спектральний склад випромінювання лампи  $\Phi(\lambda)$

– Світловий (ефективний) потік випромінювання лампи  $\Phi$ , лм;

– Імпульс світлового потоку – зміна світлового потоку в часі при живленні лампи змінним струмом;

– Колірна температура  $T_{\text{кт}}$  – температура чорного тіла, при якій її випромінювання має таку ж кольоровість, як і випромінювання, що розглядається;

– Передача кольору – характеризує вплив спектрального складу випромінювання джерела на зорове сприйняття кольорового об'єкта в порівнянні з сприйняттям при освітленні еталонним джерелом світла;

## 3) електричні:

– реактивна потужність лампи  $Q_{\text{л}}$ , вар;

– номінальна (активна) потужність лампи  $P_{\text{л}}$ , Вт;

– номінальна напруга лампи  $U_{\text{ном}}$ , В;

– спосіб запалювання лампи;

– коефіцієнт потужності лампи  $\cos\varphi$ ;

#### **4) експлуатаційні:**

- Термін служби лампи - це середній час роботи до того, як будь-який з параметрів лампи зміниться до значень, що перевищують межі, зазначені в стандарті.

- "Повний термін служби" - час роботи лампи до виходу її з ладу.

- Залежність основних параметрів лампи від відхилення напруги.

- Старіння лампи - погіршення світлотехнічних характеристик лампи в процесі експлуатації.

- Частота чистки лампи - частота заміни лампи.

Отже, при виборі джерел штучного світла (для потреб внутрішнього освітлення) їх корисність можна віднести до параметрів, що визначають інтенсивність світла, таких як світловий потік, світлова віддача, колірна температура та кольоропередача.

Під енергоефективністю розуміють сукупність рішень, що характеризують співвідношення між понесеними витратами (на енергоносії) і досягнутими корисними ефектами. Завдання енергоефективних рішень полягає в тому, щоб використовувати менше енергії, забезпечуючи при цьому той самий рівень енергоефективності.

З точки зору енергоефективності, одним з найважливіших параметрів джерела світла є світлова віддача, тобто співвідношення між світловим потоком джерела світла та його потужністю.

## **2.2. Порівняльний аналіз джерел світла.**

Згідно з [1], абсолютне значення штучного освітлення нормується залежно від розряду зорових робіт, 14 розряду (їх чотири: а, б, в і г), контрасту між об'єктом, що розрізняється, і фоном та характеристики фону.

Згідно з [1], для загального штучного освітлення приміщень слід застосовувати газорозрядні джерела світла, при цьому перевагу слід надавати джерелам світла з найбільшою світловою віддачею і терміном служби при однаковій потужності. Застосування ламп розжарювання для загального освітлення допускається лише у випадках, коли застосування газорозрядних ламп неможливе або технічно та економічно недоцільне. Використання ксенонових ламп у приміщеннях не допускається. Крім газорозрядних джерел світла, для місцевого освітлення рекомендується використовувати лампи розжарювання, в тому числі галогенні лампи. Основними вимогами до сучасного освітлення є забезпечення оптимальних умов для зорової роботи, безпосереднє керування освітленням на робочому місці, енергоефективність, економія електроенергії та мінімальна шкода навколишньому середовищу. Наразі в системах електричного робочого освітлення найчастіше використовуються такі джерела світла.

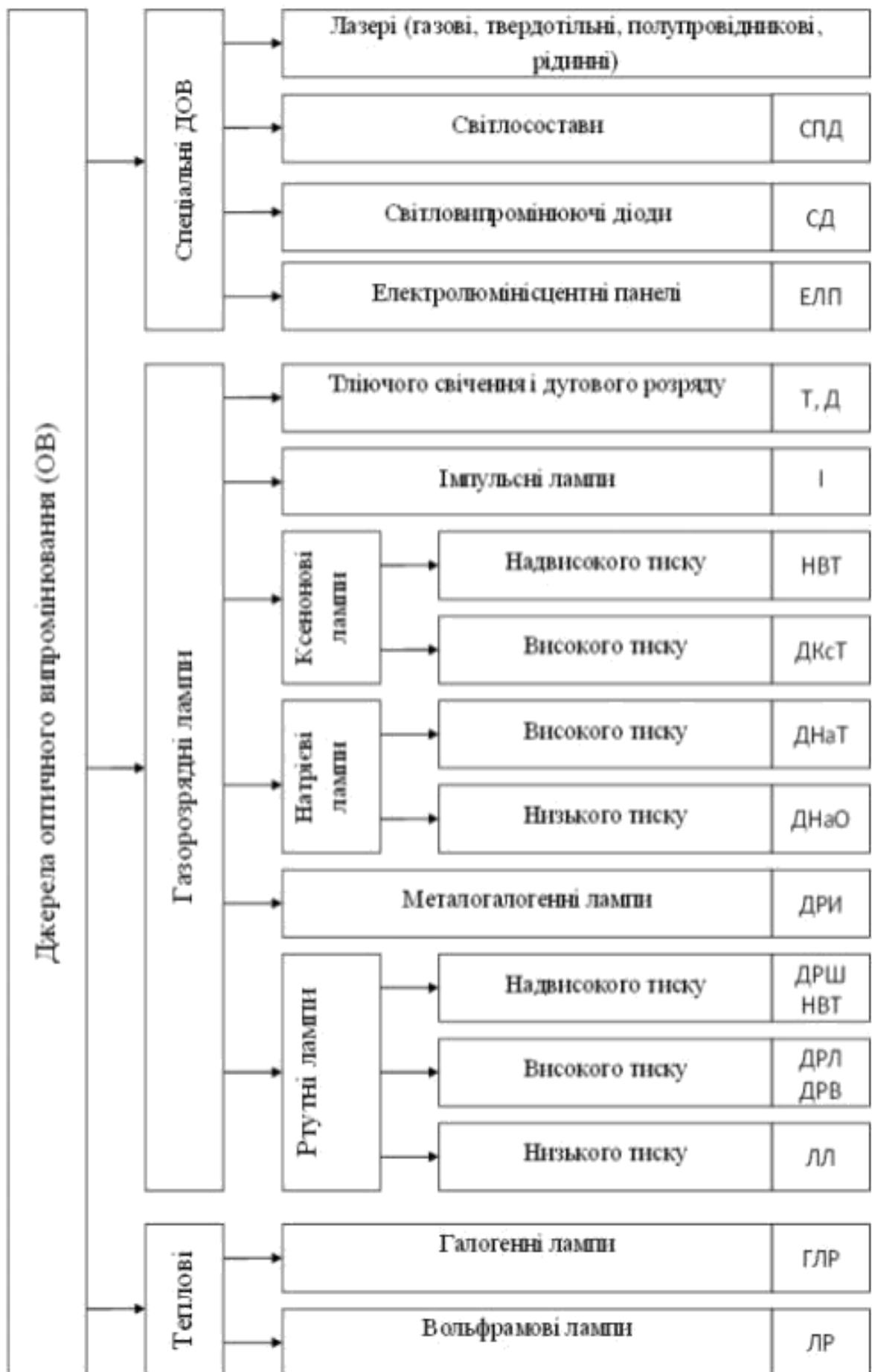


Рисунок 2.1 Класифікація джерел світла

Технічні характеристики	Тип лампи												
	ЛР	ГЛР	ГЛ	ЛЛ	ДРЛ	КЛЛ	БКЛЛ	ДРИ (МГЛ)	ДНаТ	ДКсТ	ЛТС	ЛЛ	СД
Строк служби, тис.год	1	2-4	10-15	12-15	10-12	6-12	15	3-10	6-15	2	1	50	50
Світлова віддача (ефективність), Лм/Вт	10-20	22-30	60-100	47-104	50-70	48-75	48	74-100	80-125	120-150	0,2-1	80-90	120-140
Виділення тепла при горінні	велике	велике	велике	велике	велике	велике	велике	велике	велике	велике	низьке		низьке
Можливість регулювання потужності, що споживається	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+
Залежність від напруги живлення	висока	висока	висока	висока	висока	низька	низька	низька	висока	низька	низька	низька	низька
Пульсація випромінювання	15-18	20	18	20	64-73	10	12	20-30	10	130	10	10	10
Індекс передачі кольору, Ra	>95	>90	>90	40-59	40-59	60-90	60-90	>90	<40	60	0	40-59	60-95
Спеціальна утилізація	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
ККД світильника	0,1	0,65-0,8	0,65-0,8	0,5-0,8	0,85	0,5-0,8	0,6-0,8	0,85	0,85	0,85	0,65	0,9	0,95
Середня варт.	14	20	300	89	120	60	70	300	100	190	30	55	31

Рисунок 2.2 Порівняння джерел світла, що використовуються в системах внутрішнього освітлення

Таблиця 1. Залежність світлової віддачі від потужності

Потужність, Вт	Лампи розжарювання, Лм/Вт	Люмінесцентні лампи, Лм/Вт	Світлодіодні лампи Лм/Вт
5	10	60	105
10	13	77	120
15	15	92	129
25	17	105	141
50	20	124	156
80	23	137	167

### 2.2.1 Метод коефіцієнта використання світлового потоку.

При вирішенні методу використання світлового потоку визначається світловий потік обраної лампи стандартного світильника. Світловий потік обраної лампи не повинен відрізнятись від розрахункового світлового потоку більш ніж на +20% або -10%. Якщо виникає більша похибка, запрограмована кількість світильників повинна бути скоригована.

Формула для визначення необхідного світлового потоку лампи

$$F = \frac{E \cdot S \cdot K_z \cdot z}{N \cdot \eta} \quad (2.6)$$

F – світловий потік лампи у світильнику, що вимірюється в

Лм; E – нормована освітленість, в Лк;

Kz - коефіцієнт запасу, що залежить від типу ламп і ступеня забрудненості приміщення;

z – поправочний коефіцієнт, що враховує, що середнє освітлення у кімнаті більше мінімального нормованого значення;

N – кількість світильників (ламп);

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку, що дорівнює відношенню світлового потоку,падаючого робочу поверхню, до сумарному потоку всіх ламп;

S – площа приміщення,м<sup>2</sup>.

### 2.2.2 Метод питомої потужності

Питома встановлена потужність - це загальна встановлена потужність світильників у приміщенні, поділена на площу приміщення. Питома встановлена потужність - це загальна встановлена потужність світильників у приміщенні, поділена на площу приміщення.

$$W = \frac{P_{\lambda} \cdot n}{S} \quad (2.7)$$

W – питома встановлена потужність,

Вт/м<sup>2</sup> P<sub>л</sub> - потужність лампи, Вт;

$n$  – число ламп у приміщенні;

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>.

Ці значення потужності наведені лише для довідки. Для вибору правильного значення питомої потужності необхідно знати тип світильника, типову силу світла, коефіцієнт запасу (якщо він відрізняється від значення, наведеного в таблиці, значення питомої потужності можна перерахувати пропорційно), коефіцієнт відбиття поверхні, висоту і площу розрахункової зони.

### 2.2.3 Точковий метод розрахунку освітлення.

Цим методом є освітленість у будь-якій точці приміщення (рис 8).

Порядок розрахунку для точкових джерел світла:

1. визначається розрахункова висота  $H_p$ , тип і розміщення світильників в приміщенні, і креслиться у масштабі план приміщення зі світильниками;
2. на план наноситься контрольна точка  $A$  та знаходяться відстані від проекцій світильників до контрольної точки –  $d$ ;

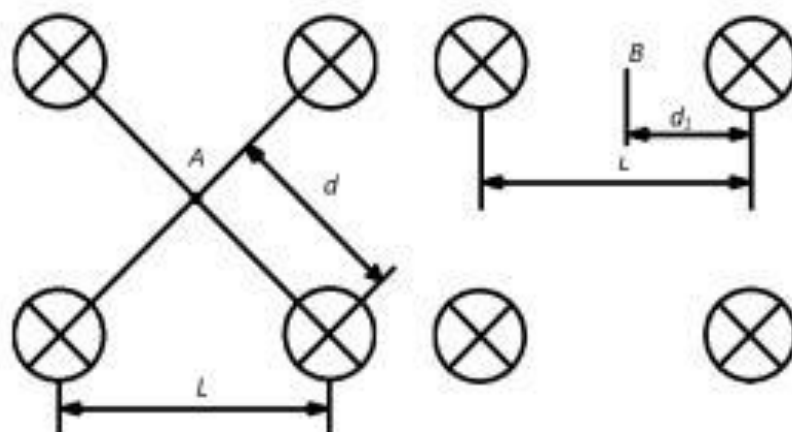


Рисунок 2.3 Розташування контрольної точки  $A$  під час розміщення світильників по кутах квадрата, та  $B$  по сторонах прямокутника

3. за просторовими ізолюксами горизонтальної освітленості

знаходиться освітленість  $e$  від кожного світильника;

4. знаходиться загальна умовна освітленість від усіх світильників  $\sum e$ ;

5. Розрахунок умовних сумарних сил світла всіх світильників  $A$ :

$$E_a = \left( \frac{F \cdot \mu}{1000 \cdot k_z} \right) \cdot \sum e \quad (2.8)$$

$\mu$  - коефіцієнт, що враховує додаткове освітлення від віддалених світильників та відбитого світлового потоку;

$k_z$  – коефіцієнт запасу.

Замість використання просторової ізоляції умовної горизонтальної яскравості можна скористатися таблицею значень умовної горизонтальної яскравості ламп 1000 лм.

Найбільш якісним методом є метод точкового розрахунку, який дозволяє визначити точні розрахункові значення, забезпечуючи тим самим якість освітлення в конкретних розрахункових точках. Його недоліком є трудомісткість. Інші два методи дозволяють швидко визначити рівень освітлення, але значення є більш приблизними і не можуть чітко визначити якість освітлення.



## РОЗДІЛ 3

### АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

#### 3.1 Режими автономного електропостачання

Автономне децентралізоване джерело живлення під час роботи може розрізняти "повний", "комфортний", "середній", "базовий" та "аварійний" режими. Навіть для одного і того ж споживача електроенергії системні вимоги до миттєвої потужності і накопичення енергії (а отже, їх ціна, вага і розмір) можуть в рази відрізнятися в різних режимах. У режимі повної потужності мережеве живлення повністю замінюється автономним джерелом живлення без обмеження нормального життєвого циклу. Необхідну кількість енергії можна налаштувати, проаналізувавши місячне енергоспоживання і встановивши максимальне значення. Комфортне електропостачання відрізняється від повного тим, що з нього виключаються прилади з найбільшим енергоспоживанням, тобто прилади з енергоспоживанням понад 2 кВт або середньодобовим енергоспоживанням понад 4-5 кВт-год. Помірне енергозабезпечення передбачає помітну зміну способу життя при збереженні високого рівня комфорту. Однак, за винятком необов'язкових предметів, таких як електрочайник, перелік електроприладів мало чим відрізняється від комфортного режиму енергоспоживання. Використання електричних водонагрівачів також може бути обмежене. Зміни стосуються також періодів менш регулярної, але енергоємної роботи. Базовий режим електропостачання передбачає необхідність постійного моніторингу поточного навантаження автономного джерела живлення та ввімкнення всіх більш-менш потужних споживачів по черзі, але не одночасно. Цей режим також вимагає постійної економії, зокрема, вмикання світла лише там, де, коли і коли воно дійсно потрібне. Те саме стосується й інших електроприладів. Тим не менш, ви можете підтримувати достатній рівень комфорту і в цьому режимі. Аварійний режим значно обмежує ваші потреби, але, на відміну від минулого, в цьому режимі ви можете працювати автономно протягом декількох днів, тому найбільш енергоємні прилади можна вимкнути до відновлення нормального електропостачання. Мета аварійного електропостачання - забезпечити мінімальний

комфорт і функціональність найбільш критично важливого обладнання життєзабезпечення на об'єкті.

Основні характеристики режиму автономного децентралізованого електропостачання наведені в Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Характеристика режимів автономного електропостачання

Режим	Потужність в тривалому режимі, кВт		Споживання за місяць, кВт/год	Повсякденне електропостачання	
	зазвичай не більше	максимум		автономне	зовнішнє
Аварійний	0,6	1,5 (зрідка 3)	60	не використовується	використовується завжди
Базовий	1	2,5 (зрідка 4)	100	не використовується або використовується обмежено	використовується завжди
Помірний	3	5	150	для освітлення та систем життєзабезпечення об'єкту	для нагрівальних приладів та інших потужних споживачів
Комфортний	3,5	5	250	для всіх основних споживачів, крім потужних систем електрообігріву	короткочасно для потужних нагрівальних приладів
Повний	5	6	600	завжди	не використовується

У Таблиці 2 наведено оцінку попиту на енергію, і ці дані можна використовувати для оцінки потенціалу вільних ресурсів. Однак, кожен випадок необхідно розглядати індивідуально, виходячи з наявного обладнання, його використання та існуючих практик. Однак метод розрахунку однаковий, і унікальність літнього та зимового споживання в більшості випадків може бути компенсована. Наприклад, влітку витрати на охолодження зростають, оскільки кількість необхідного опалення зменшується. Тим не менш, споживання електроенергії взимку дещо вище, ніж влітку. У цій таблиці наведено дані для найбільш споживаних сезонів: максимальна потужність протягом 24 годин поспіль дозволяє оцінити загальну допустиму потужність для споживачів, що працюють цілодобово. Таблиця також включає потужність, яку споживає саме обладнання системи електропостачання, наприклад, контролери та інвертори.

### 3.2 Структурна система автономного електроживлення

Структурно система автономного електроживлення на основі використання сонячної енергії включає такі основні складові :

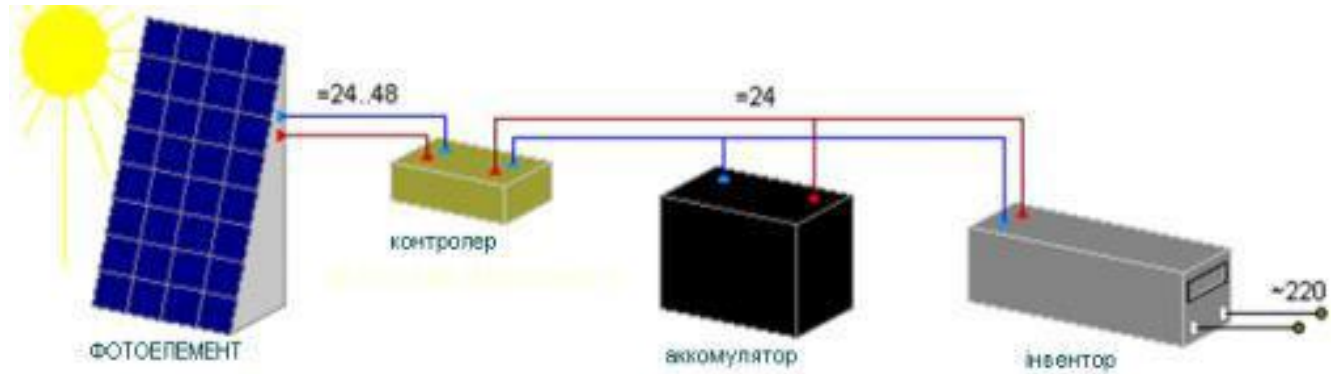


Рисунок 3.1 - Конфігурація автономної системи електропостачання з використанням сонячної енергії.

Конфігурація системи складається з розрахунку необхідної номінальної потужності її основних компонентів відповідно до кількості енергії, необхідної для забезпечення конкретної роботи установки. Існує 5 різних режимів енергоспоживання для установок: повний, м'який, помірний, базовий та аварійний. Кожен режим визначається робочими та експлуатаційними характеристиками установки, яку потрібно жити. Розрахуємо параметри системи для забезпечення аварійного режиму енергоспоживання. У цьому режимі енергоспоживання дуже обмежене і автономна робота в цьому режимі очікується не більше кількох діб поспіль. Тому обладнання, яке споживає найбільше енергії, не повинно використовуватися до відновлення нормального електроживлення. Мета електропостачання - забезпечити мінімальний комфорт і функціональність найважливішого обладнання життєзабезпечення на об'єкті. Для забезпечення цілолітнього автономного електропостачання в заданих умовах експлуатації об'єкту необхідні сонячні панелі потужністю 3,2 кВт.

### 3.3 Визначення можливостей Сонця

Після визначення кількості енергії, необхідної для певної функції автономного електропостачання, необхідно визначити потужність сонячної батареї. Потім цю потужність необхідно порівняти з вашими потребами, перш ніж ви почнете інвестувати в систему. Основою для розрахунку очікуваної потужності є дані про сонячну потужність з урахуванням погодних умов. Найважливішим питанням є вибір кута нахилу панелей. З огляду на те, що панелі можна використовувати цілий рік, бажано, щоб кут нахилу був на 15° вищим за широту. Для Києва це означає 65°. Тепер можна приступити до оцінки потенційної ефективності сонячних панелей, тобто кількості сонячних модулів, необхідних для роботи системи в потрібному режимі. Типове сонячне випромінювання розраховане для площі 1 м<sup>2</sup>. Однак точна площа поверхні комірки сонячного колектора невідома. Однак відома номінальна потужність, яка дає номінальну потужність, що відповідає типовому сонячному випромінюванню 1 кВт/м<sup>2</sup> при 25°C. Цього достатньо. Якщо сонячне випромінювання на рівні землі (максимальне сонячне випромінювання) загалом вважається реалістичним, то можна встановити, що потужність батареї пов'язана з сонячним випромінюванням на м<sup>2</sup> рівня землі в погоду на внутрішньому дворіку так само, як і потужність батареї пов'язана з сонячним випромінюванням на м<sup>2</sup> рівня землі в погоду на внутрішньому дворіку, тобто до 1000 Вт. Помноживши місячне сонячне випромінювання в таблиці на співвідношення між потужністю акумулятора і максимальним сонячним випромінюванням, ви отримаєте розрахункову сонячну потужність за місяць.

Вироблення фотоелектричної панелі може розраховуватися за наступною формулою:

$$E_{cb} = E_{inc} \cdot P_{cb} \cdot \eta / P_{inc}, \quad (3.1)$$

де  $E_{cb}$  - Електроенергія, вироблена сонячними батареями;  $E_{inc}$

- місячна інсоляція квадратного метра (з таблиці інсоляції);  $P_{cb}$

- номінальна потужність сонячної батареї;

$\eta$  - сумарна ефективність передачі струму через кабелі, сонячні контролери та інвертори при перетворенні низьковольтної постійної напруги в нормальну напругу (коли низьковольтна постійна напруга використовується безпосередньо,  $\eta$  дорівнює 1, тобто не враховується, якщо кабелі досить товсті і короткі).

$P_{inc}$  - Максимальне сонячне випромінювання на квадратний метр поверхні землі (1000 Вт). Значення кожного елемента типу має бути в одній і тій же одиниці (кіловат-години або джоулі). Тому, коли відома місячна сонячна радіація, можна оцінити номінальну потужність сонячних елементів, необхідну для отримання

необхідної місячної продуктивності.  $1 \text{ кВт/год} = 3,6 \text{ МДж}$ .

$$P_{сб} = P_{inc} \cdot E_{сб} / (E_{inc} \cdot \eta) \quad (3.2)$$

У додатку А наведено дані про середньомісячну енергію сонячного випромінювання (інсоляцію) для різних міст України з урахуванням кліматичних умов (частота та ступінь хмарності) для стаціонарних панелей, орієнтованих на південь під кутом  $00^\circ$ . Хоча сонячне випромінювання може змінюватися на 10-15 і більше, сонячна радіація інтегрована в місяць, оскільки цей часовий проміжок згладжує деякі варіації, пов'язані зі зміною поточних погодних умов. Щоб отримати середньодобове опромінення, загальне місячне опромінення потрібно розділити на кількість днів у 10-місячному періоді. Хоча кількість сонячного випромінювання змінюється з місяця в місяць, номінальна потужність сонячного колектора не змінюється, і саме її слід враховувати при виборі місця установки і визначенні вартості. Хоча ця формула корисна для оцінки номінальної потужності батареї за певних умов сонячної радіації, вона не підходить для оцінки потужності протягом

року. Тому побудуємо таблицю на основі формули, щоб визначити, коли і в якому вигляді можна постачати електроенергію сонячними панелями різної номінальної потужності. Отримані місячні значення виробітку округляємо з точністю до 1 кВт-год. Для оцінки виробітку було враховано сумарний ККД інвертора та контролера, який встановлено на рівні 91% (це найкраща оцінка реально досяжного значення на даний момент). У додатку Б наведено дані для міста Києва з урахуванням кута нахилу сонячних панелей<sup>650</sup>. Для наочності продуктивність батарей показано

кольорами. Аварійний стан: червоний, базовий стан: помаранчевий, помірний стан: жовтий, комфортний стан: синій, ідеальний стан: зелений. Аналіз Додатку Б дозволяє зробити наступні висновки. Для забезпечення заданого режиму автономного енергозабезпечення установки протягом року необхідні сонячні панелі з наступними номінальними потужностями. - 3,2 кВт для аварійного режиму, - 5,3 кВт для базового режиму, - 8 кВт для середнього режиму, - 13,5 кВт для комфортного режиму, - 31,5 кВт для повного режиму. На жаль, ціна сонячних панелей наразі дуже висока і при ККД 17-18% площа поверхні становить близько 200 м<sup>2</sup>. Однак, хоча ціни впали, ефективність гігантських панелей залишилася колишньою, і не завжди можна знайти два гектари площі, принаймні не на землі, а на стінах або дахах. Судячи з сонячної панелі, вартість була б набагато нижчою за тих самих умов у Дніпрі та Кельсоні. При проектуванні автономної системи електропостачання об'єкта на основі використання сонячної енергії необхідно також враховувати тип роботи об'єкта, який буде жититися від цього виду альтернативної енергії. Однак, автономні системи електропостачання, хоча і є спочатку дорогими, можуть заощадити значну кількість традиційних джерел енергії та капіталу протягом терміну їх експлуатації.

### **3.4 Види, переваги та недоліки незалежного електропостачання.**

Сучасні системи автономного електропостачання виробляють енергію з різних джерел енергії. Щоб переконатися, що автономна система працює належним чином і виробляє кількість енергії, яка повністю забезпечує потреби всіх побутових приладів і пристроїв, перед встановленням обладнання проводиться попередній розрахунок сумарної потужності наявних споживачів електроенергії.

До них відносяться наступні агрегати

- Побутова система опалення

- Холодильні агрегати

- Очищувачі та охолоджувачі повітря
- Велика та дрібна побутова техніка
- Насосні станції для подачі води в будинок з колодязів і свердловин.

Електроінструменти для поточного ручного ремонту.

Основні номінальні потужності вказані в документації, що видається виробником і додається до кожного приладу. Ці показники варіюються від людини до людини, але, як і для будь-якого іншого інструменту або обладнання, потрібне постійне джерело живлення з постійною частотою і без перепадів напруги.

У деяких випадках також береться до уваги синусоїдальна форма хвилі змінної напруги.

Необхідно зібрати дані про потужність обладнання, щоб визначити, скільки кіловат потужності повинна забезпечити автономна децентралізована система безперебійного живлення на добу. Рекомендується перевищити цю цифру на 15-30%, щоб врахувати майбутнє зростання енергоспоживання.

Наступним кроком є визначення основних технічних характеристик майбутньої енергосистеми. Ці параметри залежать від її призначення.

Якщо ви хочете створити резервне джерело живлення, яке буде підключатися тільки в певні години доби, коли центральні комунікації не забезпечують електропостачання, можна визначити години непікового навантаження, в які буде працювати автономне обладнання, і, виходячи з цих даних, розрахувати потужність, необхідну для нормальної роботи системи.

Якщо автономне обладнання відповідає за загальне електропостачання житлових будинків, будівель і садових ділянок, слід заздалегідь розрахувати передбачуване добове споживання.



Додайте 20-25% для розрахунку фактичної базової потужності, необхідної для роботи комунікаційних мереж, побутової техніки та меблів на повну потужність.

На основі отриманої детальної технічної інформації можна приступити до проектування і розробити об'єктивний кошторис витрат на придбання та встановлення обладнання.

Звичайно, фахівець може встановити обладнання швидше і якісніше, але це буде коштувати дорожче. Хоча основну роботу може виконати і звичайна людина, все ж розумніше викликати експерта або хоча б користуватися їх порадами від одного етапу до іншого.

#### Переваги автономної електрики:

Основна перевага автономної децентралізованої системи електропостачання полягає в тому, що не існує стандартів споживання або витрат на основі використаної енергії. Це дає можливість забезпечити будь-який рівень комфорту в будинку, незалежно від того, чи працюють поблизу центральні комунікації.

Якщо початковий розрахунок потужності правильний і не занижений, система буде працювати нормально, і власник не зіткнеться з такими проблемами, як несподівані відключення електроенергії або стрибки напруги.

Ризик того, що несподівані стрибки напруги спричинять несправність побутових приладів або пожежу, також усувається. Кількість і якість електроенергії завжди буде однаковою і точно такою, як заплановано в проекті.

Обладнання з незалежним електропостачанням надійне і рідко виходить з ладу. Ці переваги залишаться незмінними, якщо дотримуватися основних правил експлуатації та регулярно проводити технічне обслуговування окремих компонентів і системи в цілому.

Крім того, вже діє експериментальна програма, яка дозволяє власникам продавати надлишок електроенергії державі. Однак використання цієї привабливої

можливості має бути заздалегідь продумано під час розробки проекту електропостачання.

Крім того, необхідно отримати низку дозволів, щоб переконатися, що наявне обладнання здатне виробляти необхідну кількість електроенергії з належною якістю.

#### Недоліки незалежного електропостачання:

Недоліками незалежної системи електропостачання є досить висока вартість обладнання та високі експлуатаційні витрати.

Експерти-електрики рекомендують власникам дуже ретельно проводити всі розрахунки і чітко визначати технічні параметри системи, яку вони мають намір встановити. В іншому випадку може виникнути ситуація, коли виробниче обладнання вийде з ладу ще до того, як воно стане рентабельним.

Крім того, власникам доведеться ремонтувати автономний комплекс власним коштом, а ця послуга коштує чималих грошей. Якщо комплекс розташований у віддаленому районі або в місці з поганим транспортним сполученням, їм доведеться самостійно звертатися до ремонтної компанії або платити додаткові кошти за виїзд ремонтної бригади на об'єкт.

Крім того, все потрібно зробити досить швидко, оскільки побутове телекомунікаційне обладнання та установки, що використовують електроенергію, будуть недоступні в цю пору року.

Регулярні профілактичні огляди та регулярне технічне обслуговування наявного обладнання можуть значно зменшити ймовірність виходу з ладу автономного обладнання, але для цього можуть знадобитися виїзди спеціалістів, що може бути дорогим задоволенням.

Звичайно, деякі роботи можуть бути виконані власником, але для більш серйозних проблем, які вимагають досвіду і спеціальних знань, професійне втручання все одно необхідне.

### 3.4.1 Бензинові генератори.

Бензинові генератори призначені для виробництва відносно невеликої кількості електроенергії, зазвичай протягом декількох годин. Вони бувають з водяним або повітряним охолодженням і мають асинхронний генератор.

Конструкція бензинового двигуна внутрішнього згоряння займає мало місця, компактна і легко транспортується. Їх часто використовують на дачах і для короткочасних будівельних робіт у місцях, де немає електромережі.

Однак вони не підходять для тривалого енергозабезпечення важких споживачів у важких умовах експлуатації.

#### Переваги:

Можливість використання при мінусових температурах (встановлення на вулиці), низький рівень шуму (50-70 дБ), доступне паливо, легше обслуговування (порівняно з дизельними генераторами), наявність мобільних моделей, простіша і компактніша конструкція, менша вага, вартість генератора.

#### Недоліки:

Викиди вихлопних газів, вибухонебезпечне паливо та його вартість, невеликий ресурс двигуна і час безперервної роботи (зазвичай 5-7 годин, з мінімально необхідною зупинкою на 1 годину через можливий перегрів двигуна), низький ККД (на 20-30% нижчий, ніж у дизельних генераторів) і, як наслідок, високе споживання палива. Встановлення ASF (функція автоматичного очікування), яка автоматично активується в разі відключення електроенергії, вимагає додаткових витрат і не входить до базового комплексу поставки. Вона не доступна для використання в квартирах.

### 3.4.2 Дизельні генератори.

Побутові дизельні генератори спроектовані більш потужними. Залежно від конструкції, система охолодження двигуна може бути розрахована на тривалі періоди роботи.

Популярністю користуються модульні конструкції дизель-генераторних установок контейнерного типу.

Наявність функції АВР, яка автоматично запускається в разі відключення електроенергії, розширила сферу застосування дизель-генераторів в системах резервного електропостачання домогосподарств, дозволяючи комфортно їх експлуатувати.

Однак, як і бензинові двигуни, вони викидають в атмосферу продукти згоряння, створюють шум і вібрацію.

Однак, як і бензинові двигуни, вони викидають в атмосферу продукти згоряння, створюють шум і вібрацію, а тому виробляються з різноманітними системами управління та автоматизації. Наприклад, деякі дизель-генератори оснащені системами онлайн-моніторингу, які дозволяють максимально ефективно і економно використовувати дизель-генератор за допомогою мобільного пристрою, дистанційно вимикати його, коли він не потрібен, запускати в реверсному режимі, контролювати рівень палива і так далі, щоб ви не знали про будь-які неприємні стани Система покликана запобігти цьому.

Переваги:

Всепогодність (на вулиці), великий моторесурс і час безперервної роботи (промислові дизельні генератори можуть працювати безперервно), паливна безпека (вибухозахищеність), висока ефективність і економічність (витрата палива в 1,2-1,5 рази вище, ніж у бензинових генераторів). Ще однією перевагою є наявність великих потужностей (до 200 кВт). Однак, якщо для побутового використання (приватні будинки) це не має значення, то для забезпечення безперебійного живлення комерційних та інфраструктурних об'єктів - важлива.

Недоліки:

Вихлопні гази, сильний шум під час роботи (70-110 дБ), більш кваліфіковане (і дороге) обслуговування через складну конструкцію, значна вага, висока ціна (в 1,5-2 рази вище, ніж у бензинових генераторів). Крім того, на запуск газових генераторів легко впливають зовнішні температури, тому потрібні додаткові заходи (система опалення), якщо генератор встановлений на вулиці; АВР - це додаткова покупка, як і для інших генераторів. Неможливість використання в квартирах До речі, деякі дизельні генератори, оснащені автоматичним перемикачем і системою зимового підігріву палива, що дозволяє їм здійснювати гарантований автоматичний запуск при будь-якій температурі навколишнього середовища взимку. Рідинна система охолодження дозволяє генератору працювати тривалий час без перерв на охолодження.

### **3.4.3 Газові генератори.**

Газові електростанції працюють на природному або зрідженому природному газі. Газові електростанції повинні бути підключені до стаціонарної газової мережі або до резервуарів для зберігання ЗПГ. Завдяки низькій ціні на природний газ, експлуатаційні витрати є нижчими, ніж для електростанцій, що працюють на бензині або дизельному паливі.

Крім того, продукти згоряння, що викидаються з двигуна в атмосферу, менш токсичні.

Переваги:

Більший термін служби двигуна, більший час безперервної роботи (електростанція з рідинним охолодженням, газопоршнева електростанція постійного горіння), менше шкідливих викидів в атмосферу (менший вміст шкідливих речовин і сажі у вихлопних газах), мал шумна робота, високий коефіцієнт корисної дії (ККД).

Недоліки:

Складне постачання палива (особливо магістрального газу), висока вартість (електростанції з водяним охолодженням). З іншого боку, існують дешевші системи повітряного охолодження з меншим часом роботи, ніж бензинові генератори. Бюрократичні та інші необхідні процедури ускладнюють або унеможливають експлуатацію обладнання для побутового використання. Неможливо використовувати в квартирах.

#### **3.4.4 Джерело безперебійного живлення.**

Джерело безперебійного живлення (ДБЖ) забезпечує резервування за рахунок додаткового джерела живлення - акумуляторної батареї. Крім резервування, ДБЖ також мають здатність покращувати якість електроживлення і забезпечувати його характеристики в заданих межах.

Переваги:

Вбудована функція автоматичного запуску (без додаткових витрат на реалізацію), екологічність, стабілізація напруги живлення, захист від перепадів напруги (при підключенні до мережі), фільтрація перебоїв в електропостачанні. Функції стабілізації та фільтрації доступні не на всіх моделях, а лише на лінійно-інтерактивних (Smart UPS), On-Line та подвійного перетворення (високоякісні моделі, що використовуються для живлення серверів).

Недоліки:

Короткий час роботи - кілька десятків хвилин (моделі потужністю до 20 кВт), встановлення лише в технічних приміщеннях (необхідний рівень шуму та охолодження), шум під час роботи (через вентилятори охолодження), висока ціна. Не можна встановлювати на вулиці або в неопалюваних приміщеннях. Дорогі та незручні для використання в приватних будинках і квартирах.

### 3.4.5 Акумуляторний генератор.

Інверторні джерела живлення, як і ДБЖ, використовують акумуляторні батареї для забезпечення резервного живлення. Дуже важливим аспектом цих систем є те, що вони можуть бути розширені шляхом підключення сонячних полів. Точно підібравши площу сонячного поля до споживача електроенергії, можна забезпечити практично невичерпне джерело резервного живлення на майже необмежений період часу.

#### Переваги:

Автоматичне перемикання, можна встановлювати в опалювальних приміщеннях, безшумна робота, екологічність, легка стабілізація напруги, просте обслуговування, низька вартість. Функціональність пристрою можна розширити, підключивши сонячні панелі. Можна використовувати в квартирах.

#### Недоліки:

Обмеження потужності 5 кВт, батареї потрібно замінювати кожні 3-5 років (гелеві) або 10 років (літієві), короткий час автономної роботи - близько 24 годин (але набагато довше, ніж у ДБЖ такої ж потужності). Також їх не можна розміщувати на вулиці або в холодних приміщеннях.

Тому такий пристрій дасть можливість перервати роботу газового котла, основного освітлення і зарядки мобільних пристроїв в будинку більш ніж на 5-6 годин. Крім того, просте підключення додаткових акумуляторів може збільшити час роботи обладнання в кілька разів, а сонячні батареї - продовжити цей час і використовувати безкоштовну сонячну енергію. Наші фахівці проведуть безкоштовний енергоаудит вашої ділянки і нададуть вам технічно обґрунтовану комерційну пропозицію щодо забезпечення вашого будинку, котеджу або дачі власною енергією.

### **3.4.6 Сонячна електростанція.**

Фотоелектрична станція - це пристрій, який перетворює сонячну енергію в електричну. Вона складається з сонячних модулів, контролера заряду, акумулятора та інвертора. Обслуговування обладнання полягає в тому, щоб час від часу протирати дзеркало поглинача для видалення дрібного сміття. Установка на фіксованій висоті під кутом близько  $70^\circ$  забезпечує такі умови, щоб взимку на поверхні батареї не накопичувався сніг, який перешкоджає би нормальній роботі.

Сонячна система налаштовується автоматично. Власнику не потрібно вмикати та вимикати обладнання. Згенерована енергія зберігається в спеціальному акумуляторному блоці, що дозволяє цілодобово використовувати електроенергію в індивідуальному режимі, зручному для власника.

Переваги:

Необмежений час автономної роботи, завжди увімкнений, доступне і безкоштовне паливо, не потребує частого обслуговування, безшумний, екологічно чистий.

Недоліки:

Залежить від погодних умов і часу доби, потребує даху для встановлення сонячних батарей, висока ціна. Залежність від часу повністю компенсується використанням акумуляторних батарей, які потребують заміни кожні 3-5 років (10 років для літєвих батарей). Неможливо використовувати в квартирах, якщо немає можливості встановити сонячні батареї на даху багатоквартирного будинку.

### **3.4.7 Висновок до розділу.**

У разі частих перебоїв в електропостачанні, бензинові генератори краще підходять для стаціонарних установок через короткий термін моторесурсу.



Стаціонарні дизельні генератори є кращими, якщо потрібна більша резервна потужність (10 кВт або більше), тривалий час автономної роботи (кілька днів) і наявність вільного місця для встановлення. Завдяки своїй потужності, часу автономної роботи та автоматичному запуску з дистанційним моніторингом, дизельні генератори можуть бути ідеальним вибором для котеджів, комерційних об'єктів та інфраструктури.

Генератори безперебійного живлення (ДБЖ) мають дуже обмежений час автономної роботи, а генератори невеликих потужностей працюють лише кілька десятків хвилин. Крім того, лише потужні моделі можуть працювати 10-14 годин, а їхня вартість дуже висока, що робить їх використання в квартирах і будинках невиправданим.

Якщо ви хочете мати резервне джерело живлення в квартирі або на дачі з достатнім енергоспоживанням 2-5 кВт, інверторні джерела живлення - найкращий вибір. Вони компактні, тихі, прості у використанні, масштабовані, безшумні і безпечні в разі тимчасового відключення електроенергії. Підключивши сонячну електростанцію, установка може бути повністю автономною.

Хоча сонячні електростанції є найдорожчим джерелом енергії, їх також можна використовувати як джерело живлення (заощаджуючи витрати на електроенергію), оскільки вони поновлювані, мають необмежений термін служби батареї і не потребують палива. Сонячна енергетика ідеально підходить для об'єктів з обмеженою виділеною потужністю в мальовничих місцях, які не хочуть забруднювати навколишнє середовище вихлопними газами.

Різні джерела резервного живлення можуть використовуватися разом, конфігурація яких визначається більш детальними розрахунками, проведеними в проекті електропостачання.

## РОЗДІЛ 4

### Конфігурація системи автономного електричного живлення на основі використання сонячної енергії

#### 4.1 Конфігурація системи

Враховуючи наведений вище аналіз, можна визначити остаточну конфігурацію автономної децентралізованої системи електропостачання для забезпечення аварійної роботи складу.

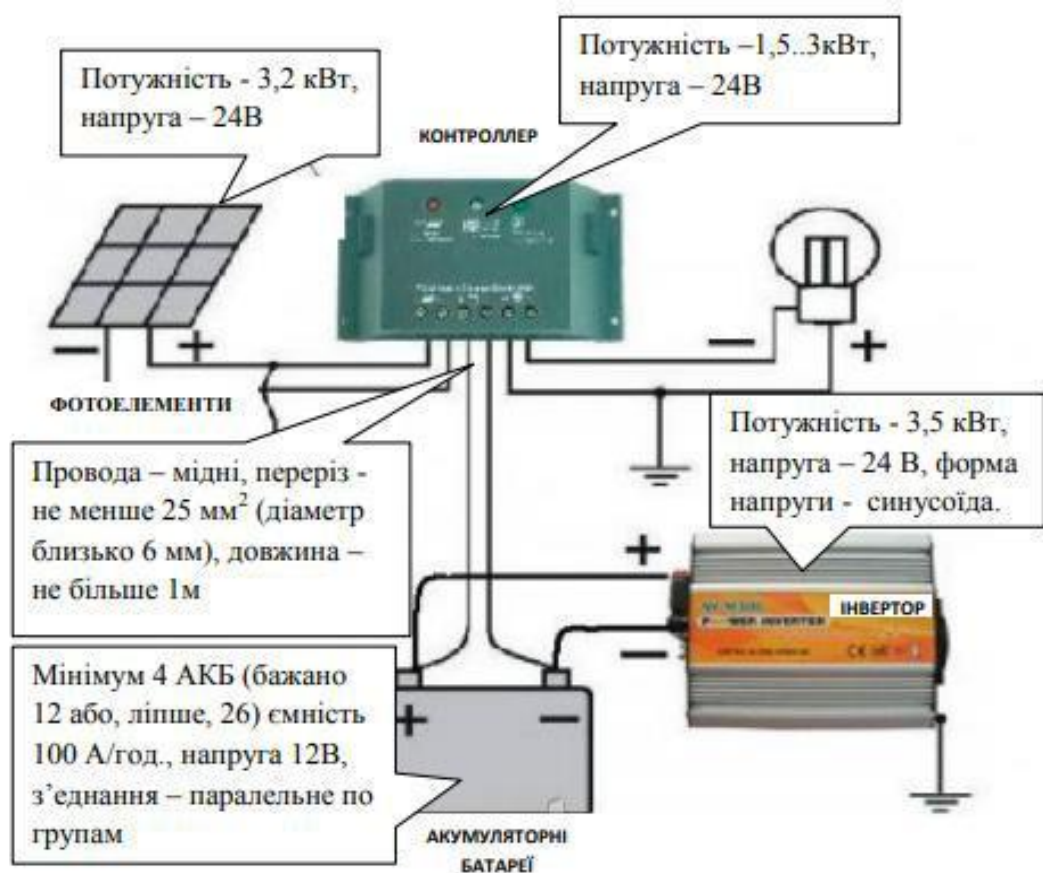


Рисунок 4.1 - Система автономного електроживлення для забезпечення аварійного режиму роботи складського приміщення

#### 4.2 Вибір напруги системи

Вихідна напруга системи зазвичай відповідає побутовим стандартам, якими в Україні є змінний струм з напругою 220 В і частотою 50 Гц. Однак існує більш

широкий вибір низьковольтних напруг постійного струму (також відомих як вхідна напруга інвертора, номінальна напруга акумуляторів, сонячних панелей і вітрогенераторів). Типова напруга потужних акумуляторів - 12 В, та "мотоциклетні" версії на 6 В можна легко знайти.

Після придбання 2 В блоків можна зібрати батареї на різну напругу на цьому кроці. Номінальна вихідна напруга фотоелектричних панелей потужністю 50 Вт і більше зазвичай становить 12 В або 24 В, але її можна збільшити за допомогою відповідного модуля, з'єднавши батареї послідовно. Більшість інверторів розраховані на вхідну напругу постійного струму 12 В, 24 В, 48 В або 96 В, залежно від потужності. Насправді, для живлення 1 кВт потужності при нарузі 12 В потрібен струм понад 83 А!

Якщо врахувати втрати інвертора до 15%, то струм становить майже 100 А. Подібні або навіть у два-три рази вищі струми характерні для автомобільних стартерів, де струм протікає дуже мало і лише протягом короткого часу. Однак у цьому випадку струм протікає дуже мало і майже безперервно протягом тривалого часу. Тому переріз кабелю повинен бути дуже великим, щонайменше 25 x 25 мм (діаметр близько 6 мм) для мідного кабелю, а сам кабель повинен бути якомога коротшим (менше 1 м, бажано в межах 20-30 см). В іншому випадку енергія, яка використовується для нагрівання, буде витрачатися даремно, що не тільки марнотратно, але й шкідливо і навіть небезпечно.

При збільшенні потужності до 10 кВт струм зростає до 1000 А, а мінімально допустима площа поперечного перерізу кабелю збільшується не в 10, а більш ніж у 20 разів через проблему розсіювання тепла в центрі сердечника.<sup>14</sup> Щоб забезпечити такий великий струм протягом багатьох років, складно досягти компактних і надійних з'єднань. Тому виробники інверторів намагаються забезпечити, щоб вхідний струм, який споживає інвертор при роботі на номінальній потужності, не перевищував 100-200 А. Зі збільшенням потужності вхідна напруга також повинна зростати. На відміну від сонячних панелей і батарей, вітрогенератори не можуть бути зібрані послідовно з інверторами і контролерами, тому їх необхідно підбирати,

виходячи з необхідної напруги постійного струму і вихідної потужності інвертора. Ця напруга є безпечною і може бути достатньою для майже всіх споживачів у типовому домогосподарстві, оскільки інвертори можуть мати потужність до 3 кВт і навіть 5 кВт. Однак номінальна потужність кожного інвертора не повинна перевищувати 3-5 кВт, а вхідна напруга повинна бути в межах 24 В. (До речі, це гарантує, що якщо один з інверторів раптом вийде з ладу, інші інвертори видадуть необхідну напругу в мережу і система продовжить працювати (звичайно, при цьому необхідно ретельніше стежити за потужністю навантаження). І тільки якщо потужність навантаження перевищує вихідну потужність інвертора, то слід використовувати сильніший інвертор і, відповідно, переходити на більш високу напругу постійного струму. Виходячи з того, що контролери не можна з'єднувати послідовно і тому їх потрібно вибирати, виходячи з напруги постійного струму для необхідної вихідної потужності інвертора (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 - Порівняння інверторів для різних напруг постійного струму

Напруга постійного струму	Типова номінальна потужність інвертора	Особливості низьковольтної частини
Номінал 24В (реально від 20 до 30В)	від 1,5 кВт до 3 кВт (іноді до 5 кВт)	практично немає небезпеки ураження струмом, взаємодіє з різними типами електрообладнання і додатковим обладнанням для вантажних автомобілів
Номінал 48В (реально від 40 до 60В)	від 2,5 кВт до 5 кВт (іноді до 10 кВт)	є небезпека ураження струмом
Номінал 96В (реально від 80 до 120В)	від 5 кВт і більше	велика небезпека ураження струмом

З таблиці 3 видно, що 24 В є безпечною для інверторів з номінальною потужністю до 3 кВт і 5 кВт, і цієї напруги достатньо майже для всіх споживачів.

### 4.3 Вибір інвертора

При виборі інвертора слід враховувати певні характеристики. Перша - форма генерованого струму. Найпростіші моделі виробляють трикутний або квадратний (меандровий) змінний струм. Однак це "теоретичні" форми струму, які на практиці зазвичай значно погіршуються через великі збурення і спотворення. Добре "їдять" цей струм лише нагрівальні прилади та лампи розжарювання, які не містять електронних модулів. Всі інші електроприлади (електродвигуни, трансформатори, люмінесцентні лампи, енергозберігаючі лампи і т.д.) 16 при такій формі струму можуть створювати перешкоди, не вмикатися або працювати, але дуже погано, навіть якщо тестер чесно показує 220 В. Трапецієподібний струм більш прийнятний. На щастя, інвертори, які виробляють такі змінні струми, зараз рідкість. Більшість сучасних інверторів видають так звану "модифіковану синусоїду", яка є ступінчастим наближенням синусоїди. Таку форму струму успішно "перетравлюють" практично всі сучасні побутові прилади та електроінструменти, але при цьому звук деяких виробів може істотно змінитися і стати голоснішим, а блок живлення може почати помітно "нити". Щоб вирішити цю проблему, можна спробувати використовувати різні фільтри для згладжування аномалій напруги. Синусоїдальні інвертори за формою дуже близькі до ідеальної синусоїди і зазвичай виробляють набагато кращий струм, ніж звичайні форми мережевого живлення. Єдиним недоліком цього класу інверторів є те, що вони трохи більші за розміром і в 1,5-2 рази дорожчі, ніж аналогічні інвертори, що використовують модифіковані синусоїди

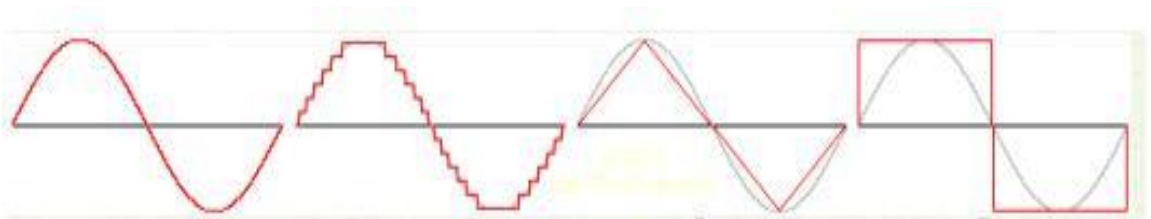


Рисунок 4.2 - Модифікований синусоїда

Модифікована синусоїда, яка є ступінчастою апроксимацією форми синусоїди, дуже добре "перетравлюється" практично всіма сучасними електричними приладами та інструментами. По-друге - це продуктивність інвертора. Чим вищий ККД, тим менші непродуктивні втрати енергії. По-третє, робота інвертора в режимі зарядки. При роботі з вільною енергією цей режим дозволяє заряджати акумулятор від зовнішньої мережі або аварійного генератора, якщо вільної енергії не вистачає, таким чином зменшуючи запас потужності сонячних панелей і знижуючи попит на ємність акумулятора навіть в найнесприятливіших ситуаціях. По-четверте, чим детальніший дисплей, тим краще. Повинна бути можливість контролювати вхідну напругу (батарея) і вихідну напругу (розетка). Інвертор також повинен мати захист від перевантаження і короткого замикання для навантаження. По-п'яте, якщо інвертор може короткочасно перевищувати в 1,5-2 рази номінальне навантаження, то можна використовувати обладнання з потужністю, еквівалентною номінальній потужності інвертора. По-шосте, при споживанні потужності до 10 кВт набагато зручніше використовувати однофазну напругу, ніж трифазну. Можна спростити електропроводку і усунути проблему розподілу фаз між споживачами. Крім того, трифазні перетворювачі складніші і дорожчі, ніж однофазні перетворювачі такої ж потужності.

#### **4.4 Вибір способу з'єднання акумуляторів**

Підключення батареї. Якщо робоча напруга перевищує 12 В, необхідно послідовно з'єднати кілька батарей таким чином, щоб сума їхніх номінальних напруг відповідала номінальній напрузі, необхідній для пристрою. Щоб уникнути проблем, які призводять до швидкого зносу батарей, а також вибухів і пожеж, настійно рекомендується, щоб всі батареї були одного типу і однакової номінальної ємності, а також щоб вони походили з однієї партії. Ця умова є обов'язковою для батарей, з'єднаних послідовно і розміщених в одному блоці. Категорично не рекомендується міняти батареї в різних комплектаціях, навіть після короткого періоду використання. Не замінійте лише одну батарею в комплекті на нову.

Необхідно замінити весь комплект, і новий комплект повинен належати до тієї ж групи.

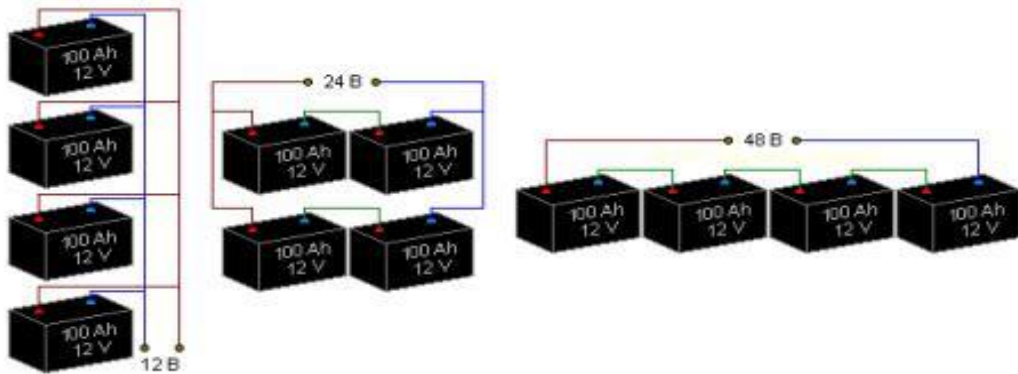


Рисунок 4.3 - Схеми підключення акумуляторних батарей в єдиний модуль.

Через це обмеження, виходить що, чим нижча номінальна напруга акумуляторної батареї, тим простіше її обслуговування: батареї на 12 В дозволяють замінювати або додавати одну батарею за раз, на 24 В - дві батареї за раз, на 48 В - чотири батареї за раз, а на 96 В - лише вісім батарей за раз.

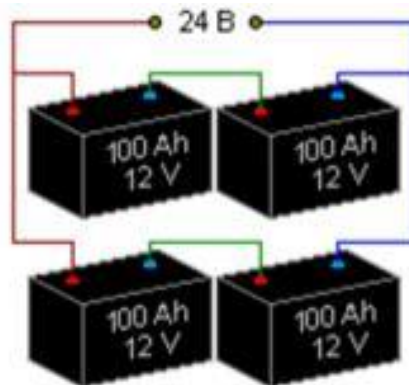


Рисунок 4.4 - Паралельне підключення акумуляторних батарей по парам

Найпоширеніший тип АКБ - 12 В. з них зазвичай збираються акумуляторні батареї на будь-яку напругу, кратні цій величині, у тому числі 24. Батареї з'єднують послідовно так, щоб сума їхніх значень напруги відповідала значенню напруги, необхідному модулю. Всі батареї повинні бути одного типу і ємності і, бажано, з однієї партії. Замість того, щоб замінити лише одну батарею в блоці на

нову, необхідно замінити весь блок; для блоків на 24 В батареї можна замінювати або додавати тільки попарно.

#### **4.5 Вибір типу акумуляторів**

На сьогоднішній день найбільш бажаною батареєю з точки зору ціни, якості та зручності є свинцево-кислотні гелеві батареї, що не потребують обслуговування, з терміном служби 10-12 років, якщо їх залишати в опалювальному приміщенні. Звичайні автомобільні акумулятори також добре працюють. Крім того, навіть у найекономнішому режимі, навіть у найхолодніших умовах, не варто очікувати терміну служби більше 3-5 років, хоча багато з них можуть забезпечувати струм понад 200 протягом декількох секунд без пошкоджень, навіть при ємності 50 А/год!

#### **4.6 Вибір ємності акумуляторів**

По-перше, необхідно визначити загальну енергетичну ємність акумуляторної батареї. У більшості випадків можна сказати, що робочий запас енергії такої установки слід вибирати приблизно рівним розрахованому середньодобовому споживанню в заданому режимі. В аварійному режимі це 2 кВт-год. Для прикладу розрахуємо запас енергії акумуляторної батареї 12 В номінальною ємністю 100 А/год. Виходячи з номінальної ємності,  $12\text{В} \cdot 100\text{А} \cdot 3,600\text{с} = 4,32 \cdot 10^6 \text{Дж}$ , тобто може бути збережено 1,2 кВт-год енергії. Робочу ємність (тобто розрахунок на граничний випадок) акумулятора слід вважати в 2,5 - 3 рази меншою за номінальну (для забезпечення терміну служби акумулятора глибина розряду не повинна перевищувати 20% від номінальної ємності). Таким чином, для забезпечення робочої енергоємності акумуляторної батареї 2 кВт-год слід передбачити 4-6 акумуляторних батарей ємністю 100 А-год кожна, з'єднаних низьковольтною напругою, обраною згідно з наведеним вище рисунком. Сумарна ємність (в ампер-годинах) акумуляторної батареї, що дорівнює ємності всіх працюючих у ній первинних джерел енергії (наприклад, масивів фотоелектричних панелей), що працюють у ній, повинна бути в 5 ... 10 разів більше сумарного максимального струму (в ампер-годинах) всіх первинних джерел енергії (наприклад, масивів



фотоелектричних панелей). .10 разів більше струму батареї потужністю 3,2 кВт [4], що становить 133 А/год. Це означає, що ємність становить 665-1330 А-год і потрібно 6-13 батарей. Для нових акумуляторів ємність і час зберігання зазвичай відповідають заявленим значенням. Однак, якщо батарея використовується протягом тривалого періоду часу, ці показники можуть значно зменшитися від початкових значень. Тому, щоб гарантувати електропостачання на довгі роки, необхідно збільшити ємність акумулятора в 1,5 або навіть 2 рази від розрахункового значення (за умови достатнього зарядного струму). До речі, таке збільшення ємності також робить операцію розряду батареї більш економічною і позитивно впливає на термін служби батареї. Це означає, що рекомендується мати від 12 до 26 акумуляторних батарей.

#### **4.7 Вибір дротів**

Для струмів від десятків до сотень ампер дуже важливими значеннями є падіння напруги і тепловіддача на метр кабелю. Наприклад, 10 метрів мідного кабелю зі струмом 10 А і площею поперечного перерізу 4 мм<sup>2</sup> втрачають 0,44 В і 4,4 Вт потужності. Тому довжину кабелю на низьковольтній ділянці слід мінімізувати, особливо там, де струм "сконцентрований" і найсильніший, тобто між контролером, акумулятором та інвертором. Якщо є кілька основних джерел живлення, рекомендується підключати їх до контролера в конфігурації "зірка" (рис. 4.5). Це не тільки полегшує відключення і підключення джерел живлення по черзі, але і зменшує струм, що протікає через кожен пару кабелів, тим самим зменшуючи втрати.

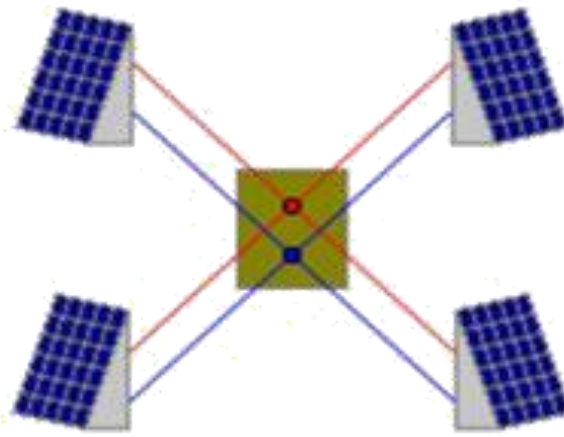


Рисунок 4.5 - Схема підключення сонячних панелей до контролера типу "зірка"

#### 4.8 Типи фотоелементів

Найпоширенішими сонячними елементами, що пропонуються сьогодні, є монокристалічний і полікристалічний кремній. Вихід монокристалічного кремнію зазвичай становить близько 16-18%, тоді як полікристалічний кремній - 12-14%, ще й трохи дешевший. Однак у кінцевій панелі ціна за Вт (тобто конвертація потужності) майже однакова, і монокристалічний кремній може бути вигіднішим. Існує також невелика різниця у швидкості деградації та швидкості між ними. При однаковій ефективності монокристалічний кремній є більш компактним. Крім того, порівняно з полікристалічним кремнієм, монокристалічний кремній може підтримувати свою номінальну напругу протягом більш тривалого періоду часу навіть при слабкому освітленні, тому він може забезпечити певну кількість енергії навіть у похмурі дні або в сутінках. Однак полікристалічний кремній зазвичай має нижчу напругу холостого ходу (робоча напруга холостого ходу, яка може становити майже половину номінального значення для монокристалічних сонячних елементів) і нижчу пікову напругу потужності. Однак це не є проблемою, якщо панель підключена до інвертора або акумулятора через синхронний контролер, а не безпосередньо. Вибір місця проживання та загальної потужності панелі. На перший погляд, здається нерозумним вибирати фотопанелі, сумарна потужність яких перевищує потужність інвертора. Однак перевищення співвідношення на кілька порядків може бути виправданим, якщо є сильне безперервне навантаження і

потужні акумулятори або якщо погода похмура протягом тривалого періоду часу. Якщо сумарна потужність панелей значно перевищує потужність, необхідну для живлення інвертора і заряду акумуляторів, привабливим варіантом є встановлення панелей на протилежній стіні будинку або на досить крутому схилі даху (нахил не менше 45°). При розміщенні панелей на західній і східній стороні потужність кожної сонячної панелі на східній і західній стороні може досягати 80% від загальної необхідної потужності системи, а потужність фотоелектричної панелі, підключеної до одного контролера, може перевищувати майже в 1,5 рази її номінальну потужність! Насправді, прямі сонячні промені не можуть падати одночасно на дві протилежні стіни або два протилежні похилі дахи, зменшуючи заряд батареї в 10 разів за відсутності прямих сонячних променів (цифра 80%, а не 90%, тому що запас подвоюється, щоб уникнути перевантаження контролера). Протягом довгого дня, коли сонце сходить на сході або північному сході і заходить на заході або північному заході, один рівень спліт-системи безперервно освітлюється сонцем і може виробляти достатню потужність. Тільки опівдні, коли сонячні промені проникають через обидва рівні панелей, сонячне випромінювання досягає максимуму і кількість випромінювання, що сприймається обома панелями, є досить значною. З іншого боку, "моноблок", орієнтований на південь, виробляє потужну максимальну потужність опівдні, але вранці і ввечері він виробляє лише розсіяне світло або, в кращому випадку, промені, які ковзають по поверхні, і потужність його незначна. З іншого боку, це ідеальний час, щоб підзарядити свої батареї після ночівлі! У похмуру погоду хмари розсіюють світло, і сонячні панелі в обох полях отримують однакове світло, тому сумарна потужність "спліт-системи" пропорційно перевищує потужність "моноблока" (хоча сама потужність набагато менша і немає ризику перевантаження контролера). Тільки в короткі сонячні зимові дні моноблок, орієнтований на південь, перевершує цю спліт-систему за добовою продуктивністю. Нарешті, сонячні панелі можна орієнтувати за всіма трьома "сонячними" напрямками - схід, південь і захід - але це найкраще враховувати на етапі проектування будинку і його "посадки" в землю. Таким чином, у порівнянні з традиційним розташуванням сонячних панелей, орієнтованих тільки на південь,

запропоноване розташування сонячних панелей в різних напрямках забезпечить більшу і більш рівномірну добову продуктивність, дозволяючи використовувати повну потужність всіх панелей в найбільш енергетично бідні і похмурі дні. У той же час, безпанельне обладнання розраховане на значно меншу пікову потужність, ніж сумарна вихідна потужність сонячних панелей, що робить його дешевшим і компактнішим.

#### **4.9 Вибір сонячних панелей**

Розміри готових панелей зазвичай не дуже великі, не перевищують 1,5-2 квадратних метрів, з максимальною потужністю 200-300 Вт. Загальна потужність фотоелектричної панелі повинна відповідати потужності інвертора. Надмірна потужність може бути виправдана при наявності сильного безперервного навантаження і потужного акумулятора або в разі тривалої хмарності. Панелі заводського виробництва часто мають прямокутну форму зі співвідношенням сторін 1:2 або близьким до нього. Тому, встановлені в ряд, вони можуть бути змонтовані "вертикально" (великими сторонами вгору) або "горизонтально" (великими сторонами вниз). Більшість потужних фотоелектричних панелей, що виробляються сьогодні промисловим способом, розраховані на напругу 12 В або 24 В.

#### **4.10 Контролер заряду**

Пряме підключення від альтернативних джерел енергії без використання контролера заряду дозволяє подавати живлення до фактичного значення граничної напруги, тобто за кілька годин до повного заряду. Це має прямий вплив на термін служби і якість роботи обладнання. Крім того, термін служби обладнання значно скорочується, якщо акумулятор постійно недозаряджається. Сонячні фотоелектричні системи можуть виграти від використання контролерів заряду

аккумуляторів від сонячних панелей. Ці пристрої можуть використовуватися окремо або встановлюватися в інверторах чи джерелах безперебійного живлення. Вони використовуються для регулювання вихідної напруги первинного перетворювача, заряджання аккумулятора і забезпечення навантаження постійним струмом низької напруги.

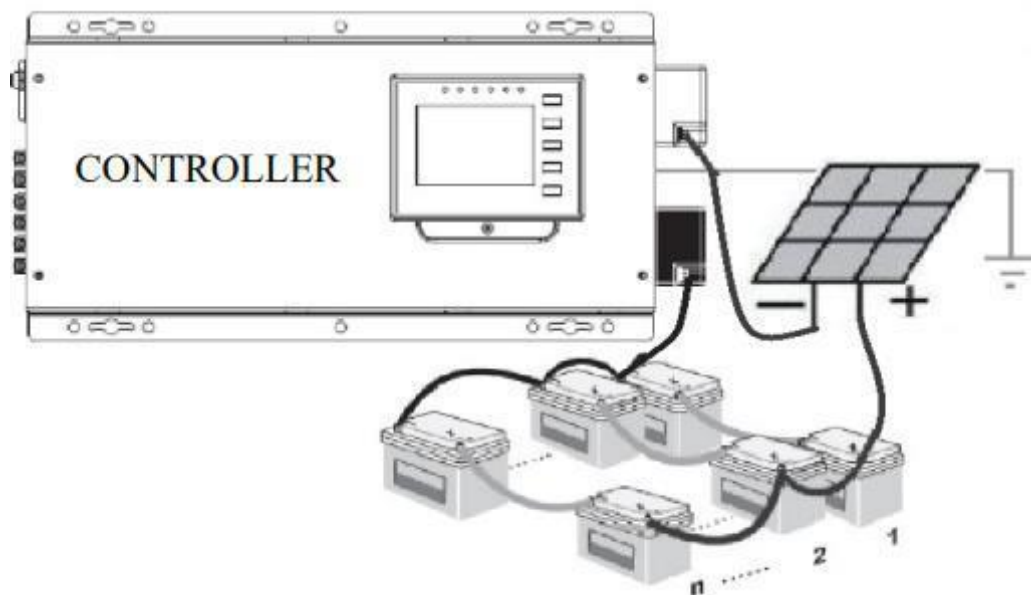


Рисунок 4.6 - Контролер заряду аккумуляторних батарей від сонячних батарей

## ВИСНОВОК

Споживання енергії за історію розвитку людства (у розрахунку на одну людину) зросла більш ніж у 100 разів. Проте, запаси в природі традиційних джерел енергії, таких як вугілля, газ та нафта, обмежені. З відомих альтернативних видів енергії особливий інтерес викликає енергія Сонця.

Проведене в дипломній роботі дослідження показало, що географічні умови розташування України, дозволяють отримувати потрібну кількість такого альтернативного виду енергії, як сонячна протягом всього року.

При проектуванні систем автономного електроживлення об'єкту на основі використання сонячної енергії треба враховувати характер функціонування об'єкта, що буде забезпечуватись енергопостачанням таким видом енергії. Це дозволить побудувати енергоефективну та фінансово економічну систему.

Незважаючи на первісну вартість таких систем автономного електроживлення, їх подальша експлуатація дозволить економити велику кількість як традиційних джерел енергії, так й фінансових коштів.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-28:2018 .Природне і штучне освітлення. Технічні норми. – Чинні з 28.02.2019. – К.: 2018.
2. Безпека праці та промислова санітарія. Навчальний посібник до курсу «Охорони праці»: [К.Н. Ткачук та ін.] – Тернопіль.: 2018. – 213с.
3. Освітлення виробничих приміщень — види промислових світильників [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://stolb.com.ua/osvitlennya-virobnichikhprimishchen-vidi-promislovikh-svitilnikiv/>
4. Бабко А.Н., Инютин С.П. Электрическое освещение и энергоэффективность. Учебное пособие. – Астана.: 2015 – 376 С.
5. Точка доступу: <http://khd2.narod.ru/gratis/insolate.htm>.
6. Точка доступу: <http://greenlogic.com.ua/baza/solnechnaya-insolyatsiaua.html>
7. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии: учебн. пособ. для ВУЗов / А. Бурмистров, Г. Дерюгина, В. Кузнецова, Д. Кунакин, Н. Малинин, Р. Пугачев. – М.: МЭИ, 2009. – 144 с.
8. О. Щербина. Енергія для всіх: технічний довідник з енергоощадності та відновних джерел енергії. – Ужгород: Вид. В. Падяка, 2007. – 340 с.
9. О.О. Казіміров, К.В. Власов, А.І. Куртов, А.І. Потіхенський. Дослідження можливостей використання сонячної енергії для автономного живлення об'єкту. Зб. наук. пр. ХНУПС, № 1(147). – Х.: ХНУПС, 2017. - С. 58– 61.
10. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии: учебн. пособ. для ВУЗов / А. Бурмистров, Г. Дерюгина, В. Кузнецова, Д. Кунакин, Н. Малинин, Р. Пугачев. – М.: МЭИ, 2009. – 144 с

## ДОДАТОК А

### СЕРЕДНЬОМІСЯЧНА ПОВНА ІНСОЛЯЦІЯ ДЛЯ ДЕЯКИХ МІСТ УКРАЇНИ

Місто	Середньомісячна повна інсоляція по місяцям, Дж/м <sup>2</sup>											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Київ	96·10 <sup>6</sup>	141·10 <sup>6</sup>	266·10 <sup>6</sup>	417·10 <sup>6</sup>	591·10 <sup>6</sup>	626·10 <sup>6</sup>	611·10 <sup>6</sup>	511·10 <sup>6</sup>	362·10 <sup>6</sup>	210·10 <sup>6</sup>	82·10 <sup>6</sup>	55·10 <sup>6</sup>
Харків	15·10 <sup>6</sup>	176·10 <sup>6</sup>	326·10 <sup>6</sup>	440·10 <sup>6</sup>	628·10 <sup>6</sup>	658·10 <sup>6</sup>	654·10 <sup>6</sup>	582·10 <sup>6</sup>	419·10 <sup>6</sup>	230·10 <sup>6</sup>	105·10 <sup>6</sup>	71·10 <sup>6</sup>
Одеса	17·10 <sup>6</sup>	159·10 <sup>6</sup>	310·10 <sup>6</sup>	480·10 <sup>6</sup>	647·10 <sup>6</sup>	699·10 <sup>6</sup>	718·10 <sup>6</sup>	616·10 <sup>6</sup>	446·10 <sup>6</sup>	270·10 <sup>6</sup>	113·10 <sup>6</sup>	84·10 <sup>6</sup>
Дніпро	19·10 <sup>6</sup>	176·10 <sup>6</sup>	327·10 <sup>6</sup>	461·10 <sup>6</sup>	637·10 <sup>6</sup>	675·10 <sup>6</sup>	691·10 <sup>6</sup>	608·10 <sup>6</sup>	448·10 <sup>6</sup>	251·10 <sup>6</sup>	117·10 <sup>6</sup>	75·10 <sup>6</sup>
Полтава	94·10 <sup>6</sup>	157·10 <sup>6</sup>	274·10 <sup>6</sup>	402·10 <sup>6</sup>	576·10 <sup>6</sup>	628·10 <sup>6</sup>	622·10 <sup>6</sup>	522·10 <sup>6</sup>	374·10 <sup>6</sup>	210·10 <sup>6</sup>	86·10 <sup>6</sup>	63·10 <sup>6</sup>
Ковель	82·10 <sup>6</sup>	141·10 <sup>6</sup>	287·10 <sup>6</sup>	358·10 <sup>6</sup>	513·10 <sup>6</sup>	576·10 <sup>6</sup>	541·10 <sup>6</sup>	463·10 <sup>6</sup>	316·10 <sup>6</sup>	182·10 <sup>6</sup>	72·10 <sup>6</sup>	53·10 <sup>6</sup>



## ДОДАТОК Б

КІЛЬКІСТЬ ЕНЕРГІЇ, ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ СОНЯЧНОЮ БАТАРЕЄЮ З ВРАХУВАННЯМ ІЇ  
НОМІНАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА СУМАРНОЇ ІНСТАЛЯЦІЇ ЗА МІСЯЦЯМИ РОКУ

Номинальная мощность сон ячной батареи, Вт	Кількість енергії, що виробляється сонячною батареєю, кВт/год											
	січень	лютий	березень	квітень	травень	червен ь	липень	серпень	вересень	жовтен ь	листопад	груден ь
	21	55,5	106,7	110,6	137,3	131,9	138,3	124,3	95,6	59,4	36,8	23,9
400	7	20	38	40	49	48	50	45	34	21	13	8
500	9	25	48	50	62	60	62	56	43	27	16	10
600	11	30	58	60	74	72	75	67	52	32	20	13
800	15	40	77	80	99	96	100	90	69	43	26	17
1000	19	50	97	100	124	120	125	113	86	54	33	21
1200	22	60	116	120	149	144	151	135	104	64	40	26
1400	26	70	135	140	174	168	176	158	121	75	46	30
1600	30	80	155	161	199	192	201	180	139	86	53	34
1800	34	90	174	181	224	216	226	203	156	97	60	39
2000	38	101	194	201	249	240	251	226	173	108	66	43
2500	47	126	242	251	312	300	314	282	217	135	107	54
3200	61	161	310	322	399	384	402	361	278	172	107	69
5300	101	267	514	533	662	636	667	599	461	286	177	115
8000	152	404	776	805	999	960	1006	904	595	432	267	173
13500	257	681	1310	1358	1686	1620	1699	1527	1174	729	452	293
31500	601	1590	3058	3170	3935	3780	3964	3583	2740	1702	1054	685