

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра електрифікації, автоматизації  
та інженерної екології

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

Осіпов Ростислав Андрійович

УДК629.113:621

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Обґрунтування доцільності застосування СЕС в умовах

Житомирського військового шпиталю

(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня *магістр*

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Осіпов Р.А.  
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи  
Войцицький Анатолій Павлович  
доцент кафедри електрифікації,  
автоматизації виробництва та інженерної екології

Житомир – 2020

## АНОТАЦІЯ

Осіпов Р.А. «ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СЕС В УМОВАХ ЖИТОМИРСЬКОГО ВІЙСЬКОВОГО ШПИТАЛЮ».

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Житомирський національний агроекологічний університет, Житомир, 2020.

Фонд «Здоров'я для всіх» п'ять років поспіль реалізує проект «Сонячні лікарні». Близько 30 лікарень в Україні вже зробили «сонячними». Встає питання чому б це не реалізувати цю течєю в умовах військового медичного закладу міста Житомир.

**Ключові слова:** альтернативні джерела енергії, сонячна електро-станція, фотоелектричний перетворювач, електроживлення, акумулятор.

## ANOTATION

Osipov R.A. "RUNNING DOCITY STAYED SES IN UMOV ZHYTOMIRSKY VISKOVOGO SHPITALYU"

Qualification of the robot for the purpose of the lighting step Master for specialty 141 "Electroenergetics, electrical engineering and electrical engineering". Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr, 2020.

The "Health for All" Foundation five years ago implemented the "Sleepy Likarni" project. Nearly 30 lykaren in Ukraine were already filled with sleepyheads. The rise of food is not realizing the flow in the minds of the medical mortgage of the city of Zhytomyr.

**Key words:** alternative dzherela energy, sonyachna power station, photoelectric conversion, power supply, battery.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ З ТЕМИ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ	7
1.1. Проект «сонячні батареї» та його наслідки	7
1.2. Об'єкт дослідження	9
РОЗДІЛ 2. ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЬОВОЇ ФУНКЦІЇ ПРОБЛЕМИ	11
2.1. Обґрунтування теми дослідження	11
2.2. Загальні вимоги проектування сонячної електростанції, об'єднаної з промисловою електромережею	11
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖЕВОЇ СЕС ДЛЯ ЖВШ	14
3.1. Проектування мережевої СЕС для дахів будівель. Загальні вимоги	14
3.2. Проектування мережевої СЕС для Житомирського військового шпиталю	15
3.2.1. Головні вимоги проектування	16
3.2.2. Вибір та обґрунтування об'єкта для розміщення СЕС	16
3.3. Визначення допустимої потужності СЕС на дахах приміщень об'єкта господарювання	17
3.3.1. Визначення допустимої потужності СЕС на даху головного корпусу	17
3.3.2. Визначення допустимої потужності СЕС на даху поліклініки	17
3.4. Процеси проектування СЕС для потреб ЖВШ	18
3.4.1. Вибір та обґрунтування типу сонячної фотопанелі	18
3.4.2. Вибір та обґрунтування сонячного мережевого інвертора	20
3.4.3. Узгодження інвертора Huawei Sun 2000 - 33KTL-A з сонячними панелями	23
3.5. Розробка схеми функціональної СЕС на території ЖВШ	24
3.6. Загальна продуктивність СЕС	25
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК	28
ВИКОРИСТАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА	29

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Фонд «Здоров'я для всіх» п'ять років поспіль реалізує проект «Сонячні лікарні». Близько 30 лікарень в Україні вже зробили «сонячними». Встає питання чому б це не реалізувати цю течєю в умовах військового медичного закладу міста Житомир.

**Мета і завдання роботи.** Метою даної кваліфікаційної роботи є пошук інформації шляхів реалізації світового досвіду з використання альтернативних джерел енергії на основі фотоелектричних перетворювачів у військових медичних закладах.

**Об'єкт та предмет дослідження.** Предмет та об'єкт дослідження – поєднують в собі використання альтернативних джерел енергії у медичних закладах та яка користь від цього.

**Методи дослідження.** Методи дослідження носять теоретичний характер з використанням вимог до запропонованих у відповідних інформаційних джерелах.

**Практична цінність.** Дане рішення застосування розробленої мобільної сонячної електростанції в польових умовах може бути корисний при створенні автономного військового розташування на віддалених та пересувних військових об'єктах.

## ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ АВТОРА ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Войцицький А. П., Осипов Р.А. Монографічний аналіз використання сонячної енергетики для війських потреб. Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. С. 170-175. «Наукові читання – 2020». 5-6 березня 2020 року м. Житомир.

2. Войцицький А. П., Осипов Р.А. Доцільність використання сонячної енергетики для військового медичного закладу м. Житомира. ІV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МАТЕРІАЛИ. ЧАСТИНА 2. С. 70-74. «Біоенергетичні системи». 29 травня 2020 Житомир, Україна.

3. Осипов Р.А. Альтернативні пропозиції проектування мережевої СЕС на території військового шпиталю м. Житомира. Студентське читання – 2020: матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики С. 199-202. «Студентське читання – 2020», 26 жовтня 2020р. Житомир: ПНУ, 2020. – 400с.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ З ТЕМИ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ

#### 1.1. Проект «сонячні батареї» та його наслідки

Аналізуючи розвиток різних напрямів альтернативної енергетики у цілому і сонячної енергетики, зокрема, переважна більшість міжнародних організацій, що досліджують ці питання (Міжнародне агентство з відновлюваної енергії (International Renewable Energy Agency (IRENA)), Мережа по відновлювальним джерелам енергії у XXI ст., Європейська асоціація фотоелектричної промисловості (European Photovoltaic Industry Association (EPIA)) основну увагу зосереджують на таких показниках, як обсяги введених потужностей за рік та загальна встановлена потужність на кінець відповідного періоду року [22].

Фонд «Здоров'я для всіх» п'ять років поспіль реалізує проект «Сонячні лікарні». Близько 30 лікарень в Україні вже зробили «сонячними».

Проект «Сонячні лікарні» функціонує вже п'ятий рік. За цей проміжок часу, більш як на 30 медико-соціальних об'єктах у дев'яти регіонах України у вигляді благодійної допомоги було встановлено системи сонячних колекторів для нагріву води, фотопанелі для вироблення електроенергії або теплові насоси для обігріву приміщень. Серед об'єктів – заклади МОЗ, Міноборони, Академії медичних наук, Мінсоцполітики.

Проект має гуманітарний характер, оскільки він направлений на збільшення коштів для потреб пацієнтів, і друге – екологічний аспект... Підраховано, що середній заклад витрачає на комунальні послуги у 6-7 разів більше, ніж на медичні технології та ліки [32].

Харківщина стала піонером за кількістю СЕС на об'єктах господарювання та соціальної сфери України. Такі дані повідомили «СК» в Харківському енергетичному кластері.

Об'єкт сонячної енергетики побудували в селищі Велика Рогань Харківського району. Біля місцевої амбулаторії установили перший в області сонячний трекер.

Таким чином, з використанням трекера енергія збільшується на 25-45 % порівняно зі звичайними панелями, тож прогноз генерації складає 10 тисяч кВт у рік, проти 7000 кВт при наземному розміщенні.

З'явилася економія, а споживання електроенергії зменшилося в місяць з 400 кВт до 100 кВт [33].



Рис. 1.1. Трекерна СЕС в селищі Велика Рогань

Встає питання чому б це не реалізувати цю течєю в умовах військового медичного закладу міста Житомир.

Ківерцівського територіального медичного об'єднання придбав сонячні панелі. Мережева СЕС у сонячний день повністю забезпечує лікарню електроенергією. СЕС забезпечує електроенергією усі приміщення районного територіального медоб'єднання у Ківерцях. 32 панелі встановили на даху одного з корпусів лікарні.

У сонячний день потужність батарей на добу – 10 кВт, а похмуру погоду 2-3 кВт енергії. [34].



У білоцерківської міської лікарні №1 встановили сонячні панелі. СЕС обійшлася місту майже один мільйон грн. Лікарня споживає щомісяця електрики на 45-70 тис. грн, а СЕС допоможе заощадити майже 15 тис. грн.

За прогнозами, СЕС окупиться за п'ять років [17].

Інститут кардіології ім. академіка М.Д. Стражеска НАМН України» придбав та змонтував СЕС, що дозволить заощаджувати на електроенергії [26].

Цей приклад перейняв Національний інститут серцево-судинної хірургії ім. М.М. Амосова НАМН України [26].

Наприклад, частка витрат на енергію в загальних витратах лікарні становить до дев'яти відсотків. Річна потреба в енергії становить до 8000 кВт / год електроенергії та 29 000 кВт /год тепла на одне ліжко. Це відповідає середньорічній вартості енергії в 4600 євро на ліжко і прирівнюється до потреб в енергії [26].

## 1.2. Об'єкт дослідження

Військо-медичний шпиталь в Житомирі було відкрито в лютому 1813-го року. Але офіційна дата його заснування, у 1761 рік [15].

Житомирські військові медики лікували і в мирний час, і під час Кримської, Першої світової, громадянської, а також в час ВВВ.

Після Перемоги госпіталь продовжив існувати як базовий у складі військ Прикарпатського військового округу[15].

Військові медики лікували хворих та поранених як у стаціонарних умовах так і виїжджаючи безпосередньо до військових частин.

Особливо – під час масштабних навчань військ, у яких житомирські медики постійно брали участь.

Медичні будівлі, у яких функціонують відділення й інші допоміжні приміщення шпиталю, зведені сто і більше років тому декілька з них потребують капітальний ремонт.

Нині у госпіталі застосовуються сучасні методи лікування та операційних втручань[15].



Рис 1.1. Головний лікувальний корпус ЖВШ

### **Висновки до першого розділу**

Одним із способів збільшити питому вагу медичних технологій є запровадження альтернативних джерел енергії, в першу чергу – використання сонячної енергії. Запровадження джерел «чистої енергії» не лише заощаджує кошти на лікування хворих в медичних установах, але й стає прикладом для наслідування для інших господарюючих суб'єктів.

## РОЗДІЛ 2

### ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЬОВОЇ ФУНКЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ СЕС У ЖВШ

#### 2.1. Обґрунтування теми дослідження

Виникає питання чому саме тема магістерської роботи пов'язана з використанням сонячної енергії для медичних цілей.

*По перше* – сонячне випромінювання являє собою чисту альтернативу енергію, яка здатна перетворитися в електричну без негативних наслідків, які відображаються у глобальному потеплінні.

*По друге* – сонячна енергія, за допомогою СЕС, може значно зменшити рахунки за електрику.

*Третє* – заощадила кошти та пустила їх на потреби медицини.

До головних переваг використання СЕС відносять:

- чистоту, яка – важливий фактор для медичних закладів;
- надійність та можливість довготривалої експлуатації;
- стійкість до впливу природних факторів тощо.

#### 2.2. Загальні вимоги проектування сонячної електростанції, об'єднаної з промисловою електромережею

У випадку проектування сонячної електростанції, об'єднаної з промисловою електромережею необхідно звернути увагу на кількість послідовних днів «без сонця» у і врахувати це при розрахунку потужності СЕС.

Розглянемо основні технічні особливості використання найважливіших елементів мережевої сонячної електростанції:

- вибір величини номінальної напруги;

- енергетичної спроможності;
- умов роботи складових інвертора, а в особливості транзисторних ключем вихідного каскаду;
- не значних втрат на монтажних проводах.

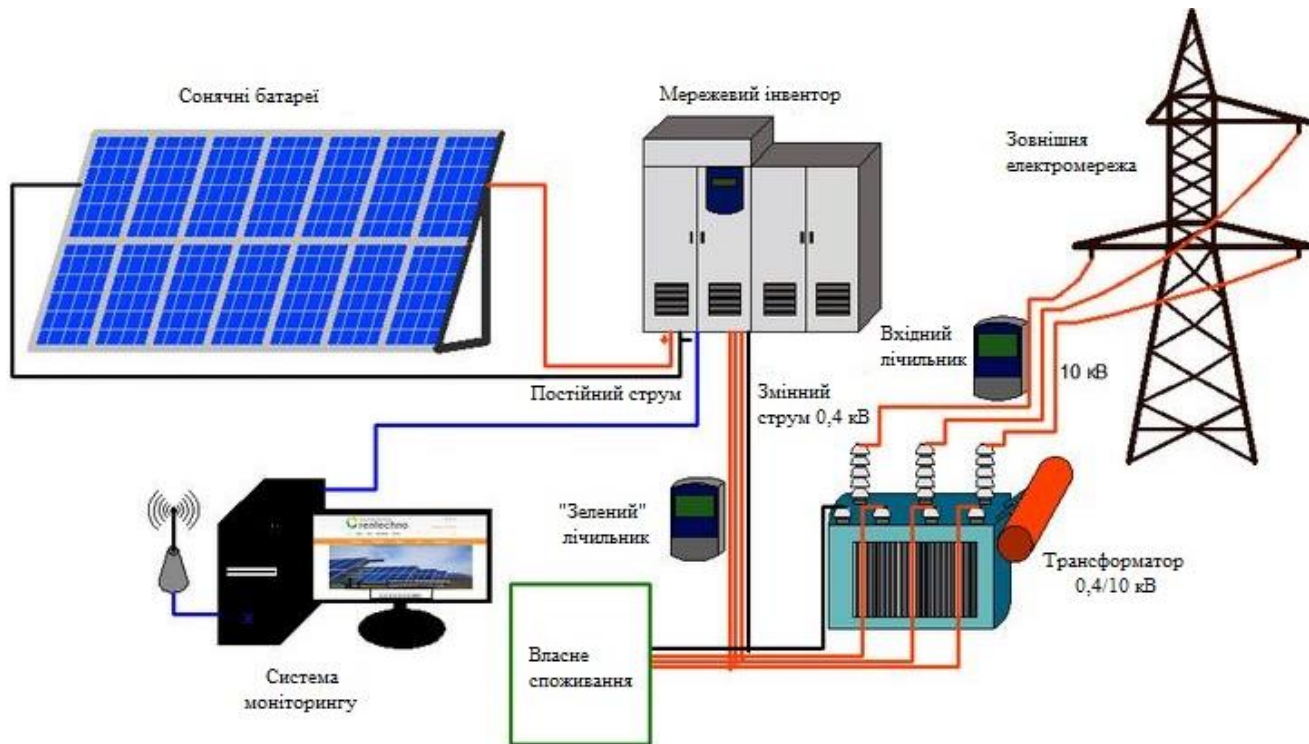


Рис. 2.1. Схема мережевої СЕС з резервом від промислової електромережі

До складу мережевої сонячної електростанції повинні входити наступні складові:

- сонячні фотопанелі для генерації постійного;
- мережеві інвертори для перетворюють постійний струм (DC), в змінний струм (AC);
- система моніторингу для відстежування параметрів роботи СЕС;
- лічильники для моніторингу продуктивності системи і продажу електроенергії за “зеленим” тарифом;

Сонячні фото панелі можуть генерувати тільки постійний струм.

Для живлення медичного обладнання потрібен змінний синусоїдний струм, а для його перетворення потрібний інвертор.

У функції якого входять перетворення постійного струму в змінний синусоїдальної форми 220В/50 Гц.

А взагалі *інвертор* – прилад для перетворення постійного струму на вході у змінний струм на виході (220В). При цьому на виході можна отримати практично будь-який струм з необхідними параметрами [12,16].

Вихідна напруга автономних інверторів, як правило, становить 220 В (50/60 Гц), а в потужних інверторах від 10-100 кВт – трифазна напруга 380В. Вхідна напруга вибирається в межах 12-120В. Чим вищий вхідний потенціал – тим вище ККД інвертора [16].

Для автономного інвертора ставляться наступні вимоги:

- здатність переносити без наслідків перевантаження (як короткочасні, так і тривалі);
- незначні втрати при навантаженнях;
- стабілізація вихідної синусоїдної напруги;
- низький коефіцієнт спотворен за частотним показником;
- значний ККД (до 90%);
- позитивна електромагнітна сумісність.

### **Висновки до другого розділу**

Сумарний річний потенціал сонячної енергії на теренах Житомирської області дозволяє побудова системи електропостачання від сонячної електростанції [12,25]. Це доцільно зробити у Житомирському військовому шпиталі.

## РОЗДІЛ 3

### ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖЕВОЇ СЕС ДЛЯ ОБ'ЄКТА ГОСПОДАРЮВАННЯ

Техніко-економічне обґрунтування і розрахунок сонячної електростанції – це сукупність отриманих даних, що в загальному передають суть капітальних витрат на будівництво.

Найбільш затребуваними виявляються техніко-економічні розрахунки, які включають в себе:

- обґрунтування запланованої потужності мережевої сонячної електростанції;
- огляд та аналіз характеристик обладнання, що буде використовуватися в проекті.

Це цілком зрозумілі процедури, без яких неможливо реалізувати проекти електростанцій на альтернативних джерелах енергії, зокрема сонячних електростанцій [35].

#### **3.1. Проектування мережевої СЕС для дахів будівель. Загальні ВИМОГИ**

Проектування СЕС передбачає наявність:

- сонячних панелей (генератора постійної напруги
- мережевого інвертора;
- лічильників, для контролю продуктивності СЕС;
- засоби кріплення сонячних панелей на, даху будівлі тощо;
- централізована силова мережа мережа (ЛЕП), до якої приєднана СЕС;
- споживачі електроенергії.

Така схема виробництва електроенергії працює у провідних країнах світу (Японії, Америці і Європі) Її мета – забезпечувати електроенергією житлові будинки, школи, підприємства, аеропорти, медичні заклади тощо. тощо.

Існує дві основні схеми підключення СЕС:

1. Автономна сонячна електростанція (з використанням АКБ);
2. Сонячної електростанції, об'єднаної з промисловою електромережею (без АКБ, з резервуванням від промислової мережі). У нашому випадку більш доцільно використати другий варіант [12].

### **3.2. Проектування мережевої СЕС для Житомирського військового шпиталю**

Для даного об'єкту господарювання (ЖВШ ) доцільно проектувати мережеву СЕС для компенсації витрат на електроспоживання. Щоб розробити проект такої електростанції, необхідно виконати ряд розрахунків.

Для зручності подання весь процес проектування поділяється на декілька основних етапів, а саме:

- Вибір типу та марки сонячних модулів.
- Визначення максимальної кількості сонячних панелей, що можливо розмістити на даху службових приміщень.
- Вибір інвертора для СЕС.

Найбільш затребуваними виявляються техніко-економічні розрахунки, які включають в себе:

- обґрунтування запланованої потужності мережевої сонячної електростанції;
- огляд та аналіз характеристик обладнання, що буде використовуватися в проекті.

Це цілком зрозумілі процедури, без яких неможливо реалізувати проекти електростанцій на альтернативних джерелах енергії, зокрема сонячних електростанцій, які будуть змонтовані на дахах будівель ЖВШ.

### **3.2.1. Головні вимоги проектування СЕС**

Головне правило для монтажу СЕС на дахах будівель – покрівля даху повинна бути досить міцна, щоб витримати вагу СЕС.

Максимальна спроможність СЕС можлива при відсутності об'єктів затінення її сонячних панелей – тому дахи будівель є оптимальним місцем для їх розміщення. Продуктивність сонячних панелей та самої СЕС – тим більшу площу вона займає.

Головні аспекти сумарної потужності сонячних панелей:

- потрібно встановити панелі з певним запасом;
- уникати можливості перегріву;
- правильно вибрати кут нахилу та панораму обзору;
- вибрати достатньо ефективний інвертор.

У випадку проєктованої СЕС для одного з інверторів (з номінальною потужністю 30 кВт доцільно приєднати панелі загальною потужністю на 8-18% більше. Більшість сучасних інверторів здатні витримати такий поріг перевантаження.

### **3.2.2. Вибір та обґрунтування об'єкта для розміщення СЕС**

Виходячи з схеми закріплених територій за підрозділами, лікувально-діагностичними відділеннями Житомирського військового шпиталю – доцільно зосередити увагу на двох об'єктах на дахах яких можна встановити сонячні панелі. Це лікувальний корпус з приймальним відділенням (головний корпус рис.1) та поліклініка. Дахи цих корпусів розташовані таким чином, що будуть більш знаходитися під дією сонячного опромінення [15].

Доцільно розглянути ще декілька пропозицій – це дахи лікувальних корпусів: хірургічного, клубу та ЛОР рік їх будівництва 1900...1917.



Наприклад лікувальний корпус ФТВ має добрі показники, але рік його забудови 1850 рік – та дахи цих корпусів мають меншу спроможність до орієнтації сонячного сканування. Тоді першу чергу буде цікавити перша будівля. Площа активної частини даху становить  $332\text{м}^2$ .

На 2021 рік заплановано капітальний ремонт даху головного лікувального корпусу. Це буде сприяти для можливості встановити сонячні панелі. Безпосередньо встановити панелі на землі немає можливості, за відсутністю зайвої площини [15].

Установка сонячних панелей на дах об'єкту господарювання дозволяє отримувати додатковий дохід з вільної площі даху.

### **3.3. Визначення допустимої потужності СЕС на дахах приміщень об'єкта господарювання**

#### **3.3.1. Визначення допустимої потужності СЕС на даху головного корпусу**

На даху головного корпусу, с активною площиною  $322\text{ м}^2$ , можна розмістити СЕС потужністю, яка повинна задовольняти вимогам –  $30\text{кВт} / 200\text{ м}^2$ . В цьому разі дозволена потужність ( $P_{\text{доз.}}$ ) СЕС буде становити:

$$P_{\text{доз.}} = 322/200 \cdot 30 = 48 \text{ кВт.}$$

Це дозволить встановити СЕС потужністю –  $50\text{ кВт}$ , але краще  $60\text{кВт}$ .

#### **3.3.2. Визначення допустимої потужності СЕС на даху поліклініки**

Активна площа орендованої сторони до Сонця становить  $360\text{м}^2$ .

В цьому разі дозволена потужність ( $P_{\text{доз.}}$ ) СЕС буде становити –  $54\text{ кВт}$ .

Це також дозволить встановити СЕС потужністю –  $60\text{ кВт}$ .

### 3.4. Процеси проектування СЕС для потреб ЖВШ

До складу типових дахових СЕС повинні входити:

- сонячні модулі;
- інверторний пристрій ;
- пристрої захисту DC/AC.
- монтажний комплект;
- електромонтажна продукція та допоміжні матеріали.

Кожен, хто прийняв рішення встановлювати сонячні батареї, повинен зважено підійти до цього процесу, ретельно прорахувавши всі нюанси. Не варто економити на комплектуючих. Адже чим більше потужність станції і менше особисте споживання, тим швидше окупиться вся система. На весь період експлуатації вона передбачає тільки мінімальне технічне обслуговування, без додаткових матеріальних витрат.

#### 3.4.1. Вибір та обґрунтування типу сонячної панелі

Знаючи на яку потужність спроможні розглянуті будівлі то в цьому разі є можливість запропонувати встановлення на активних площах дахів по дві СЕС потужністю 30 кВт, це буде трохи дорожче чим одну на 60 кВт, але з другої точки зору значно повисить надійність.

Значний інтерес для географічної локації із невисоким рівнем інсоляції, таких як Житомирська область, представляють модулі DАH Solar HСM78X9-450 Вт, які підходять для дахових СЕС, оскільки дозволяють максимально ефективно використати кожен метр корисної площі.

Конструктивно сонячна панель вмонтована в рамі виконаної із анодованого алюмінію, що забезпечує міцність та високу стійкість до корозії [28].

#### **Характеристики:**

Потужність – 445 Вт.

Допуск потужності –0/+5 Вт.

Тип –mono.

Максимальна напруга – 45,8В.

Максимальний струм – 9,72 А

Струм короткого замикання – 10,29 А

Ефективність модуля – 20,45 %

Максимальна системна напруга – 1000 В / 1500 В DC.

Максимальний струм запобіжника – 20А.

Габарит – ДхШхВ2172х1002х40 mm.

Вага – 24,8 кг.

Допустиме навантаження – 5400 па.

Гарантії на брак – 12 років.

Гарантія лінійної потужності – 82,5% (25 років).

Ціна (в реальному часі) – 3800грн.

На рис. 3.1. зображений загальний вигляд сонячної панелі DAH Solar HCM78X9-450 Вт.

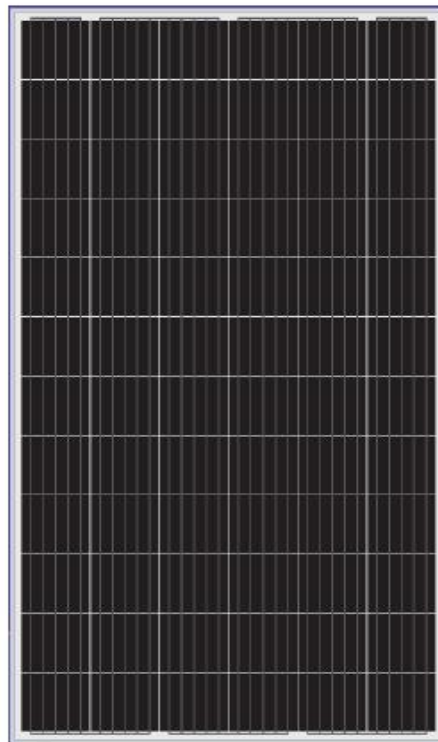


Рис. 3.1. Загальний вигляд сонячної панелі  
DAH Solar HCM78X9-450 Вт

Вибравши сонячну панель DAN Solar HCM78X9-445 Вт можна визначити скільки потрібно їх для забезпечення продуктивної потужності 30 кВт:

$$N_{\text{мод}} = 30/0,45 = 67 \text{ шт.}$$

Тепер можна визначити умовну площу, яку вони будуть займати:

$$S_{\text{д}} = a \cdot b \cdot N_{\text{мод}} = 2,172 \cdot 1,002 \cdot 67 = 145,8 \text{ м}^2.$$

Таким чином дійсно площа дахів може дозволити розмістити по два комплекти модулів, тобто 134 шт.

Сонячну панель слід розміщати на південній стороні під кутом 30-43 градусів у весняно-літній період та 50-80 градусів в осінньо-зимовий період.

Дахи обраних об'єктів практично мають нахил на південь.

Є доцільним встановити 140 модулів, це дозволить зробити дві поправки на втрату потужності:

*перша* – на розбіжність в повній орієнтації на південній стороні;

*друга* – відсутність можливості у варіації кута нахилу у залежності від часу року.

### **3.4.2. Вибір та обґрунтування сонячного мережевого інвертора**

Після ретельного пошуку вибір пав на мережевий інвертор Huawei Sun 2000 - 33KTL-A (рис. 3.1). Інвертор розроблений для генерації енергії в мережу живлення від сонячних батарей [27].

Передбачено захист від високої напруги зі сторін АС і DC другого (II) класу, струмовий захист – електронного типу, без запобіжників, із контролем струму витоку. Дуже широкий діапазон напруги від сонячних батарей – від 300 до 950 В, який дозволяє приєднувати до 8-ми ланцюжків сонячних модулів. Зручний до налаштування, можна міняти робочі параметри навіть через смартфон, поключившись через блютуз або ЮСБ з'єднувальний провід [27].

#### **Технічні характеристики:**

- Виробник - Huawei;
- Модель - Sun 2000 - 33KTL-A;
- Номінальна вихідна потужність змінного струму ( генерація в мережу) - 30 кВт;
- Максимальна вхідна потужність постійного струму ( потужність підключених сонячних батарей ) – 46 кВт;
- Максимальна вхідна напруга DC сонячних батарей - 1100 В;
- Діапазон напруги MPPT - 480-800 В;
- Максимальний вхідний струм від сонячних батарей (по входах) 23 А;
- Номінальна вхідна напруга - 620 В;
- Число незалежних MPPT входів - 4 шт.
- Номінальне вихідна напруга змінного струму - 400 В;
- Вихідна частота змінного струму - 50 Гц;
- Максимальний вихідний струм - 48 А;
- Кількість фаз - 3 шт;
- Максимальний ККД - 98,6%;
- Розміри (Ш x В x г) - 950 x 770 x 270 мм;
- Вага - 62 кг;
- Діапазон робочих температур -  $-25^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$ ;
- Гарантія від виробника - 5 років ( можливо продовжити на 10 / 15 / 20 / 25 років, за додаткову оплату ).





Рис 3.3. Зображено встановленні інвертори Huawei Sun 2000 - 33KTL-A відкритого неба.

### **3.4.3. Шляхи узгодження інвертора Huawei Sun 2000 - 33KTL-A з сонячними панелями**

Відповідно до технічних характеристик фотомодуля та сонячного мережевого інвертора потрібно здійснити їх узгодження.

Фотомодулі потрібно з'єднувати послідовно, тоді сумарна напруга на виході фотомодулів в кількості 70 шт. (для забезпечення потужності 30 кВт буде становити:

Для номінальної вихідної напруги 24 В – буде становити:

$$U_{\text{вих. ном.}} = 24 \cdot 70 = 1680 \text{ В.}$$

Для максимальної вихідної напруги 45,8 В – буде становити:

$$U_{\text{вих. маб.}} = 45,8 \cdot 70 = 3206 \text{ В.}$$

Ці данні свідчать проте, що потрібно формувати з 70 фотомодулів сонячні батареї (N} у кількості:

$$N = U_{\text{вих. ма.}} / U_{\text{вх. мак}} = 3206 / 800 = 4 \text{ шт.}$$

Це повністю задовольняє роботу інвертора, якій і має незалежних 4 входи МРРТ.

При ефективній роботі СЕС, тобто з бистрою окупністю, можна нарощувати її сумарну потужність.

У планах на майбутнє, тобто з будівництвом нового лікувального корпусу, з'явиться можливість закласти елементи встановлення сонячних модулів, тим самим внести лепту в зниження витрат на використану електроенергію.

Ці заходи передбачені на 2021 рік.

### **3.5. Розробка схеми структурної СЕС на території ЖВШ**

Для монтажу фотомодулів сонячної електростанції на дахах головного корпусу та поліклініки ЖВШ, на першому етапі потрібно розробити загальну схему функціональну електричну СЕС ЖВШ. Для цього потрібно вибрати та обґрунтувати складові СЕС, але це було зроблено.

На рис 3.2. Зображено загальну схему функціональну електричну СЕС ЖВШ.



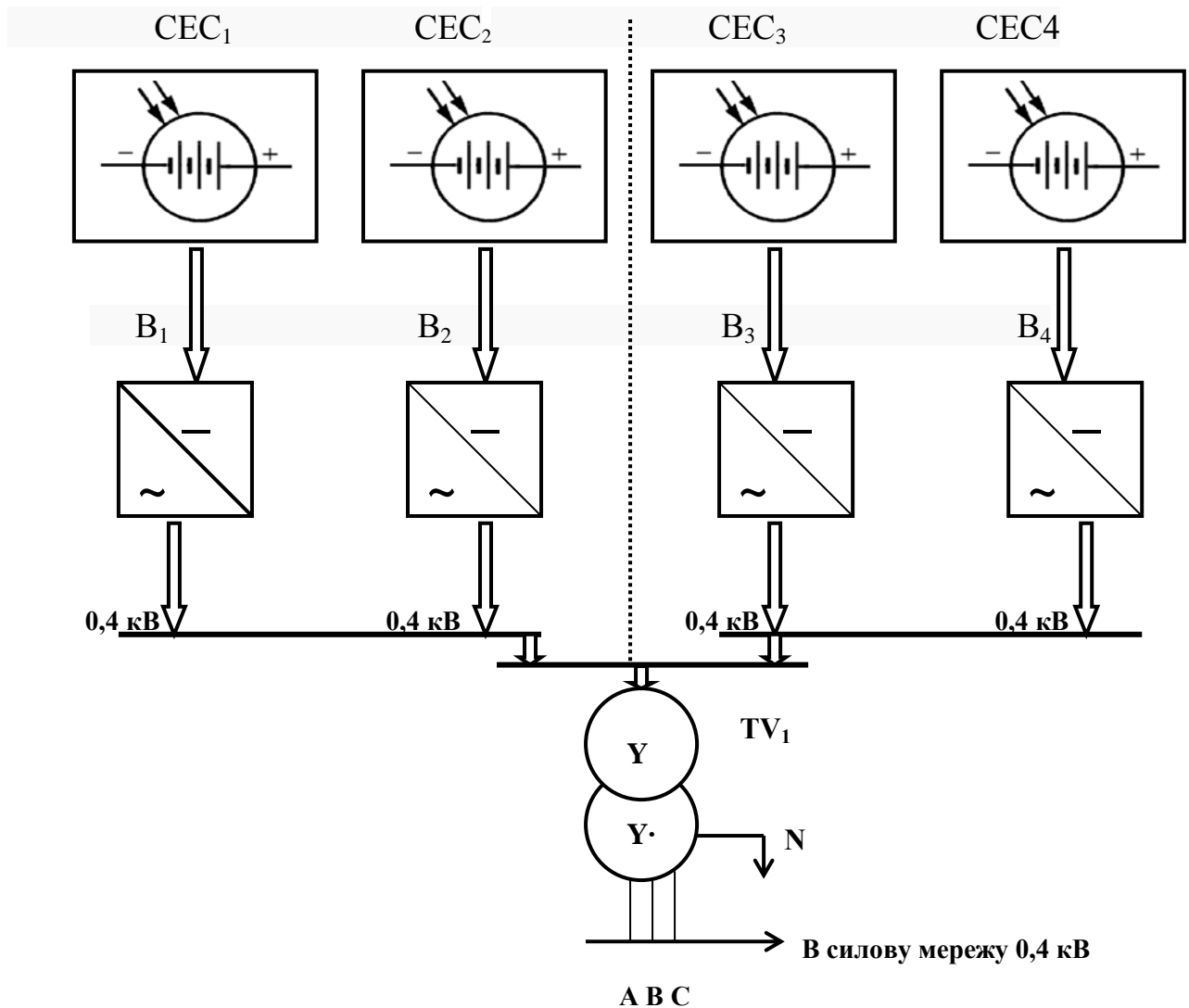


Рис. 3.2. Схема електрична СЕС на території ЖВШ:

CEC<sub>1</sub>, CEC<sub>2</sub> – сонячні батареї на даху головного корпусу; CEC<sub>3</sub>, CEC<sub>4</sub> – сонячні батареї на даху поліклініки; B<sub>1</sub>...B<sub>4</sub> – мережеві інвертори; TV<sub>1</sub> – трьохфазний трансформатор.

### 3.6. Загальна продуктивність СЕС ЖВШ

На рис. 3.3. зображена діаграма наробітку СЕС (30кВт) за рік.

Виробка електроенергії за місяць (мінімальна) – до 838 кВт·год, а (максимальна) – до 4193 кВт·год

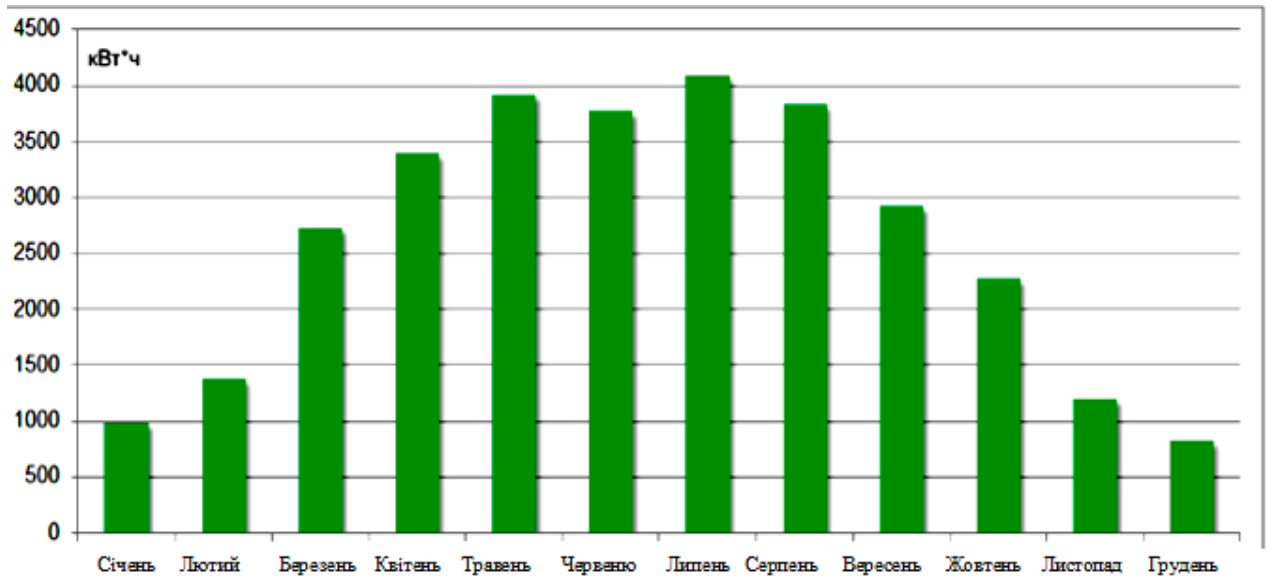


Рис. 3.3. Діаграма наробітку за рік СЕС 30 кВт за рік

Якщо сумувати ці показники то виробка електроенергії за рік становить – до 33089 кВт·год.

З 1 січня 2020 по 31 грудня 2024 вартість 1 кВт-год, виробленого сонячною електростанцією потужністю до 30 кВт, становитиме 427,93 коп. Усі тарифи наведені без урахування ПДВ [37].

Таким чином загальний наробіток 4 СЕС г<sub>і</sub> 30 кВт ( $Z_n$ ) буде дорівнювати 132356 кВт·год.

В грошовому еквіваленті (Ц) це буде становити:

$$Ц = Z_n \cdot Ц_{\text{кВт-г}} = 4,2793 \cdot 132356 = 566391 \text{ грн.}$$

У першому приближенні можна знайти затрати на придбання складових СЕС.

Витрати на фотомодулі становлять:  $3800 \cdot 280 = 1064000$  грн.

Витрати на інверторів: становить:  $70502 \cdot 4 = 282008$  грн.

Їх сумарні витрати будуть дорівнювати 1336008 грн.

У доларовому еквіваленті приблизно – 49000 дол.

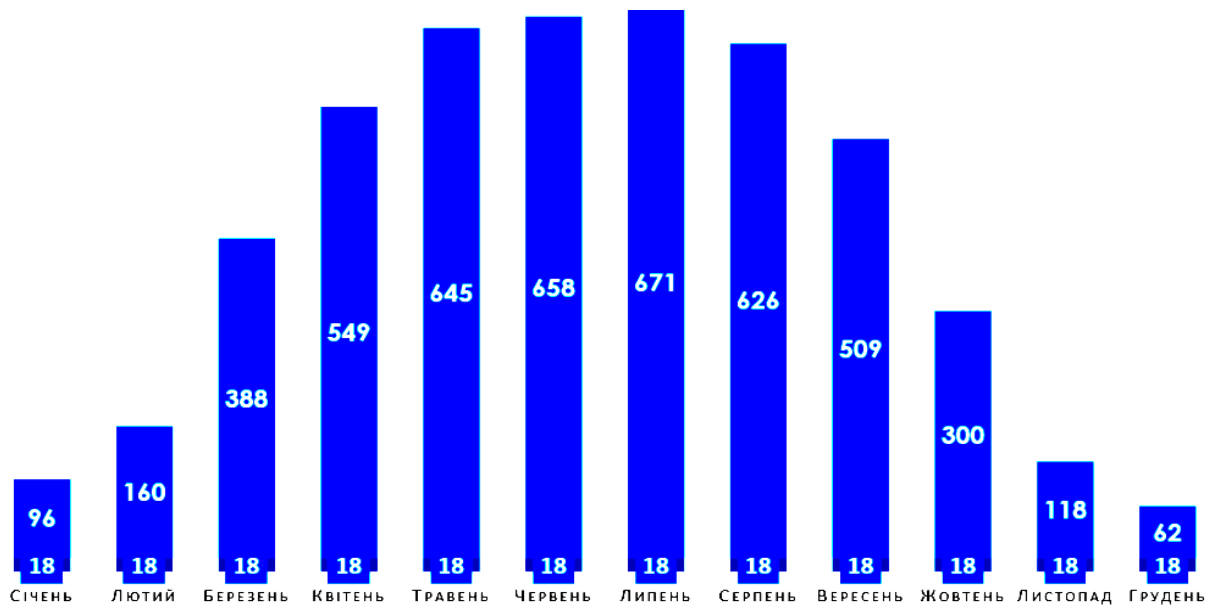


Рис. 3.4. Діаграма доходу СЕС 30 кВт за рік

Сумарний щорічний дохід СЕС 30 становить 5002 доларів, це видно з діаграми доходу.

Рекомендації до монтування сонячних панелей на даху приміщень

Оптимальний кут розташування панелей протягом року зображений на рис. 3.5.

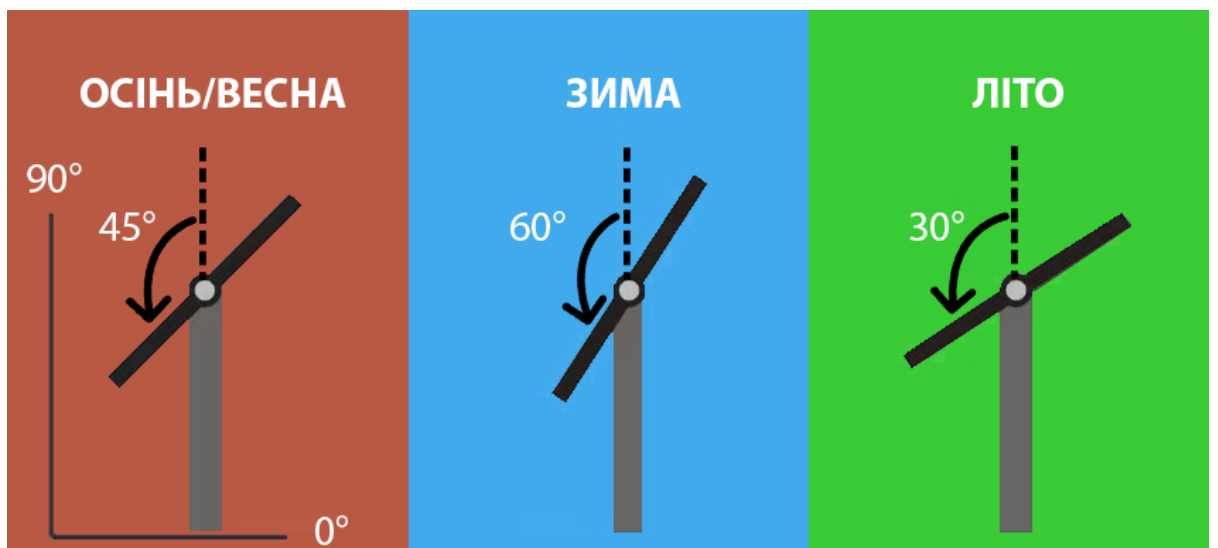


Рис. 3.5. Оптимальний кут розташування панелей протягом року

### **Висновок до третього розділу**

Сумарна потужність СЕС становить 120 кВт. Сумарний щорічний дохід для 4 СЕС буде становити близько 20000 доларів

Тому реальний термін окупності мережевої сонячної станції буде принаймні становити, в середньому, 4...5 років, і це можливо в широтах Житомирського Полісся.

До недоліків виробітку енергії СЕС це – перегрів. Через високу температуру влітку, сумарний виробіток СЕС може зменшуватись від 10 до 45% – в залежності від типу конструкцій та кліматичних умов.

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Одним із способів збільшити питому вагу медичних технологій є запровадження альтернативних джерел енергії, в першу чергу – використання сонячної енергії.

Житомирський військовий шпиталь, який розглядається в даному проекті і становить собою об'єкт дослідження – знаходиться в Житомирській області, яка, в свою чергу має досить високий доцільно економічний потенціал, рівний 2,4, а отже, створення системи електропостачання від сонячної електростанції має сенс.

Рентабельність СЕС на території ЖВШ можна оцінювати після її повністю окупності, і потім вона стане доброю підмогою енерго-незалежності ЖВШ.

Загальний наробіток 4 СЕС (потужністю 30 кВт кожна) буде дорівнювати 132356 кВт·год – в грошовому еквіваленті – 566391 грн.

## ВИКОРИСТАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА

1. Альтернативна енергетика з використанням сонячних елементів : навч. вид. / В. Ю. Єрохов; Нац. ун-т «Львів. Політехніка». - Львів : Сполом, 2015. - 116 с. - Бібліогр.: с. 113-116.
2. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії; підруч. / О. Адаменко [та ін.] ; ред. В. Лютко. - Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. - 270 с.
3. Бондарчук, А. Как стать производителем «зеленой» электроэнергии / А. Бондарчук // Фермерське господарство. - 2010. - берез., № 9. - С. 29.
4. Лагутін Г.І. Аналіз можливості використання альтернативних джерел електричної енергії для живлення військових об'єктів Збройних Сил України / Г.І. Лагутін, В.М. Лисенко, В.Д. Заболотний // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2013. – № 3(35). – С. 24-27. 12.
5. Лукомский, Д. Инвестиции в солнечную энергетику / Д. Лукомский // Альтернативні джерела енергії. - 2010. - № 1. - С. 36-39.
6. Савченко Л. Шлях до альтернативи / Л. Савченко // Агробізнес сьогодні. - 2009. - № 23. - С. 32-33.
7. Абрашин В. О. Можливості застосування альтернативних джерел електричної енергії у Збройних Силах України / В.О. Абрашин, С.М. Новічонок // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 3(23). – С. 12-18.
8. Алфёров Ж. И., Андреев В. М., Румянцев В. Д. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников, 2004, Т.38, вып.8, С. 937-948.
9. Електроніка і мікросхемотехніка: підручник: А.П. Войцицький, М. А. Войцицький. Житомир : ЖНАЕУ, 2018. – 318 с.
10. Якість енергоресурсів і енергоносіїв: навч. посіб. / А. П. Войцицький та інш. – Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 2017. – 215 с.

11. Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. — 340 с.
12. Альтернативні джерела енергії : Підручник/ А.П. Войцицький, Т.П. Резніченко, М.А. Войцицький та ін. – Житомир. ЖНАЕУ, 2017. 280с.
13. Обґрунтування можливості освітлення парків в місцях постійної дислокації за допомогою сонячних батарей у Львівській області / В.О. Чумакевич, В.В. Атаманюк, І.В. Пулейко, А.М. Дубовський // Військово-технічний збірник Національної академії Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. – Львів, 2015. – Вип. 2(13). – С. 42-45.
14. Вибір потужності сонячних батарей та кута нахилу панелей. СТЕМ – Інтелектуальні системи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sutem.com.ua/932alten.php>
15. В Житомирі військовий госпіталь - відзначає 200 років з дня створення. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ruporzt.com.ua/vlada/45114>. <https://hospital.prom.ua/a122551-zhitomiri-vijskovij-gospital.html>.
16. Інвертори напруги. [Електронний ресурс]– Режим доступу: <https://electro100.com.ua/inventory-naprugy>.
17. На даху Білоцерківської міської лікарні №1 встановили сонячні панелі. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.04563.com.ua/news/2503966>.
18. Будівництво дахових сонячних електростанцій. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://avenston.com/solar/construction/roof-top/>
19. Construction of roof-top solar power plants. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://avenston.com/en/solar/construction/roof-top/>
20. На даху Волинської обласної лікарні працює сонячна електростанція: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.volynnews.com/news/all>.

21. Сонячна станція для шкіл, лікарень, ОТГ: що потрібно знати? [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://joule.ua/fq/ses\\_dlja\\_shkil\\_likaren](https://joule.ua/fq/ses_dlja_shkil_likaren)
22. Solar power drives renewable energy investment boom in 2014 [Electronic resource] : Website «The Guardian». – Access to resources : <http://www.theguardian.com/environment/2015/jan/09/solar-power-drives-renewable-energyinvestment-boom-2014>.
23. Rebound in clean energy investment in 2014 beats expectations [Electronic resource] : Website «Bloomberg New Energy Finance». – Access to resources : <http://about.bnef.com/pressreleases/rebound-clean-energy-investment-2014-beats-expectations/>.
24. Renewable Power Generation Cost in 2014. IRENA Secretariat. International Renewable Energy Agency (IRENA). – Abu Dhabi : IRENA Secretariat, 2015. – 164 p.
25. Глобальна карта сонячної енергії [Електронний ресурс] : Сайт Інженерні ідеї, ресурси, знання. – Режим доступу до ресурсу : [http://www.vkengineering.com/img/solar/g\\_solar\\_map.gif](http://www.vkengineering.com/img/solar/g_solar_map.gif).
26. Енергія сонця на службі у кардіологів: [Електронний ресурс]. Режим доступу: . <https://www.google.com/search?biw>
27. Мережевий інвертор Huawei Sun 2000 - 33KTL-A. : [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://solarenergo.ua/oborudovanie/setevye-inventory/huawei-sun2000-33ktl-a>.
28. Солнечная батарея 440Вт моно, RSM156-6-440M: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://solar.biz.ua/solnechnye-batarei/>.
30. Регламент Комісії (ЄС) 2016/1388 від 17.08.2016, що встановлює мережевий кодекс із приєднання електроустановок до мереж.
31. Сонячна електростанція 30кВт під «Ключ». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://prel.prom.ua/p495791096-sonyachna-elektrosta-ntsiya-kvt.html>.
32. Підсумки п'ятирічного проекту «Сонячні лікарні: Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/ruric-presshall/2843021>.



33. Сонячні кіловати: як медицина Харківського району стає енергоне-  
залежною: Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://www.slk.kh.ua/-  
multimedia/articles/ukrayina-eu](https://www.slk.kh.ua/-multimedia/articles/ukrayina-eu).

34. Сонячні панелі для Ківерцівської лікарні: Електронний ресурс].  
Режим доступу: <https://vo.suspilne.media/news/35086#>:

35. Спеціалізовані Енергетичні Технології: Електронний ресурс]. Режим  
доступу: <https://setech.in.ua/posluhy>.

36. Проектування сонячних електростанцій: Електронний ресурс]. Режим  
доступу: <https://rentechno.ua/>