

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електричних станцій і систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри ЕСС  
д.т.н., професор Лежнюк П. Д.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019р.

**Пояснювальна записка**  
до кваліфікаційної роботи  
на здобуття ступеня «магістр»

**ПРОЕКТУВАННЯ ФОТОВОЛЬТАЇЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ У  
СЕЛИЩІ МІСЬКОГО ТИПУ ГОЛОБИ КОВЕЛЬСЬКОГО  
РАЙОНУ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ З ДОСЛІДЖЕННЯМ  
ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ  
РІЗНИХ ТИПІВ**

08-13.МКР.004.00.101 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу ОПІ магістра,  
групи ЕСМ-18м  
спеціальності 141 – «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»  
освітня програма «Електричні системи і  
мережі»  
Герасимчук А.А. \_\_\_\_\_

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ЕСС  
Бурикін О. Б. \_\_\_\_\_  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

Рецензент: \_\_\_\_\_  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

Вінниця – 2019 рік

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
завідувач кафедри ЕСС  
д.т.н., професор Лежнюк П.Д.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу на здобуття ступеня магістра зі спеціальності: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Освітньо-професійна програма – Електричні системи і мережі.

(шифр – назва спеціальності)

Магістрант групи ЕСМ-18м Герасимчук Анастасія Андріївна  
(назва групи) (прізвище, ім'я і по батькові)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Проектування фотовольтаїчної електростанції у смт. Голоби Ковельського району Волинської області з дослідженням ефективності застосування сонячних панелей різних типів»

Вихідні дані: Перелік літературних джерел за тематикою роботи. Посилання на періодичні видання. Робочий проект «Нове будівництво електричних мереж електроустановок призначених для виробництва електричної енергії (сонячної електростанції), Волинська обл., Ковельський р-н, смт.Голоби».

Короткий зміст частин магістерської кваліфікаційної роботи

1. Графічна: \_\_\_\_\_ креслення

2. Текстова (пояснювальна записка): Вступ. Аналіз екосистеми Волинської області. Дослідження способів перетворення сонячної енергії в електричну. Оцінка існуючої ситуації. Актуальність та обґрунтування доцільності робробки. Конструювання сонячних енергетичних установок. Техніко-економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

6. Консультанти з окремих розділів магістерської кваліфікаційної роботи:

Науковий керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

канд. техн. наук, доц., доцент кафедри  
ЕСС  
наук. ступінь, вчене звання (посада)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

О. Б. Бурикін  
ініціали та прізвище

Економічна частина

\_\_\_\_\_ (підпис)

канд. техн. наук, доц., доцент кафедри  
ЕСС  
наук. ступінь, вчене звання (посада)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

В. В. Нетребський  
ініціали та прізвище

Охорона праці та безпека  
в надзвичайних ситуаціях

\_\_\_\_\_ (підпис)

д-р. техн. наук, доц., професор кафедри  
ЕСС  
наук. ступінь, вчене звання (посада)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Є. А. Бондаренко  
ініціали та прізвище

Дата попереднього захисту роботи “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Рецензент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (наук. ступінь, вчене звання , посада)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

(ініціали та прізвище)

Завдання видав

\_\_\_\_\_ (підпис)

канд. техн. наук, доц., доцент кафедри  
ЕСС  
наук. ступінь, вчене звання (посада)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

О. Б. Бурикін  
ініціали та прізвище

Завдання отримав магістрант

\_\_\_\_\_ (підпис)

А.А.Герасимчук  
\_\_\_\_\_ (ініціали та прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## Зміст

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП.....   | 8  |
| 1 ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНУ.....   | 11 |
| 1.1. Типи сонячних електростанцій.....   | 11 |
| 1.2. Типи сонячних панелей.....  | 14 |
| 1.3. Потенціал сонячної енергії в Україні.....   | 18 |
| 2 АНАЛІЗ ЕКОСИСТЕМИ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....  | 22 |
| 2.1. Метеокліматична характеристика Волинської області.....  | 22 |
| 2.2. Аналіз доцільності застосування СЕС у Волинській області.....   | 40 |
| 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....  | 45 |
| 4 АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ БУДІВНИЦТВА ФЕС В СМТ. ГОЛОБИ.....  | 48 |
| 4.1. Побудова графіку динаміки виробництва електроенергії сонячними панелями різних типів.....   | 48 |
| 4.2. Рентабельність заходу.....  | 53 |
| 5 КОНСТРУЮВАННЯ СОНЯЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК.....   | 56 |
| 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....   | 61 |
| 6.1. Аналіз умов праці при виконанні робіт, пов'язаних з проектуванням ФЕС.....  | 62 |
| 6.2. Розробка організаційно-технічних рішень з охорони праці при проектуванні ФЕС на робочому місці проектувальника.....   | 63 |
| 6.3. Організаційно-технічні рішення з охорони праці за стандартами України щодо праці з електронно-обчислювальними машинами на робочому місці проектувальника..... | 65 |

|  |    |
|--|----|
| 6.4. Протипожежний захист.....   | 69 |
| 6.5. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи електричної частини ФЕС в умовах дії загрозливих чинників надзвичайної ситуації..... | 71 |
| 6.5.1. Дослідження стійкості роботи електричної частини фотовольтаїчної електростанції в умовах дії іонізуючих випромінювань.....                        | 72 |
| 6.5.2. Дослідження стійкості електричної частини ФЕС в умовах дії електромагнітного імпульсу (ЕМІ).....  | 74 |
| 6.6 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи електричної частини ФЕС у надзвичайних ситуаціях.....                                   | 75 |
| 7 ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.....   | 78 |
| 7.1. Вибір трансформаторів струму 0,4 кВ.....  | 78 |
| 7.2. Вибір номінального струму автоматичного вимикача.....   | 81 |
| 7.3.Оцінка впливу на навколишнє середовище.....  | 81 |
| 7.4.Заходи з енергозбереження.....   | 81 |
| ВИСНОВКИ.....  | 84 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....  | 85 |
| ДОДАТОК А.....   | 87 |
| ДОДАТОК Б.....   | 91 |
| ДОДАТОК В.....   | 92 |
| ДОДАТОК Г.....   | 93 |
| ДОДАТОК Д.....   | 94 |

## Анотація

Герасимчук А.А.: «Проектування фотовольтаїчної електростанції у смт.Голоби Ковельського району Волинської області з дослідженням ефективності застосування сонячних панелей різних типів». Магістерська кваліфікаційна робота - Вінниця: ВНТУ, 2019. – 103 с., Таблиць: 29, Рисунків 21: , Бібліографія: 15.

В представленій магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто характеристику сонячних електричних станцій, різні типи сонячних станцій та їх складових елементів. Розраховано кількість сонячних панелей та обладнання, обрано необхідне для забезпечення електроенергією приватного підприємства. Також було визначено вартість побудови сонячної електричної станції потужністю 80 кВт та розрахований термін окупності.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії, сонячні електричні станції (СЕС), електрична мережа, фотовольтаїчна електрична станція (ФЕС), сонячна панель.

## Abstract

Herasymchuk A.A: «Designing of photovoltaic power plant in Holoby village of Kovel district of Volyn region using efficiency of using solar panels of different types». Master's educational work - Vinnitsa: VNTU, 2019. - 103 pp., Table: 29, Figures 21 :, Bibliography: 15.

The presented master's qualification work describes the characteristics of solar power plants, different types of solar plants and their constituent elements. The number of solar panels and equipment has been calculated and the electricity supply needed by a private enterprise has been selected. The cost of building a 80 kW solar power plant was also determined and the payback period was calculated.

Keywords: renewable energy, solar power plants, electricity grid, photovoltaic power plant, solar panel.

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,  
ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

- ГДК – гранично допустима концентрація;  
ЕЕС – електроенергетична система;  
ЕС – електрична станція;  
ЕМ – електричні мережі;  
ЕОМ – електронна обчислювальна машина;  
ЛЕП – лінія електропередачі;  
НС – навколишнє середовище;  
ПС – підстанція;  
РДЕ – розосереджені джерела електроенергії;  
РЕМ – розподільча електрична мережа;  
СЕС – сонячна електрична станція;  
ТП – трансформаторна підстанція;  
ЕМІ – електромагнітний імпульс;  
ВДЕ – відновлювальні джерела енергії;  
ФЕС – фотовольтаїчна електрична станція;  
ПТЕ – правила технічної експлуатації.



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сонячна енергетика України – така галузь електроенергетики України, яка стрімко розвивається. В Україні річне надходження сонячного випромінювання перебуває на одному рівні з країнами, які активно використовують сьогодні сонячні колектори ( Швеція, Німеччина, США і т.д.).

Потенціал такого джерела альтернативної енергії, як сонце, є в Україні дуже потужним. По рівню сонячного випромінювання наша держава випереджає майже всі розвинені країни Європи, за винятком Італії, Греції та Іспанії. Але поки що європейський досвід використання сонячної енергії для виробництва сільськогосподарської продукції вітчизняні аграрії використовують недостатньо. [1]

Сонячна енергія в Україні на сьогодні використовується для гарячого водопостачання опалення, з використанням сонячних колекторів та виробництв електроенергії на основі фотоелектричних перетворювачів.

Сонячні колектори випускаються підприємствами України, вітчизняні фотоелектричні установки тільки починають виходити на ринок, хоча відчувається гостра потреба в сировині за прийнятною ціною. Потрібна державна підтримка для відродження існуючого в країні потенціалу з виробництва сонячного кремнію (раніше 10 % світового виробництва було в Україні).

Потужність сонячних електростанцій домогосподарств зростає в Україні швидкими темпами.

За підсумками 2018 року лідерами за кількістю встановлених приватних сонячних електростанцій (СЕС) є Київська, Дніпропетровська та Тернопільська області. У кількості 517, 362 та 261 СЕС відповідно. На період квітня-червня 2019 року було введено 656 МВт потужностей, що у шість разів більше, ніж за аналогічний період минулого року.

Потужність сонячних електростанцій зростає навіть швидшими темпами, ніж їх кількість. Все більше домогосподарств та приватних підприємств надають перевагу встановленню більш потужних сонячних електростанцій.

Стрімкий попит населення на “сонячну” електроенергію пояснюється прийнятим у 2015 р. Законом України № 514-VIII, яким надано вигідний «зелений» тариф із прив'язкою його до курсу євро. Це означає, що домогосподарство може продавати надлишок згенерованої «чистої» електроенергії в мережу і швидко повертати кошти, вкладені у сонячні панелі без застережень щодо інфляції.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалась у Вінницькому національному технічному університеті в рамках держбюджетної теми «Оптимізація функціонування електричних мереж енергосистем в умовах зростання навантаження споживачів та децентралізації їх живлення» (№ держреєстрації 0110U002161).

**Мета і задачі дослідження.** магістерської дипломної роботи є проектування фотовольтаїчної електростанції у смт.Голоби Ковельського району, Волинської області з дослідженням ефективності використання сонячних панелей різних типів.

**Основні задачі дослідження:**

- дослідження роботи ФЕС в умовах клімату Волинської обл.;
- дослідження ефективності роботи сонячних панелей різних типів;
- дослідження роботи фотовольтаїчної електростанції;
- розрахунок терміну окупності ФЕС потужністю 80 кВт в умовах Волинської області;
- аналіз доцільності встановлення ФЕС у смт.Голоби Ковельського р-ну Волинської обл.

**Об'єктом дослідження** є фотовольтаїчна електрична станція у смт. Голоби Ковельського району Волинської області

**Предметом дослідження** – дослідження ефективності побудови фотовольтаїчної електричної станції потужністю 80 кВт з напругою у точці приєднання 380 В (0,4 кВ) з панелями різних типів.

**Методи дослідження.**

У процесі дослідження застосовувались: методи математичного моделювання та чисельні методи визначення оптимальної встановленої потужності СЕС в електричній системі. Статистичні методи оброблення інформації використано для аналізу результатів розрахунків та перевірки справедливості отриманих теоретичних положень.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

Запропоновано проект розроблений для побудови фотовольтаїчної електростанції потужністю 80 кВт у смт. Голоби, Ковельського р-ну, Волинської обл. із найефективнішим типом панелей для даної місцевості.

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНУ

Сонячні електростанції (СЕС) - інженерні структури, які перетворюють сонячне випромінювання на електричну енергію. Методи перетворення сонячної радіації різні і залежать від конструкції електростанції.

Фотовольтаїка - метод вироблення електричної енергії шляхом використання фоточутливих елементів для перетворення сонячної енергії в електричну. Для цього використовуються кремнієві фотоелементи монокристалічного, полікристалічного або тонкоплівкового типу. Фактично всі фотовольтаїчні пристрої, які здатні вловлювати сонячні випромінювання та перетворювати їх в електрику, є різновидами фотодіодів. Термін "фотовольтаїка" означає звичайний робочий режим фотодіода, при якому електричний струм переміщується виключно завдяки перетвореній енергії світла.

## **Фотовольтаїчні системи складаються з двох частин:**

1. Фотовольтаїчний генератор або сонячні панелі: формується декількома фотовольтаїчними модулями, які об'єднані для утилізації сонячної радіації.

2. Інвертор - перетворює постійний потік, який вироблений генератором в змінний струм, переданий в енергомережу, у випадку підключення до загальної мережі або в накопичувальну установку, у випадку автономного використання.

### 1.1. Типи сонячних електростанцій

Всі відомі сьогодні сонячні електростанції, що генерують електрику в промислових масштабах, поділяються на:

- ті що використовують фотоелектричні модулі (фотоефект);

- ті що перетворюють сонячну енергію на теплову яка приводить у дію тепловий двигун (сонячно-теплові).

У переважній більшості сонячно-теплових електростанцій застосовується концентрація сонячних променів. За типом концентрації вони поділяються на:

- **СЕС баштового типу**

В основі баштових електростанцій спочатку лежав принцип випаровування води під дією сонячного випромінювання. Водяна пара тут використовується в якості робочого тіла. Розташована в центрі такої станції вежа, має на вершині резервуар з водою, який пофарбований в чорний колір для кращого поглинання як видимого випромінювання, так і тепла. Крім цього у вежі є насосна група, функція якої — доставляти воду в резервуар. Пара, температура якого перевищує 500 °С, обертає турбогенератор, розташований на території станції. Для того, щоб максимально можливу кількість сонячної радіації сконцентрувати на вершині вежі, навколо неї встановлюють сотні геліостатів, функція яких — направляти відбите сонячне випромінювання точно на ємність з водою. Геліостати являють собою дзеркала, площа кожного з яких може досягати десятків квадратних метрів.

Закріплені на опорах, оснащених автоматичною системою фокусування, всі геліостати направляють відбите сонячне випромінювання точно на вершину вежі, на резервуар, оскільки позиціонування працює у відповідності з рухом сонця протягом дня. У дуже жаркий день температура одержуваної пари може доходити до 700 °С, і цього більш ніж достатньо для нормальної роботи турбіни.

- **СЕС тарільчатого типу**

Принципово електростанції цього типу схожі на баштові, проте конструктивно відрізняються. Тут використовуються окремі модулі, кожен з яких генерує електрику. Модуль включає в себе і відбивач, і приймач. На опорі встановлюється параболічна збірка з дзеркал, що формують відбивач.

У фокусі параболоїда розташований приймач. Відбивач складається з десятків дзеркал, кожен з яких індивідуально налаштований. Приймачем ж може бути двигун Стірлінга, сполучений з генератором, або резервуар з водою, яка перетворюється в пар, а пар обертає турбіну.

#### ○ **параболоциліндричні СЕС**

Півмільйона 12 метрових дзеркал розігрівають теплоносії до 393°C, щоб перетворити воду в пар для обертання генераторних турбін. Вночі тепла енергія продовжує працювати, будучи збереженою в розплавленій солі.

#### ○ **комбіновані СЕС**

Це ті станції, де до теплообмінників підключають комунікації гарячого водопостачання, опалення, загалом нагрівають воду для різних потреб. До комбінованим станцій відносяться і суміщені рішення, коли паралельно сонячним батареям працюють концентратори. Часто об'єднані сонячні електростанції виявляються єдиним рішенням для альтернативного електропостачання та опалення приватних будинків.

#### ○ **фотоелектричні СЕС**

Принцип дії таких станцій простий. Енергія фотонів світла перетвориться в струм в кремнієвій пластині, внутрішній фотоэффект в цьому напівпровіднику давно вивчений і взято на озброєння виробниками сонячних батарей. Але кристалічний кремній, дає ККД 24% — не єдиний варіант. Технологія безперервно удосконалюється. Так, ще в 2013 році інженери компанії Sharp домоглися від індієвий-галій-арсенидного елемента ККД 44,4%, а застосування фокусуючих лінз дозволяє досягти всіх 46%.

#### ○ **сонячно-вакуумні СЕС**

Абсолютно екологічно безпечний тип сонячних станцій. В якості принципу використовується природний потік повітря, що виникає завдяки перепаду температур (повітря біля поверхні землі розігрівається, і спрямовується вгору). Ще в 1929 році у Франції була запатентована ця ідея.

Споруджується оранжерея, що представляє собою накритий склом ділянку землі. З центру оранжереї виступає вежа, висока труба, в якій встановлена турбіна генератора. Сонце розігріває оранжерею, і повітря прямуючи через трубу вгору, обертає турбіну. Тяга зберігається постійною, поки сонце розігріває повітря в закритому склом обсязі, і навіть вночі, поки поверхня землі зберігає тепло.

## 1.2. Типи сонячних панелей

У зв'язку з екологічною картиною світу, використання сонячних електричних станцій з кожним роком займає все більше місця у житті людей. Більшість країн світу давно на шляху переходу від традиційних джерел енергії до альтернативних. Використання сонячної енергії ряд переваг:

- Мала кількість шкідливих викидів;
- Можливість впливати на ціну електроенергії для свого домогосподарства;
- Отримання прибутку за «зеленим тарифом»;
- Підвищення вартості будинку (якщо ФЕС дахова);
- Значне зменшення витрат на енергопостачання.

Сонячна панель складається з алюмінієвої рами, яка захищає панель і забезпечує надійну структуру для установки. Рама зазвичай дуже легка, але здатна витримувати сильні зовнішні навантаження. Склопозитивне покриття дозволяє мінімізувати втрати. Фотоелементи з обох сторін захищені ламінувальною плівкою. На корпусі є блок контактів для підключення модуля.



Рисунок1.1. Склад сонячної панелі

В залежності від матеріалів та технології виготовлення, сонячні панелі поділяють на:

- Кристалічні фотоелементи:
  - Монокристалічні кремнієві;



Рисунок1.2. Монокристалічна кремнієва панель



- Полікристалічні.

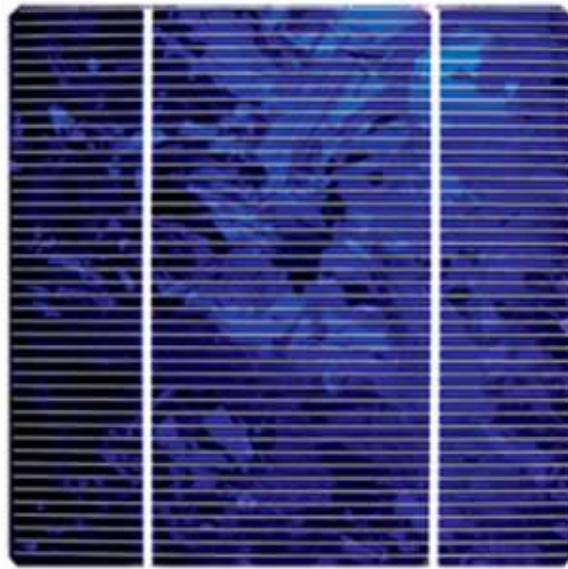


Рисунок1.3. Полікристалічна кремнієва панель

- Тонкоплівкові:

- Фотоелементи з використанням діселеніда індію і міді (CIS технологія);
- Фотоелементи з використанням телуриду кадмію (CdTe технологія);
- Фотоелементи з використанням аморфного кремнію.



Рисунок1.4. Тонкоплівкова панель

Для того, щоб отримати кремнієвий монокристал, в розплав кремнію з бором занурюють початковий кристал і повільно піднімають над розчином, розчин при цьому витягується і кристалізується. Далі вирізають квадратні елементи товщиною 0,3 мм після чого елементи полірують, наносять антивідбиваюче покриття, покривають фосфором і отримують готовий монокристалічний фотоелемент квадратної форми, темно-синього або чорного кольором з ККД 15-18 %.

Полікристал виробляють внаслідок охолодження розплаву кремнію та бору. Розплав формується в односпрямовані кристали, обробляється так само як і монокристал. Полікристалічний елемент – блок кристалів різного напрямку, квадратної форми, товщиною 0,24-0,3 мм, колір з покриттям синій, без покриття – сріблясто-сірий, ККД 13-16%.

Фотоелементи з використанням діселеніда індію і міді мають ККД 9-11%, телуриду кадмію – 8,5 %, амфорного кремнію від 5 до 7 %.

Таблиця 1.1. Порівняльна таблиця різних типів панелей

| Характеристика / Тип панелей           | Монокристалічні                  | Полікристалічні | Тонкоплівкові    |
|--|----------------------------------|-----------------|------------------|
| ККД, %                                 | 15-18                            | 13-16           | 5-11             |
| Вартість                               | Висока                           | Середня         | Низька           |
| Термін експлуатації, років             | 25                               | 25              | 20               |
| Вага, кг                               | 21,1                             | 18              | 1                |
| Кут сонячного випромінювання, градусів | 90                               | -               | -                |
| Місце використання                     | Домогосподарства і промисловість | Промисловість   | Домогосподарства |

Отже, найвищий ККД мають монокристалічні фотоелементи, тому можна зробити висновок, що вони є найефективнішими, оскільки вони перетворюють сонячну енергію найшвидше і найкраще, незалежно від форми і орієнтації.

Серед переваг сонячних панелей:

- Безперервна робота протягом усього світлового дня;
- Безшумність;
- Екологічність;
- Термін експлуатації від 25 до 30 років;
- Низькі експлуатаційні витрати.

### 1.3. Потенціал сонячної енергії в Україні

В результаті обробки статистичних метеорологічних даних по надходженню сонячної радіації визначено питомі енергетичні показники з надходження сонячної енергії та розподіл енергетичного потенціалу сонячного випромінювання для кожної з областей України.

Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що поступає на 1 м<sup>2</sup> поверхні, на території України знаходиться в межах: від 1070 кВт×год/кв.м в північній частині України до 1400 кВт×год/м<sup>2</sup> і вище в АР Крим.

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання практично в усіх областях. Термін ефективної експлуатації теплоенергетичного обладнання в південних областях України - 7 місяців (з квітня по жовтень), в північних областях 5 місяців (з травня по вересень). Фотоенергетичне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися на протязі всього року.

В кліматометеорологічних умовах України для сонячного теплопостачання ефективним є застосування плоских сонячних колекторів, які використовують як пряму, так і розсіяну сонячну радіацію. Концентруючі сонячні колектори можуть бути достатньо ефективними тільки в південних регіонах України.

Достатньо високий рівень готового до серійного виробництва та

широкий діапазон можливого застосування в Україні обладнання сонячної теплової енергетики показує, що для масштабного впровадження і отримання значної економії паливно-енергетичних ресурсів необхідно лише підвищення зацікавленості виробників до випуску великих партій такого обладнання.

Перетворення сонячної енергії в електричну енергію в умовах України слід орієнтувати в першу чергу на використання фотоелектричних пристроїв. Наявність значних запасів сировини, промислової та науково-технічної бази для виготовлення фотоелектричних пристроїв може забезпечити сповна не тільки потреби вітчизняного споживача, але й представляти для експортних поставок більше двох третин виробленої продукції.

Приведені енергетичні показники з надходження сонячної радіації є базовими при впровадженні сонячного енергетичного обладнання і рекомендуються до використання в першу чергу проектувальниками об'єктів сонячної енергетики для вибору типу обладнання (сонячні теплові, фотоелектричні установки) та для встановлення їх оптимальної потужності і терміну ефективної експлуатації обладнання в конкретній місцевості.

Таблиця 1.2. Сумарний річний потенціал сонячної енергії на території України

| № п/п | Області           | Потенціал сонячної енергії<br>МВт×год/рік  |  |  |
|-------|-------------------|--|--|--|
|       |                   | Загальний потенціал<br>(×10 <sup>9</sup> ) | Технічний потенціал<br>(×10 <sup>7</sup> ) | Дорцільно-економічний потенціал<br>(×10 <sup>5</sup> ) |
| 1     | Вінницька         | 30,8                                       | 14,8                                       | 2,3  |
| 2     | Волинська         | 21,8                                       | 10,5                                       | 1,6  |
| 3     | Дніпропетровська  | 37,6                                       | 18   | 2,8  |
| 4     | Донецька          | 33   | 15,8                                       | 2,5  |
| 5     | Житомирська       | 32,3                                       | 15,5                                       | 2,4  |
| 6     | Закарпатська      | 15,5                                       | 7,5  | 1,2  |
| 7     | Запорізька        | 34,8                                       | 16,7                                       | 2,6  |
| 8     | Івано-Франківська | 16,4                                       | 7,9  | 1,2  |
| 9     | Київська          | 31,5                                       | 15,5                                       | 2,4  |
| 10    | Кіровоградська    | 28,8                                       | 13,8                                       | 2,2  |
| 11    | Луганська         | 34   | 16,3                                       | 2,5  |
| 12    | Львівська         | 25,4                                       | 12,2                                       | 1,9  |
| 13    | Миколаївська      | 32,5                                       | 15,6                                       | 2,4  |
| 14    | Одеська           | 45,4                                       | 21,8                                       | 3,4  |
| 15    | Полтавська        | 31,9                                       | 15,3                                       | 2,4  |
| 16    | Рівненська        | 21,8                                       | 10,5                                       | 1,6  |
| 17    | Сумська           | 26   | 12,5                                       | 2,0  |
| 18    | Тернопільська     | 16,3                                       | 7,8  | 1,2  |
| 19    | Харківська        | 35,4                                       | 17   | 2,7  |
| 20    | Херсонська        | 38,4                                       | 18,4                                       | 2,9  |
| 21    | Хмельницька       | 24,3                                       | 11,6                                       | 1,8  |
| 22    | Черкаська         | 24,2                                       | 11,6                                       | 1,8  |
| 23    | Чернівецька       | 9,6  | 4,6  | 0,7  |
| 24    | Чернігівська      | 34,2                                       | 16,4                                       | 2,6  |
| 25    | АР Крим           | 36,5                                       | 17,5                                       | 2,7  |
|       | <b>Всього</b>     | <b>718,4</b>                               | <b>345,1</b>                               | <b>53,8</b>  |

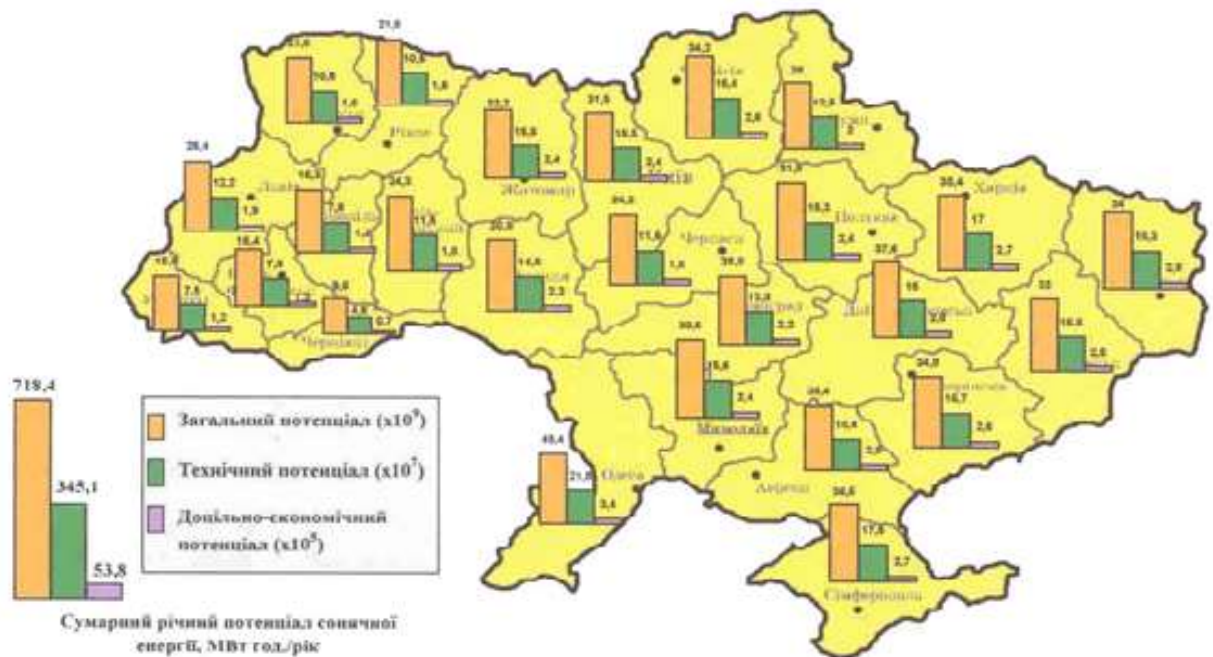


Рисунок 1.5. Потенціал сонячної енергетики України

Отже, сонячна енергія – це продукт. Хоч він і потребує досить великих фінансових вкладень та із сонячним потенціалом Волинської області окуповується приблизно за 5 років. Використання сонячної енергії – це впевнений крок в «чисте» майбутнє, серйозний внесок в збереження екологічної ситуації, а також енергетична незалежність.

## 2 АНАЛІЗ ЕКОСИСТЕМИ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

### 2.1. Метеокліматична характеристика Волинської області

Волинська область лежить у помірному кліматичному поясі і в зоні мішаних лісів та лісостепу, її крайнє північно-західне положення в межах України визначає атлантико-континентальний перенос повітряних мас, який формує помірний, вологий клімат, з м'якою зимою, нестійкими морозами, нежарким літом, значними опадами, затяжними весною і осінню.

На території області функціонують 6 метеостанцій (Луцьк, Любешів, Світязь, Маневичі, Ковель, Володимир-Волинський), Волинський обласний центр по гідрометеорології в Луцьку і 15 метеопостів. У 60-ті роки в багатьох колгоспах і радгоспах області були організовані метеопости, але, на жаль, вони давно припинили свою діяльність.

*Радіаційний і світловий режим.* Спостереження за радіаційним і світловим режимом ведуться на метеостанції Ковель. Річний прихід сумарної сонячної радіації становить 92,7 ккал/кв. см за рік (табл. 2.1). Пряма сонячна радіація сильно знижується в результаті високої хмарності і становить 40% від сумарної.

Таблиця 2.1. Сумарна сонячна радіація за місяцями, ккал/кв. см

| I   | II  | III | IV  | V    | VI   | VII  | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Рік  |
|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 2,2 | 3,7 | 7,8 | 9,5 | 13,2 | 14,6 | 13,7 | 11,4 | 8,4 | 4,8 | 1,9 | 1,5 | 92,7 |

Число годин сонячного сьйва залежить від тривалості дня, хмарності. Найменше значення тривалості сонячного сьйва спостерігається в грудні, а найбільше - у червні і липні (табл.2.2).

Таблиця 2.2. Тривалість сонячного сьйва за місяцями, годин

| I  | II | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI | XII | Рік  |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|-----|------|
| 55 | 67 | 131 | 176 | 232 | 268 | 261 | 243  | 185 | 118 | 45 | 37  | 1818 |

Максимум тривалості сонячного сяйва в зимовий період припадає на лютий - 67 годин (абсолютний максимум - 152 години). Весною тривалість сонячного сяйва досягає 232 години при абсолютному максимумі - 291 година. Найбільша тривалість періоду з сонячним сяйвом (268 годин) і найбільша частка від максимально можливого часу (54%) спостерігається в червні. Осінню тривалість періоду з сонячним сяйвом різко знижується від серпня до вересня (на 58 годин) і особливо від жовтня до листопада (на 73 години).

Основними центрами дії атмосфери, що визначають циркуляцію повітряних мас на території Волинської області, є: Ісландський мінімум, Арктичний максимум. Середземноморський мінімум, Азорський максимум, Азіатський максимум.

Протягом року область зазнає впливу різноманітних повітряних мас, які змінюються за порами року і формуються під впливом циклонічної діяльності. У середньому в рік на територію області вторгається 43 циклони і 60 їх улоговин. Найчастіше циклони активні в зимовий і весняний періоди. Значну роль у трансформації західних і південно-західних циклонів відіграють Карпати.

Антициклони рідше стаціонують на території області, в основному, взимку або на початку весни, хоча дія Азорського та Арктичного максимумів відчувається протягом року.

Таблиця 2.3. Атмосферний тиск на рівні метеостанцій, Па

| Місяць | Метеостанція |         | Місяць | Метеостанція |         |
|--------|--------------|---------|--------|--------------|---------|
|        | Луцьк        | Світязь |        | Луцьк        | Світязь |
| I      | 994,5        | 996,7   | VIII   | 990,9        | 995,4   |
| II     | 992,5        | 996,5   | IX     | 993,4        | 997,7   |
| III    | 991,5        | 996,3   | X      | 993,9        | 998,8   |
| IV     | 990,2        | 994,3   | XI     | 993,5        | 996,6   |
| V      | 991,1        | 995,4   | XII    | 993,7        | 995,5   |
| VI     | 990,2        | 994,8   |        |              |         |
| VII    | 989,4        | 994,2   | Рік    | 992,1        | 996,0   |



*Атмосферний тиск.* Річний хід атмосферного тиску зумовлений сильним вихолодженням земної поверхні взимку та нагріванням в літній період. Найбільше значення середньомісячного тиску спостерігається взимку, найменше - влітку. Максимум (998,87 гПа на станції Світязь) в річному ході припадає на жовтень, а мінімум (989,4 гПа) - на липень (табл. 2.3). В окремі роки середнє місячне значення тиску може суттєво відрізнятись від середнього багаторічного. У зимові місяці амплітуда коливань тиску (19-26 гПа) в 2-3 рази більша, ніж у літні (8-9 гПа).

Найвищий атмосферний тиск (1025,6 гПа) було зафіксовано в грудні 1963 р., а найнижчий (952,8 гПа) - в грудні 1976 р. Найбільш високий середньорічний тиск відмічено в 1953 р. (995,3 гПа), а найнижчий (990,9 гПа) - в 1952 р. Середнє значення тиску протягом спостережуваного періоду змінюється мало (приблизно на 4,4 гПа).

У добовому ході тиску атмосферного повітря спостерігається два максимуми та два мінімуми. Коливання тиску протягом доби незначне і становить в середньому 1 гПа (табл.2.4). Протягом доби при проходженні циклону тиск може знизитись на 25-30 гПа і на стільки ж підвищитись при наступі антициклону.

Таблиця 2.4. Середня міждобова мінливість атмосферного тиску, гПа

| Місяць    | I   | IV  | VII | X   |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| Атм. тиск | 4,6 | 3,6 | 2,4 | 4,2 |

*Вітровий режим.* Вітер - це горизонтальний рух повітря відносно земної поверхні, який характеризується такими основними параметрами, як напрямом та швидкістю. Він залежить, насамперед, від атмосферного тиску, а також від фізико-географічних умов. Це один з основних метеорологічних елементів, який здійснює великий вплив на життя людей та їх господарську діяльність.

Середня швидкість вітру на території області коливається в досить широких межах (2,4 - 4,9 м/сек). В окремі сезони ці показники досить різняться між собою. Так, зимою швидкість вітру становить 3,8-4,9 м/сек і дещо зменшується у весняний період -3,3-4,1 м/сек. Влітку ці показники найнижчі - від 2,4 м/сек до 3,7 м/сек. Територіальні відмінності швидкості вітру незначні і становлять у різні сезони 0,8-0,5 м/сек, з найменшою різницею восени. Максимальні середні значення характерні взимку та весною для обласного центру (Луцька) та Володимира-Волинського, влітку - для Світязя, Маневич та Луцька. Середньорічна швидкість вітру найвища в Луцьку (3,7 м/сек), а найнижча - в Любешові (3,3 м/сек) (табл. 2.5).

Таблиця 2.5. Середня швидкість вітру, м/сек

| Метеостанція         | Місяць року |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | Рік |
|----------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                      | I           | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII |     |
| Луцьк                | 4,3         | 4,4 | 4,5 | 3,8 | 3,3 | 3,0 | 2,8 | 2,7  | 3,0 | 3,4 | 4,5 | 4,1 | 3,7 |
| Ковель               | 3,8         | 3,1 | 3,9 | 3,3 | 2,9 | 2,1 | 2,7 | 2,4  | 2,9 | 2,9 | 4,0 | 3,5 | 3,2 |
| Світязь              | 4,1         | 4,3 | 4,1 | 3,6 | 3,5 | 3,6 | 3,5 | 3,4  | 3,6 | 3,7 | 4,5 | 4,1 | 3,8 |
| Володимир-Волинський | 4,4         | 4,9 | 3,9 | 4,3 | 2,9 | 2,8 | 2,4 | 2,8  | 3,0 | 3,5 | 3,3 | 3,7 | 3,5 |
| Любешів              | 4,1         | 4,0 | 3,8 | 3,1 | 3,0 | 2,7 | 2,1 | 2,6  | 2,9 | 3,2 | 3,6 | 3,8 | 3,3 |

Протягом року переважаючим над територією Волині є західний перенос повітряних мас. Висока питома вага характерна для вітрів південно-східного напрямку. Зміна циркуляційних процесів у той чи інший сезон викликає зміну напрямку вітру, що пов'язано з перебудовою баричного поля. Так, взимку на Волині переважають вітри південно-західних та західних румбів, повторюваність яких становить 18 - 23%. Південно-східний напрям є теж одним з переважаючих (від 13 до 16%).

У весняний період (квітень) панівними є південно-східні вітри, їх повторюваність становить 18-22%. Влітку напрям вітру змінюється на 180° і переважаючими є вітри західного та північно-західних румбів, які зберігаються і на початку осені. У жовтні при переважанні західних вітрів

найчастіше повторюються вітри з південного сходу, а в Ковелі ці вітри є панівними восени. Найбільша кількість штилів характерна для Любешова (24%) влітку, а найменша (4%) - для Маневич у січні.

*Температура повітря.* Однією з основних характеристик термічного режиму є середня місячна температура повітря. На Волині найнижча температура повітря відмічається в січні (-4,2 — -5,1°C). Лютий є дещо тепліший і температура підвищується до -4,1 — -3,4°C. У березні температура повітря коливається в межах 0-1°C. Максимальні середні температури спостерігаються в літні місяці, різниця в показниках між окремими станціями становить 1,3-1,8°C. Найтепліше влітку на південному сході області (+18,3°C) (рис. 2.1). Для Світязя максимум у річному ході температури зміщений з липня на серпень. Найхолодніше влітку на північному сході області, де температура повітря може опускатися нижче +16°C.



Рисунок 2.1. Ізотерми січня та липня

Від серпня до вересня починається різкий спад температури повітря, який продовжується протягом усієї осені. У грудні на Волині температура повсюдно є від'ємною (табл. 2.6). Середньомісячні температури повітря в області досить сильно відрізняються від абсолютного мінімуму та максимуму температури. На Волині абсолютна мінімальна температура протягом року коливається від  $+6^{\circ}\text{C}$  до  $-39^{\circ}\text{C}$  (табл. 2.7), а найвищі значення становлять  $+36$ - $39^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 2.6. Середні місячні температури повітря, °С

| Метеостанція | Температура за місяцями |      |     |     |      |      |      |      |      |     |     |      |     |
|--------------|-------------------------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|
|              | I                       | II   | III | IV  | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X   | XI  | XII  | Рік |
| Луцьк        | -5,1                    | -4,0 | 0,3 | 7,5 | 13,7 | 16,9 | 18,4 | 17,5 | 13,4 | 7,9 | 2,5 | -2,2 | 7,2 |
| Ковель       | -4,7                    | -3,8 | 0,4 | 7,6 | 13,7 | 16,9 | 13,3 | 13,3 | 13,1 | 7,5 | 2,5 | -1,6 | 7,3 |

|                      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |     |      |     |
|----------------------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|
| Світязь              | -4,2 | -3,4 | 0,6 | 7,6 | 13,7 | 17,0 | 17,7 | 18,4 | 13,3 | 7,8 | 2,8 | -1,4 | 7,5 |
| Володимир-Волинський | -4,7 | -3,5 | 0,8 | 7,5 | 13,4 | 16,1 | 17,8 | 16,7 | 13,0 | 7,5 | 1,9 | -2,5 | 7,0 |
| Любешів              | -5,0 | -4,1 | 0,0 | 7,0 | 12,7 | 15,7 | 17,1 | 13,3 | 12,0 | 6,7 | 2,2 | -1,3 | 6,6 |

Таблиця 2.7. Абсолютний мінімум температури повітря за місяцями, °С

| Метеостанція         | I   | II  | III | IV  | V  | VI | VII | VIII | IX | X   | XI  | XII |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|------|----|-----|-----|-----|
| Луцьк                | -32 | -34 | -28 | -10 | -3 | 1  | 5   | 0    | -5 | -9  | -21 | -28 |
| Ковель               | -35 | -32 | -26 | -15 | -3 | 1  | 4   | 2    | -4 | -20 | -23 | -27 |
| Світязь              | -33 | -33 | -23 | -8  | -1 | 1  | 5   | 1    | -3 | -9  | -17 | -26 |
| Володимир-Волинський | -35 | -29 | -29 | -12 | -2 | 1  | 6   | 5    | -3 | -15 | -17 | -26 |
| Любешів              | -38 | -23 | -23 | -7  | -4 | 1  | 3   | 0    | -4 | -8  | -20 | -28 |

У розподілі мінімальних і максимальних температур в області відсутня чітка залежність. З травня по вересень абсолютний максимум завжди вищий +30°C. В осінній період максимальна температура коливається від +30°C до +20°C і лише взимку вони опускаються нижче +10°C (табл. 2.8).

Таблиця 2.8. Абсолютний максимум температури повітря за місяцями, °С

| Метеостанція         | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII |
|----------------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|
| Луцьк                | 9  | 13 | 24  | 29 | 32 | 35 | 35  | 36   | 32 | 28 | 19 | 15  |
| Ковель               | 11 | 14 | 23  | 30 | 34 | 34 | 39  | 38   | 32 | 29 | 25 |     |
| Світязь              | 11 | 18 | 25  | 30 | 32 | 33 | 37  | 36   | 32 | 27 | 19 | 15  |
| Володимир-Волинський | 9  | 12 | 21  | 26 | 33 | 33 | 35  | 37   | 31 | 27 | 18 | 9   |
| Любешів              | 10 | 17 | 23  | 30 | 32 | 34 | 39  | 37   | 32 | 27 | 18 |     |

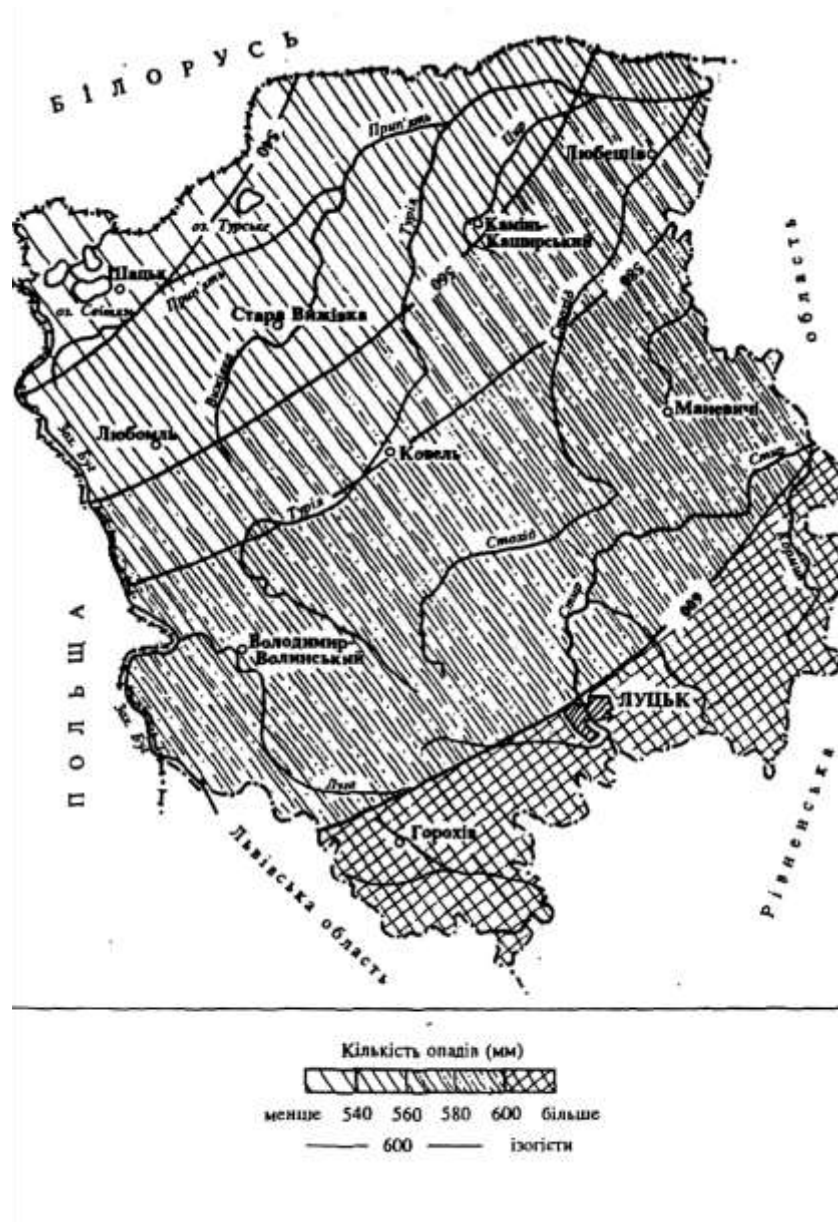


Рисунок 2.2. Річна кількість опадів

*Режим опадів.* На території Волинської області за рік у середньому випадає 536-600 мм опадів (табл. 2.9). Існують помітні територіальні відмінності у розподілі річної суми опадів (рис. 2). В окремі роки кількість опадів може значно відрізнятись від середньорічних. Так, у 1974 році в Любешові випало 845 мм, а в Луцьку - 764 мм. Дощовими також були 1948, 1966 і 1980 роки.

Таблиця 2.9. Середня місячна кількість опадів за місяцями, мм

| Метеостанція | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Рік |
|--------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| Луцьк        | 31 | 31 | 31  | 41 | 58 | 77 | 84  | 72   | 56 | 43 | 38 | 38  | 600 |
| Ковель       | 33 | 32 | 28  | 37 | 58 | 78 | 80  | 69   | 50 | 40 | 44 | 39  | 582 |
| Світязь      | 30 | 29 | 25  | 37 | 52 | 66 | 77  | 62   | 47 | 37 | 39 | 39  | 536 |
| Любешів      | 33 | 29 | 23  | 34 | 55 | 76 | 77  | 57   | 56 | 46 | 43 | 40  | 570 |

У розподілі опадів протягом року найменша кількість їх припадає на зимові місяці і на березень (25-40 мм), а максимум у річному ході припадає на літо (липень). Найбільша кількість опадів перевищує в 2-3 рази середні місячні показники. Так, взимку і весною може випасти до 100-130 мм опадів за місяць, а влітку навіть 250-265 мм. Осінь за кількістю опадів є проміжним сезоном, коли випадає від 80 мм (Ковель) до 220 мм (Світязь) (табл. 2.10).

Таблиця 2.10. Максимальна кількість опадів за місяцями, мм

| Метеостанція | I   | II | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Рік |
|--------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Луцьк        | 81  | 94 | 79  | 125 | 109 | 185 | 170 | 265  | 155 | 148 | 120 | 88  | 764 |
| Ковель       | 86  | 81 | 99  | 110 | 136 | 250 | 239 | 177  | 121 | 110 | 136 | 79  | 808 |
| Світязь      | 97  | 70 | 66  | 78  | 122 | 175 | 217 | 144  | 158 | 220 | 129 | 68  | 788 |
| Любешів      | 121 | 77 | 72  | 108 | 128 | 188 | 180 | 158  | 136 | 134 | 128 | 89  | 843 |

Мінімальна кількість опадів на території Волині становить 270 мм за рік (метеостанція Любешів у 1961 р.). У цей рік відмічались найнижчі показники для всіх станцій за весь період спостережень, але вони не перевищували 340 мм. В окремі місяці кількість опадів становила 1-2 мм або їх кількість була близькою до 0 (табл. 2.11).

Таблиця 2.11. Мінімальна кількість опадів за місяцями, мм

| Метеостанція | I | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Рік |
|--------------|---|----|-----|----|----|----|-----|------|----|---|----|-----|-----|
| Луцьк        | 6 | 1  | 0   | 7  | 9  | 3  | 8   | 6    | 6  | 2 | 6  | 4   | 309 |
| Ковель       | 2 | 0  | 3   | 4  | 11 | 3  | 10  | 6    | 7  | 3 | 1  | 2   | 332 |
| Світязь      | 7 | 0  | 1   | 12 | 10 | 23 | 21  | 11   | 4  | 3 | 8  | 4   | 328 |
| Любешів      | 4 | 2  | 1   | 10 | 18 | 15 | 13  | 6    | 15 | 3 | 11 | 9   | 270 |

Важливою характеристикою опадів є добова їх кількість. Іноді за добу

випадає до 150% місячної норми опадів. У зимові, весняні і осінні місяці добовий максимум досягає 14-52 мм, а в літні може перевищувати 100 мм. 4 серпня 2006 р. в Луцьку випало 114 мм, а 24 серпня 1999 р. добова кількість опадів становила в Ковелі 122 мм, що є максимумом для Волині за спостережуваний період (табл. 2.12).

Таблиця 2.12. Добовий максимум опадів за місяцями, мм

| Метеостанція | I  | II | III | IV | V  | VI  | VII | VIII | IX | X  | XI | XII |
|--------------|----|----|-----|----|----|-----|-----|------|----|----|----|-----|
| Луцьк        | 16 | 29 | 16  | 31 | 38 | 44  | 73  | 114  | 52 | 42 | 27 | 21  |
| Ковель       | 14 | 16 | 38  | 35 | 42 | 122 | 81  | 48   | 48 | 32 | 41 | 22  |
| Світязь      | 18 | 16 | 27  | 28 | 35 | 43  | 98  | 57   | 40 | 32 | 25 | 19  |

*Сніговий покрив.* Сніговий покрив суттєво впливає на роботу багатьох галузей господарства, але найбільше збитків наносять снігопади автомобільному і залізничному транспорту. Основними характеристиками снігового покриву є тривалість його залягання (загальна і стійкого періоду), висота, щільність та запаси води.

На Волині сніговий покрив настає значно пізніше його появи (середня дата - 24 грудня) і зникає 24 лютого. Середня ж дата остаточного сходження снігового покриву - 26 березня. Найбільш ранньою датою повного сходження снігового покриву є 9 лютого 1974р., а найпізнішого-18 квітня 2001 р. Тривалість залягання стійкого снігового покриву становить 63 дні зі значними відхиленнями в окремі роки (31 день - зима ,112 днів - зима).

Число днів із сніговим покривом в цілому становить 67-85 днів (рис. 6). Проте, їх кількість змінюється з року в рік і різко відмінна від середньорічних показників.

Найтривалішим він був для Маневич - 116 днів (зима 1996р.), Луцька - 114 днів (зими 1963/64 і 2002 рр.), Любешова - 111 днів (зима 1954/55 рр.). Для всіх інших метеостанцій найтриваліший період із сніговим покривом не перевищував 100 днів. Мінімальна тривалість снігового покриву коливається від 37 до 40 днів.



Висота снігового покриву протягом зими коливається від 5 до 10 см, іноді досягаючи 20 см (максимум - 34 см). Відмінності в межах області незначні і становлять 3-4 см (максимум - 10-12 см).

Щільність снігу коливається в досить широких межах і визначається тривалістю його залягання, частотою відлиг та іншими факторами. Для свіжовипалого снігу найнижча щільність - 0,2-0,3 г/куб. см, максимальна протягом зими - 0,55-0,60 г/куб. см. Від щільності і висоти снігового покриву в прямій залежності знаходяться запаси води. У середньому за зимові місяці вони становлять 26-45 мм, найменші запаси - 6-13 мм, а найбільші 63-101 мм.

*Вологість повітря.* Річний хід відносної вологості повітря в межах області має незначні відмінності між окремими метеостанціями. Вони зумовлені розташуванням метеостанції Світязь в 100 м від озера Світязь, що призводить до дещо підвищеної вологості повітря в літні місяці, порівняно з даними інших метеостанцій області. Максимум відносної вологості повітря (90%) в області спостерігається в грудні, коли 42% його днів навіть о 13-й годині мають відносну вологість 90% і більше. У січні, лютому та листопаді відносна вологість висока (84-88%). Від лютого до березня вона знижується на 4%, а найбільше (на 7%) від березня до квітня (табл. 2.13).

Таблиця 2.13. Відносна середня місячна вологість повітря, %

| Метеостанція         | Місяці |    |     |    |    |    |     |      |    |    |    |     | Рік |
|----------------------|--------|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
|                      | I      | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII |     |
| Луцьк                | 85     | 84 | 80  | 73 | 70 | 71 | 72  | 75   | 78 | 81 | 86 | 87  | 79  |
| Ковель               | 85     | 85 | 80  | 72 | 68 | 70 | 72  | 76   | 78 | 82 | 88 | 88  | 79  |
| Світязь              | 82     | 82 | 76  | 72 | 71 | 72 | 74  | 75   | 78 | 81 | 84 | 86  | 77  |
| Володимир-Волинський | 91     | 88 | 83  | 76 | 73 | 74 | 77  | 80   | 81 | 83 | 87 | 90  | 82  |
| Любешів              | 85     | 84 | 78  | 72 | 70 | 72 | 75  | 76   | 80 | 83 | 87 | 89  | 79  |

У літній період відносна вологість повітря залишається дещо вищою, ніж у травні (70-75%). На кінець осені вона підвищується до 88%. В окремі роки відносна вологість у всі сезони значно перевищує багаторічні середні показники (в січні-лютому - 90% березні до 63% (1974 р.). у квітні, травні -

до 61% (1947 і 1974 рр.). Влітку відносна вологість знижується до 60% (червень 1964 р.).

Добовий хід відносної вологості повітря, як і річний, протилежний ходу температури. Взимку він виражений слабо і амплітуда становить 5% у грудні та 11% у лютому. Весною добові коливання відносної вологості повітря більш значні. Максимальне значення відносної вологості припадає на 6 годину (86%), а у травні до 97%. Мінімум спостерігається о 15-18 годині (березень - 66%, травень - 54%). В окремі дні вологість може бути значно нижчою. Так, 9 травня 1997 р., 17 травня 1984 р. і 14 травня 1963 р. відносна вологість повітря в Луцьку знижувалась до 19%.

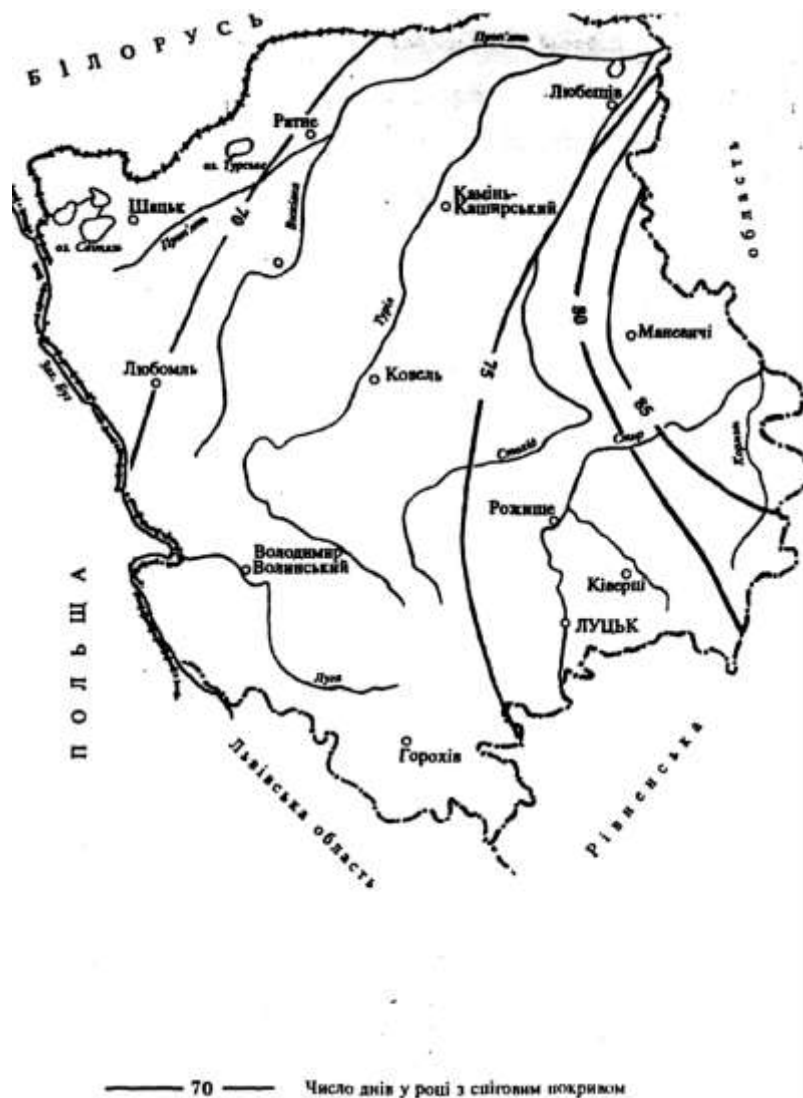


Рисунок 2.6. Число днів а сніговим покривом

Важливою характеристикою вологості повітря є число днів з високою (80% і більше) і низькою (30% і менше) відносною вологістю. У середньому за рік відмічається 112 вологих днів, 93 дні припадає на холодне півріччя (жовтень-березень). Максимальне число днів з вологістю 80% і більше відзначено в 1952 р. (123 дні).

Дні з відносною вологістю 30% і менше вважаються сухими: їх число в усі сезони незначне (табл. 2.14). Взимку вони зустрічаються рідко: 1 раз (грудень, лютий) за весь період спостережень, а в січні таких днів взагалі не було ніколи. Всього за рік у середньому нараховується 8 сухих днів, максимальна кількість - 27 (1963 р.). У травні 1966 року зареєстровано 13 днів.

Таблиця 2.14. Число днів з відносною вологістю повітря 80% і більше та 30% і менше о 13 годині на деяких метеостанціях

| Місяць | Луцьк        |             | Ковель       |             | Світязь      |             |
|--------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|        | 80% і більше | 30% і менше | 80% і більше | 30% і менше | 80% і більше | 30% і менше |
| I      | 19,4         | —           | —            | —           | 17,7         | —           |
| II     | 15,2         | 0,03        | —            | —           | 12,6         | —           |
| III    | 9,8          | 0,2         | —            | —           | 7,3          | 0,4         |
| IV     | 3,4          | 1,5         | 3,0          | 2,0         | 4,8          | 1,6         |
| V      | 2,8          | 2,6         | 2,2          | 3,0         | 3,8          | 1,5         |
| VI     | 2,7          | 1,1         | 3,0          | 1,1         | 3,8          | 1,5         |
| VII    | 3,2          | 0,6         | 3,2          | 0,9         | 3,9          | 0,4         |
| VIII   | 3,5          | 0,4         | 3,9          | 0,4         | 4,1          | 0,2         |
| IX     | 3,3          | 0,5         | 3,0          | 0,1         | 3,9          | 0,3         |
| X      | 7,8          | 0,5         | 7,0          | 0,5         | 7,5          | 0,4         |
| XI     | 19,1         | 0,1         | —            | —           | 17,0         | 0,1         |
| XII    | 21,3         | 0,03        | —            | —           | 19,2         | 0,1         |
| За рік | 111,5        | 7,6         | 25,3         | 8,0         | 105,6        | 6,5         |

*Тумани.* На території Волині тумани спостерігаються протягом всього року. Найбільш характерні вони для холодного періоду року (жовтень - березень). Максимальне число днів з туманом в області спостерігається в жовтні-грудні (4-7 днів на місяць) (табл. 2.15. Просторові відмінності

незначні і складають 0-4 дні, з середньомісячним максимумом - 4 дні в грудні. У теплий період року (квітень-серпень) у середньому спостерігається лише 1-2 дні з туманом (середньомісячний максимум - 2 дні). Всього утворюються у вологому повітрі в процесі інтенсивного нагрівання земної поверхні. На території області середнє число днів з грозою складає 28-32 дні в рік (табл. 2.16.)

Таблиця 2.15. Середнє число днів з туманом

| Метеостанція         | Місяці |    |     |    |   |    |     |      |    |   |    |     | Рік |
|----------------------|--------|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|-----|
|                      | I      | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |     |
| Луцьк                | 5      | 5  | 4   | 2  | 1 | 2  | 2   | 2    | 3  | 5 | 5  | 7   | 42  |
| Ковель               | 4      | 3  | 3   | 2  | 1 | 1  | 1   | 2    | 3  | 6 | 6  | Ь   | 37  |
| Світязь              | 2      | 3  | 1   | 2  | 1 | 1  | 1   | 1    | 1  | 3 | 4  | 3   | 22  |
| Любачів              | 5      | 5  | 3   | 1  | 1 | 1  | 1   | 2    | 4  | 7 | 6  | 7   | 43  |
| Маневичі             | 4      | 4  | 3   | 2  | 1 | 1  | 1   | 1    | 4  | 6 | 6  | 6   | 39  |
| Володимир-Волинський | 4      | 4  | 3   | 2  | 1 | 2  | 2   | 2    | 3  | 6 | 6  | 1   | 41  |

Спостерігається більше число днів з грозами (30-32), а в лісостеповій зоні 30 днів. На Волині грози спостерігаються з квітня по жовтень, проте в жовтні вони відмічаються досить рідко (1 -3 рази в десять років). Найбільше число днів з грозами 26 днів за рік з максимумом на метеостанції Маневичі (48 днів). Середня тривалість грози в день складає 1.9-2,9 годин. За рік середня тривалість гроз сягає 56 - годин.

*Град.* В області найбільша повторюваність випадання граду пов'язана з проходженням холодних фронтів повітря та з внутрішньо-масовими процесами, найбільш часте випадання граду спостерігається на метеостанціях Маневичі. Середньорічне число днів з градом на Волині складає 1,3-2,4 дні з мінімумом в районі Ковеля. Град на Волині - явище рідке і короткочасне проте Інколи наносить значні збитки сільському господарству області. Спостерігається теплий період року і найчастіше випадає в травні - червні (2-3 дні в місяць). Найбільше число днів з градом у

рік на Волині - 4-6 днів.

*Ожеледь.* Ожеледь в області спостерігається в холодну пору року, найчастіше з жовтня по березень, іноді в квітні. У грудні та січні ожеледь відмічається в середньому - 4 дні в місяць (метеостанції Маневичі, Володимир-Волинський, Ковель). Середнє число днів з ожеледдю складає 6,4-12,3. На півночі та північному сході Волинського Полісся спостерігається найменша кількість днів з ожеледдю (на метеостанції Світязь - 6 днів - 8 днів). Найбільше число днів з ожеледдю відмічено на метеостанції маневичі (10 днів)

За багаторічними спостереженнями в області в середньому за рік спостерігається 7.5-16.5 днів з памороззю, а найбільше число днів з памороззю відмічено в Любешові – 16,4, Володимирі-Волинському - 10,9 і в Ковелі -13,5 днів. середня тривалість зледеніння на проводах при зернистій паморозі становить 117 годин (Луцьк), а найбільше відмічено з 6 по 9 січня 1964 р. - 82 години. Максимальне число днів з памороззю припадає на січень, а в Любешові навіть у березні зареєстровано 2 дні з памороззю, що є досить рідкісним явищем.

Найсильніші хуртовини на території області часто зумовлюються поморським і Середземноморським циклонами, які супроводжуються посиленням вітру, у Луцьку і Маневичах хуртовини спостерігаються з жовтня по квітень а на інших, а в квітні дане явище досить рідке і відмічається від 1 до 6 разів на 10 років. Найменше хуртовин за рік відмічено на метеостанціях Світязь (8) і Любешів (9). а найбільше у Володимирі-Волинському *m* (22 дні) (табл. 2.17).

Загалом на території області максимальне число днів з хуртовинами становить 30-46 у рік. Середня тривалість хуртовин складає 44-101 годин у рік з мінімумом на метеостанції Світязь (5,5 годин). При аналізі вітрового режиму під час хуртовин виявлено, що переважаючими є східні (20%) і західні (17%) вітри. Дуже рідко хуртовини відмічаються при південних (5%) та північних (8%) напрямках вітру.

Таблиця 2.17. Середнє число днів з хуртовинами за місяцями

| Метеостанція         | X    | XI   | XII | I | II | III | IV   | Рік |
|----------------------|------|------|-----|---|----|-----|------|-----|
| Луцьк                | —    | 0,08 | 0,7 | 3 | 3  | 6   | 3    | 16  |
| Ковель               | —    | 0,3  | 2   | 3 | 3  | 2   | 0,1  | 10  |
| Світязь              | —    | 0,2  | 1   | 2 | 3  | 2   | 0,05 | 8   |
| Любешів              | —    | 0,2  | 1   | 3 | 3  | 2   | 0,1  | 9   |
| Маневичі             | 0,05 | 0,06 | 2   | 3 | 5  | 2   | 0,2  | 13  |
| Володимир-Волинський | —    | 1    | 4   | 5 | 6  | 5   | 0,5  | 22  |

*Пилові бурі.* Для Волинської області характерна дуже рідка повторюваність пилових бур з малою їх інтенсивністю та тривалістю. У середньому за рік відмічається 0,3-2 дні з пиловою бурею (табл. 2.18). Дуже рідко пилові бурі бувають у березні і листопаді, проте іноді можуть спостерігатися навіть взимку. За тривалістю вони є короткочасними і поширені на обмежених ділянках території, тому одночасно не відмічаються на метеостанціях Волині.

Таблиця 2.18. Середнє число днів з пиловими бурями за місяцями

| Метеостанція         | III | IV   | V    | VI   | VII   | VIII | IX   | X    | XI   | Рік |
|----------------------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|
| Луцьк                | -   | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2   | 0,1  | 0,2  | 0,09 | 0,04 | 1.1 |
| Ковель               | -   | 0,09 | 0,05 | -    | - 0,1 | -    | 0,1  | 0,1  | -    | 0,3 |
| Любешів              | 0,5 | 0,1  | -    | 0,05 | -     | 0,2  | 0,2  | 0,09 | -    | 0,8 |
| Володимир-Волинський | -   | 0,09 | 0,09 | 0,1  | -     | -    | 0,05 | -    | -    | 0,3 |

*Пори року.* Перехід від одного сезону до іншого, як правило, відбувається поступово і пов'язаний із змінами умов кліматоутворюючих факторів і залежить від характеру активної поверхні, що й визначає їх нестійкість в часі та просторі. Початок кожного сезону визначається характером погодних умов попереднього. За початок та кінець сезонів умовно прийняті дати стійкого переходу середньої добової температури через певні межі.

*Весна.* Весняний період починається з переходом середньодобової температури повітря через 0°C до вищих значень. На території області весна

починається в другій половині березня (13-16 березня за даними метеостанцій Волині) і триває близько 70 днів (69-71 день) (табл. 2.19).

Таблиця 2.19. Тривалість сезонів року, дні

| Метеостанція         | Весна | Літо | Осінь | Зима |
|----------------------|-------|------|-------|------|
| Луцьк                | 71    | 103  | 86    | 105  |
| Ковель               | 69    | 104  | 87    | 105  |
| Світязь              | 69    | 106  | 84    | 106  |
| Любешів              | 69    | 101  | 86    | 109  |
| Маневичі             | 68    | 103  | 84    | 110  |
| Володимир-Волинський | 73    | 101  | 88    | 103  |

Зі стійкою середньодобовою температурою повітря від 0°C до +5°C та загальними рисами зимового періоду, «між відбуваються різкі переходи від похолодання до потепління та навпаки, можливі хуртовини, тепло витрачається на танення снігового покриву, на випаровування. Його тривалість - до 10 днів. Другий період характеризується переходом середньодобової температури повітря через +5°C та +10°C. коли розпочинається вегетація, ріст рослинності, проте з вторгненням арктичного повітря можуть бути значні похолодання, які призводять до заморозків. Перехід середньодобової температура повітря через +5°C відмічається на початку квітня (6-8 квітня). Тривалість другого періоду весни становить близько 20 днів. Період з температурою повітря вище +10°C триває до 30 днів. З переходом температури повітря через +15°C весна закінчується. Це найкоротший сезон року. .

*Літо.* Починається літо в третій декаді травня (22-25.V) і триває більше 100 днів (101 - 106 днів) до першої декади вересня (2-7.IX). Літо, як свідчать спостереження, нежарке, з достатнім, іноді надмірним зволоженням. Початок літа на Волині характеризується нестабільністю погодних умов, інколи спостерігаються похолодання, пов'язані з вторгненням арктичних повітряних мас. При надходженні повітряних глас з Атлантики відмічається значне посилення грозової активності, збільшення кількості опадів. У другій

половині літа на території області переважає антициклональний тип погоди. Середня температура липня  $+17- +18^{\circ}$  С. Влітку опади часто випадають у вигляді злив. Найтриваліше літо відмічено на метеостанції Світязь (106 днів), а найкоротшою Любешові і Володимирі-Волинському (101 день).

*Осінь.* Початком осені вважається період переходу середньої добової температури через  $+15^{\circ}$ С в бік її зниження. Осінь характеризується перебудовою літнього типу атмосферної циркуляції на зимовий. Посилюється циклональна активність. У вересні спостерігається суха, тепла погода, а з середини вересня починається зниження температури повітря з вторгненням арктичних повітряних мас. Спостерігається поступове зниження температури повітря до  $+10^{\circ}$ С, потім до  $+5^{\circ}$ С і до  $0^{\circ}$ С. На Волині початок осені характеризується зменшенням кількості опадів. Період з температурою повітря від  $+15^{\circ}$ С до  $+10^{\circ}$ С є продовженням літа, триває до одного місяця. В кінці жовтня (28-30.X) проходить перехід добової температури повітря через  $+5^{\circ}$  С і тоді припиняється вегетація. Осінь триває 84-88 днів і закінчується переходом середньодобової температури повітря через  $0^{\circ}$  С до зниження (27.XI - 1.XII).

*Зима.* Найбільш рання зима відмічається на метеостанціях Любешів і Маневичі (27.XII) і триває 3,5 місяці. На Волині вона досить м'яка з частими відлигами, похмурою погодою та незначною кількістю опадів. Найхолоднішим періодом є період з середньою добовою температурою повітря  $-5^{\circ}$ С та нижче (з початку січня до початку лютого). На Волині у середньому за зиму спостерігається 45-48 днів з відлигами. Зима є найбільш тривалим сезоном, від 103 до 110 днів. Для зимового сезону характерне утворення стійкого снігового покриву (з третьої декади грудня до початку березня). Найбільш високий сніговий покрив буває в лютому (середня декадна висота - 12-14 см). Проте, випадання снігу чергується з випаданням дощу, тому сніговий покрив часто змінюється, зникає, знову появляється.

Кліматичні умови області в цілому сприятливі для розвитку сільського господарства і не створюють додаткових труднощів для промислового,



транспортного і цивільного будівництва. Значна кількість опадів і значні запаси води у ґрунті достатні для розведення багатьох сільськогосподарських культур, що можуть вирощуватись у помірному поясі. Проте, перезволоження ґрунтів у поліській частині області потребує проведення меліоративних заходів. Сніговий покрив на більшості території Волині формує сприятливі умови для перезимівлі озимих культур, багаторічних трав, плодових дерев. В області спостерігається тривалий період інтенсивної вегетації і теплові ресурси достатні для вирощування багатьох культур.

## 2.2. Аналіз доцільності застосування СЕС у Волинській області

Село міського типу Голоби розташоване у Ковельському районі Волинської області. Географічні координати  $-51^{\circ}05'00''$  північної широти і  $25^{\circ}01'00''$  східної довготи. Висота над рівнем моря – 185 метрів.

Середньорічна температура повітря складає  $8-10^{\circ}\text{C}$ . Середня температура липня коливається у межах  $20-23^{\circ}\text{C}$ , січня – від мінус 2 до мінус  $5^{\circ}\text{C}$ .

Кількість сумарної радіації на території району коливається у межах  $4400-4800 \text{ МДж/м}^2$ , на півдні збільшується до  $5000 \text{ МДж/м}^2$  у рік. Величина радіаційного балансу підстилаючої поверхні змінюється від 1880 до  $2100 \text{ МДж/м}^2$ , а на півдні до  $2300 \text{ МДж/м}^2$ .

Оскільки величина сумарної сонячної радіації зі збільшенням висоти місцевості до 200 метрів практично не змінюється, то цей фактор при дослідженні враховуватись не буде.

Основними показниками, які необхідно врахувати для розрахунку ефективності роботи сонячних батарей є кількість годин сонячного сяйва, яка залежить від пори року та географічного розташування об'єкта, середньомісячне добове надходження сонячної радіації на горизонтальну поверхню, середньомісячна хмарність та температура.

Отже, якісна залежність роботи сонячних батарей від факторів матиме

такий вигляд:

$$P = f(I, X, T) \quad (2.1)$$

де,  $P$  – кількість виробленої електроенергії сонячними батареями,  $I$  – інсоляція або середнє значення сумарної сонячної радіації на горизонтальну поверхню за певний період часу,  $X$  – хмарність,  $T$  – температура.

Оптимальна температура, для роботи сонячних батарей, коливається в діапазоні 25-30°C і з подальшим її підвищенням їх продуктивність буде зменшуватись. Мінімальною робочою температурою є відмітка у -40°C, яка у Ковельському районі ще ніколи не спостерігалась. Тому, взявши до уваги середню температуру липня, найспекотнішого місяця року, можна вважати цей фактор допустимим і таким, що незначно зменшує ефективність роботи сонячних батарей. Але ймовірність відхилення показника від норми все ж залишається і допускається до позначки у +85°C.

Посилаючись на джерело [11], використаємо табличні дані для аналізу тривалості сонячного сьйва у Ковельському районі.

На основі даних, наведених вище, побудуємо графічні залежності зміни тривалості сонячного сьйва від місяця року, середньомісячне добове надходження сонячної радіації на горизонтальну поверхню, МДж/м<sup>2</sup>, середньомісячне добове надходження сонячної радіації на горизонтальну поверхню, кВт·год/м<sup>2</sup>.

Таблиця 2.20. Середня тривалість сонячного випромінювання, годин.

| Місяць | I  | II | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI | XII |
|--------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|-----|
|        | 55 | 67 | 131 | 176 | 232 | 268 | 261 | 243  | 185 | 118 | 45 | 37  |

Вводимо дані у програму і отримуємо графічну залежність зміни тривалості сонячного сьйва від місяця року [Рисунку 2.1].

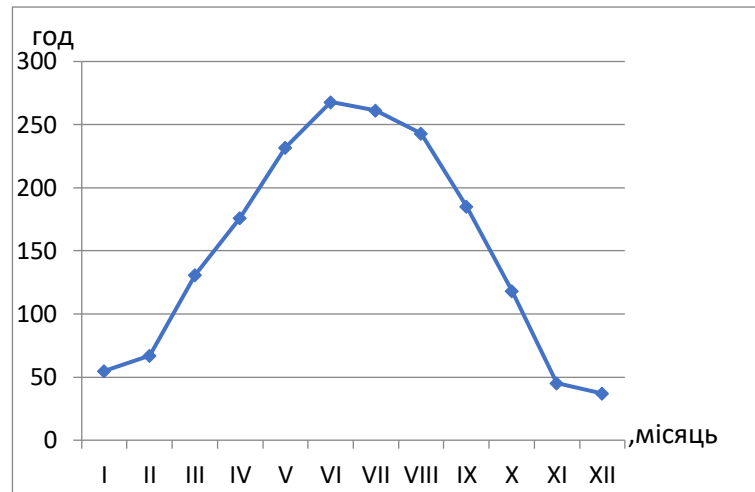


Рисунок 2.1. Середня тривалість сонячного випромінювання у с.м.т. Голоби, годин.

У джерелі [5] використовуємо табличні дані про кількість сонячної радіації, яка надходить до поверхні землі в залежності від географічної широти розташування точки вимірювання.

Вимірювання проведені у двох розмірностях:  $\text{МДж/м}^2$  і  $\text{кВт}\cdot\text{год/м}^2$ .

Таблиця 2.21. Сумарне надходження сонячної радіації на горизонтальну поверхню,  $\text{МДж/м}^2$ .

| Широта,<br>φ, град. | Місяць |     |     |     |     |     |     |      |     |     |    |     |
|---------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|-----|
|                     | I      | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI | XII |
|                     | 92     | 155 | 326 | 397 | 552 | 611 | 573 | 477  | 351 | 200 | 79 | 63  |
| Середнє<br>за рік   | 323    |     |     |     |     |     |     |      |     |     |    |     |

Графічне зображення табличних даних має такий вигляд [Рис 2.2.].

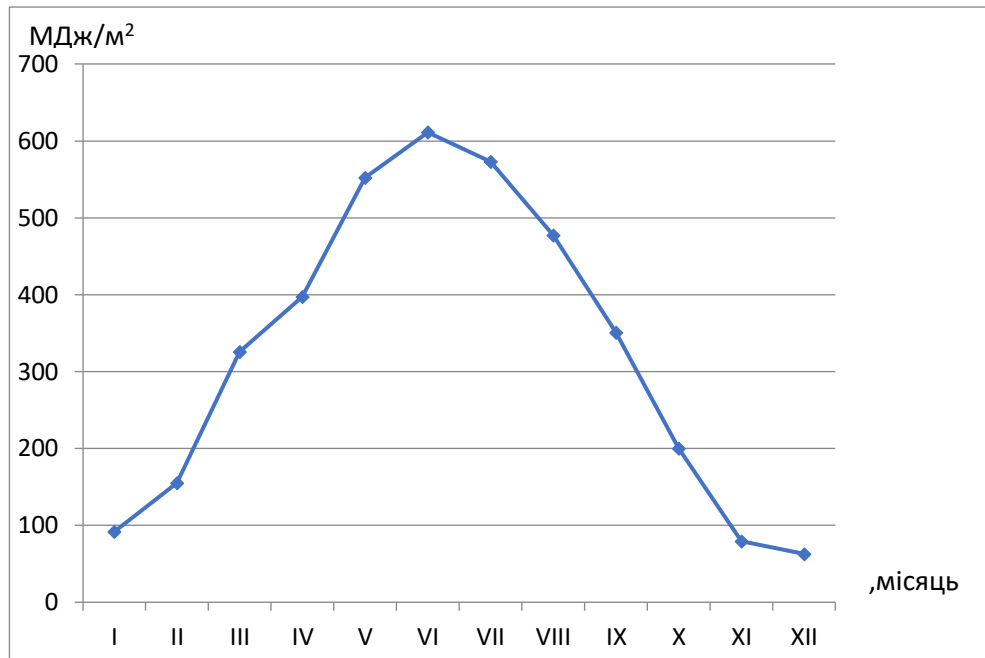


Рисунок 2.2. Сумарне добове надходження сонячної радіації на горизонтальну поверхню.

Таблиця 2.22. Сумарне надходження сонячної радіації на горизонтальну поверхню, кВт·год/м<sup>2</sup>.

| Широта,<br>φ, град. | Місяць |    |     |     |     |     |     |      |    |    |    |     |
|---------------------|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|----|----|-----|
|                     | I      | II | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX | X  | XI | XII |
|                     | 25     | 43 | 90  | 110 | 153 | 169 | 159 | 132  | 97 | 55 | 21 | 17  |
| Середнє<br>за рік   | 89.25  |    |     |     |     |     |     |      |    |    |    |     |

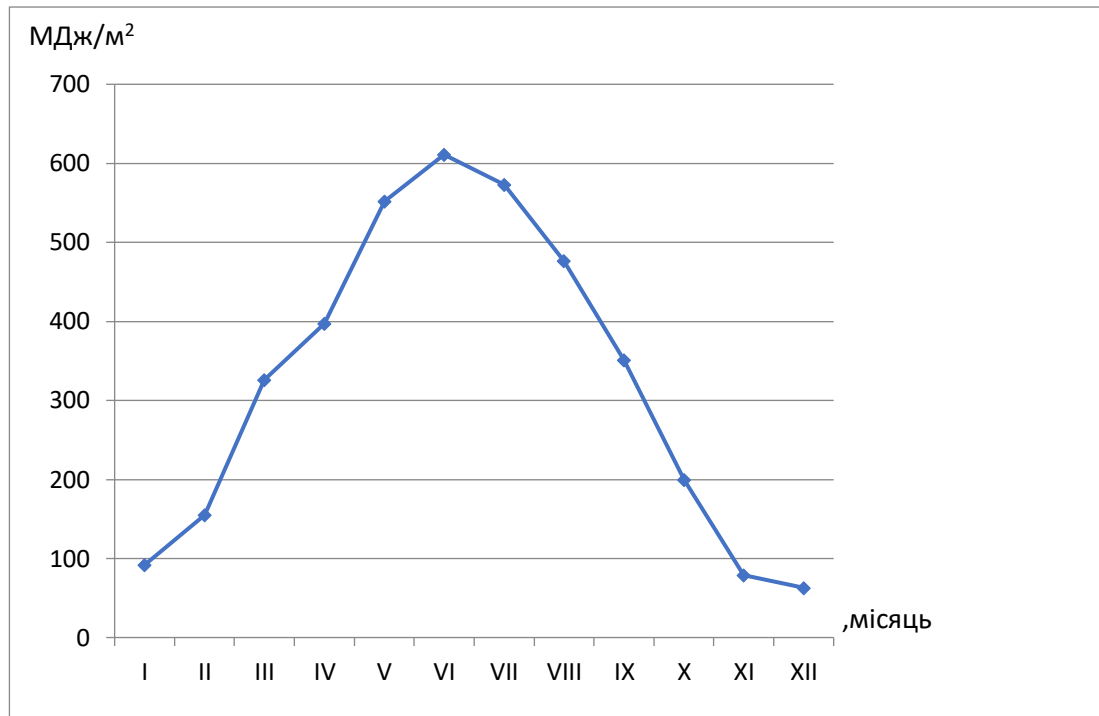


Рисунок 2.3. Сумарне надходження сонячної радіації на горизонтальну поверхню.

Основними факторами, які слід враховувати для розрахунку потенційної потужності встановлених сонячних батарей, є кількість сонячної радіації, яка надходить на поверхню землі, температуру, хмарність, від якої залежить кількість годин сонячного сяйва, та технічні характеристики устаткування.

### 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Сьогодні в Голобах відкриваються дуже гарні умови для встановлення сонячних батарей власниками приватних домогосподарств. Цьому сприяє багато факторів:

- Ціни на енергоносії, які щороку зростають.
- Ціни на сонячні батареї та їх комплектуючі, які щороку спадають.
- Світловий рік, що дає достатню кількість сонячних променів.
- Зелений тариф, який дозволяє надлишок виробленої електроенергії

продавати в 3,5 рази більше за ціну її споживання населенням смт. Голоби до 2030 року згідно Закону України «Про електроенергетику».

- Позитивний досвід або бізнес, що без страху дозволяє інвестувати гроші у майбутнє без ризиків.

Почнемо з цифр, на прикладі типового невеликого домогосподарства Голобів з сонячною електростанцією на 10 кВт. Візьмемо полікристалічні моделі, потужністю 270 Вт, що коштують 135 доларів. Для 10 кВт потрібно 38 сонячних батарей або 5130 доларів чи 63 квадратних метри для їх розміщення. Додатково потрібно буде придбати інвертор для перероблення постійного струму в змінний. Він дозволить вироблену електроенергію під'єднати до мережі домогосподарства. Для електростанції в 10 кВт він коштуватиме близько 1500 доларів. Також необхідно буде купити двонаправлений електролічильник вартістю 370 доларів, що дозволить рахувати електроенергію як на вхід, так і на вихід з домогосподарства. Всі сонячні панелі потрібно укріплювати, під'єднувати та налаштовувати. Вартість комплектуючих матеріалів з роботою коштуватиме близько 3000 доларів. В цю вартість входить послуги працівників РЕМ для встановлення двонаправленого електролічильника (500-600 грн.) Всього отримаємо 10000 доларів США, для зручності розрахунку ціни в гривнях визначаються на підставі діючого курсу долару.

Згідно постанови національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) від 29.12.2017 року № 1609 вартість електроенергії, проданої за зеленим тарифом, складає 4,81 грн станом на січень 2017 – грудень 2019 року. Продавати електроенергію можна лише ту, що залишилась невикористаною домогосподарством. Така міні сонячна станція виробить в рік близько 11,5 тис. кВт годин електроенергії, а споживання домогосподарства складе в середньому 4,5 тис. кВт годин. Тобто продати можна буде 7 тис. кВт годин на суму 41 тис. грн. Оподаткування зазначених доходів складе 19,5 % - це 18% податок на доходи фізичних осіб та 1,5% військовий збір. Маємо 41000 грн – 8000 грн. = 33000 грн.

Додатково маємо економію витрат для власного споживання 4,5 тис. кВт годин за ціною 1,68 грн в сумі 7500 грн. Загальна вигода становить 40500 грн або 1620 доларів по курсу 25 грн за долар. При загальній вартості установки 10000 доларів окупність сонячних панелей складе 7 років. Всі цифри заокруглені для легшого сприйняття інформації. Наведені дані відповідають дійсності. При більшій зацікавленості є можливість вивчити тему виробництва електроенергії з сонячних батарей в мережі інтернет. Нехай цей матеріал стане поштовхом для жителів с.м.т. Голоби до більш раціонального використання природних ресурсів.

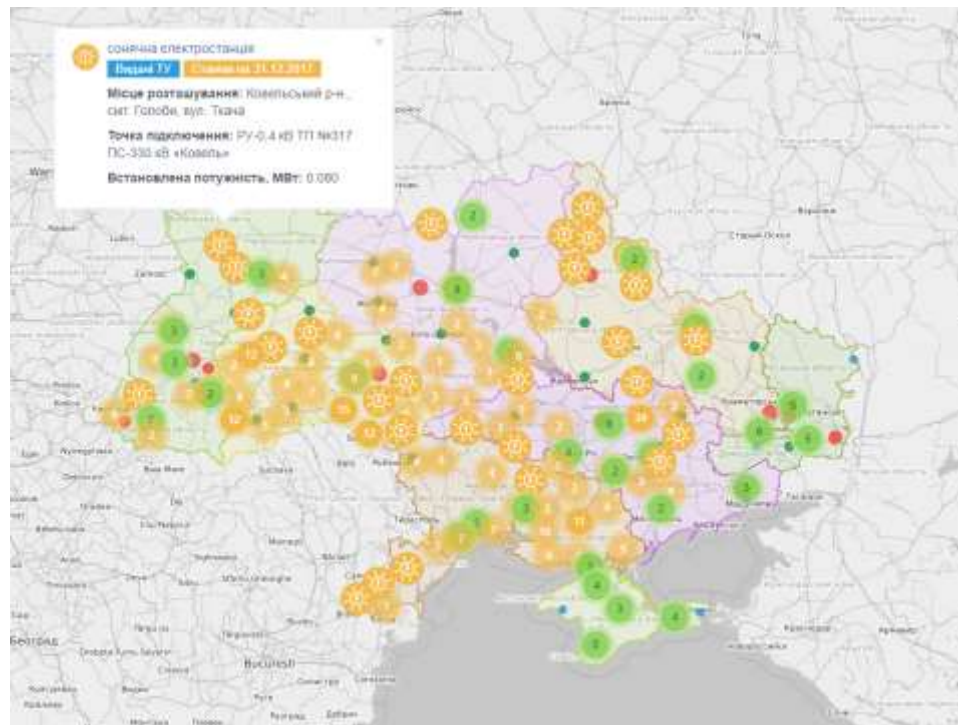


Рисунок 3.1. Місце розташування сонячної електростанції у смт. Голоби Ковельського району Волинської області.



## 4 АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ БУДІВНИЦТВА ФЕС В СМТ. ГОЛОБИ

4.1. Побудова графіку динаміки виробництва електроенергії сонячними панелями різних типів.

Для прикладу розглянемо фотовольтаїчну електростанцію, в якій використані полікристалічні фотоелементи з коефіцієнтом корисної дії  $\eta = 14\%$ .

Для забезпечення електроенергією системи обрано сонячні панелі номінальною потужністю 250 Вт, загальна їх кількість 320 шт.

За формулою знаходимо кількість енергії, яка буде вироблена сонячними панелями протягом усього року по місяцям ( $W$ ).

У формулі також необхідно врахувати кількість сонячних батарей.

$$W = \eta \cdot E \cdot n \quad (4.1)$$

де,  $\eta = 0,14$ ,  $E$  – значення сонячної інсоляції, Вт·год,  $n = 320$ .

Використовуючи дані про розміри фотоелектричних панелей, знаходимо їх експлуатаційну площу: довжина – 1665 мм (1,665 м), ширина – 997 мм (0,997 м). Звідси:

$$S_{\text{сб}} = 1,665 \cdot 0,997 = 1,66 \text{ м}^2$$

Щоб забезпечити безперебійну роботу системи, усі розрахунки будуть проводитись спираючись на мінімальне значення сонячної радіації.

Посилаючись на джерело [5], робимо висновок, що на цю площу найменша кількість сонячної радіації протягом року буде надходити у грудні місяці. Вона складає 17 кВт·год/м<sup>2</sup>. На займану 1 батареєю площу буде надходити:

$$E = 1,66 \cdot 17 = 28,22 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Отримавши робочу площу однієї сонячної батареї, необхідно визначити кількість електроенергії, яку вона зможе виробити, якщо буде отримувати мінімальну кількість сонячної енергії.

Для цього використаємо формулу 4.1. Підставляємо відповідні значення і отримуємо наступний результат:

$$W = 0,14 \cdot 28220 \cdot 320 = 4938,5 \text{ Вт} \cdot \text{год.}$$

Тобто, можна стверджувати, що запропонована формула є достовірною для використання.

Базова потужність, яка необхідна для роботи системи складає 80000 Вт.

У грудні місяці середня тривалість сонячного випромінювання складає 55 годин, тобто приблизно дві години кожного дня. Одна сонячна панель виробляє 250 Вт електроенергії.

Оперуючи деякими показниками, можна сказати, що для забезпечення роботи необхідно встановити 6 сонячних панелей:

$$80000 / 250 = 320 \text{ панелей.}$$

Для розміщення 320 сонячних панелей необхідно відвести певну площу. Одна сонячна панель займає площу 1,66 м<sup>2</sup>. При цьому треба врахувати площу для обслуговування. Використовуючи значення довжини 320 панелей і простір для обслуговування системи (по 0,5 метра в обидві сторони перпендикулярно до площ панелей, тобто на північ і південь), знайдемо загальну площу, необхідну для експлуатації однієї такої системи.

$$(1,665 \cdot 320) \cdot 1,997 = 1064,0016 \text{ м}^2$$

Останньою складовою сонячної системи є інвертор. Цей елемент перетворює постійний струм у змінний, необхідний для роботи електричного об'єкта. Потужність інвертора, необхідного для конкретного автономного об'єкта, визначається як загальна потужність споживання усіх електроприладів, які у ньому знаходяться.

Для досліджуваної системи підійде 3 інвертори потужністю, два з яких - 25000 Вт і 1 - 30000 Вт. Але, щоб мати змогу використовувати їх увесь рік, краще обрати інвертори з можливістю змінювати значення вихідної потужності змінного струму. Це дозволить, наприклад улітку, використовувати електроенергію від сонячних батарей для живлення інших складових електромережі приватного підприємства.

У підсумку, для забезпечення нормальної роботи електричної системи від сонячних панелей при мінімальному значенні сонячної інсоляції, система

має складатися з 320 сонячних панелей потужністю 250 Вт та інверторів потужністю 25000 Вт та 30000 Вт або зі змінною потужністю.

Наявні фактичні дані вводимо у програму Microsoft Excel. Задаємо програмі формулу, за якою необхідно проводити розрахунок. Обробляємо з її допомогою кожен рядок. Отримані результати заносимо у третю колонку ( $W_1$ ).

Знаючи середню кількість годин сонячного сяйва по місяцям року у смт. Голоби (4 стовпчик), визначаємо кількість електроенергії, яку можуть виробити сонячні панелі за кожен місяць відповідно до кількості годин інсоляції.

Отримані дані вносимо у останній стовпчик таблиці 4.1. Використовуючи їх, будуємо графік динаміки виробництва електроенергії сонячними панелями протягом року по місяцям.

Таблиця 4.1. Кількість електроенергії, що потенційно можуть виробити сонячні полікристалічні панелі

| Місяць   | E,<br>кВт·год | $W_1$ ,<br>кВт·год | Кіль-сть<br>год. Сон.<br>Сяйва | W<br>остаточне,<br>кВт·год |
|----------|---------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Січень   | 25            | 5,81               | 55                             | 1859,2                     |
| Лютий    | 43            | 9,99               | 67                             | 3196,8                     |
| Березень | 90            | 20,91              | 131                            | 6691,2                     |
| Квітень  | 110           | 25,56              | 176                            | 8179,2                     |
| Травень  | 153           | 35,56              | 232                            | 11379,2                    |
| Червень  | 169           | 39,28              | 268                            | 12569,6                    |
| Липень   | 159           | 36,95              | 261                            | 11824                      |
| Серпень  | 132           | 30,68              | 243                            | 9817,6                     |
| Вересень | 97            | 22,54              | 185                            | 7212,8                     |
| Жовтень  | 55            | 12,78              | 118                            | 4089,6                     |
| Листопад | 21            | 4,88               | 45                             | 1561,6                     |
| Грудень  | 17            | 3,95               | 37                             | 1264                       |

У сумі за один рік система із 320 сонячних панелей може виробити 79644,8 кВт·год електроенергії.

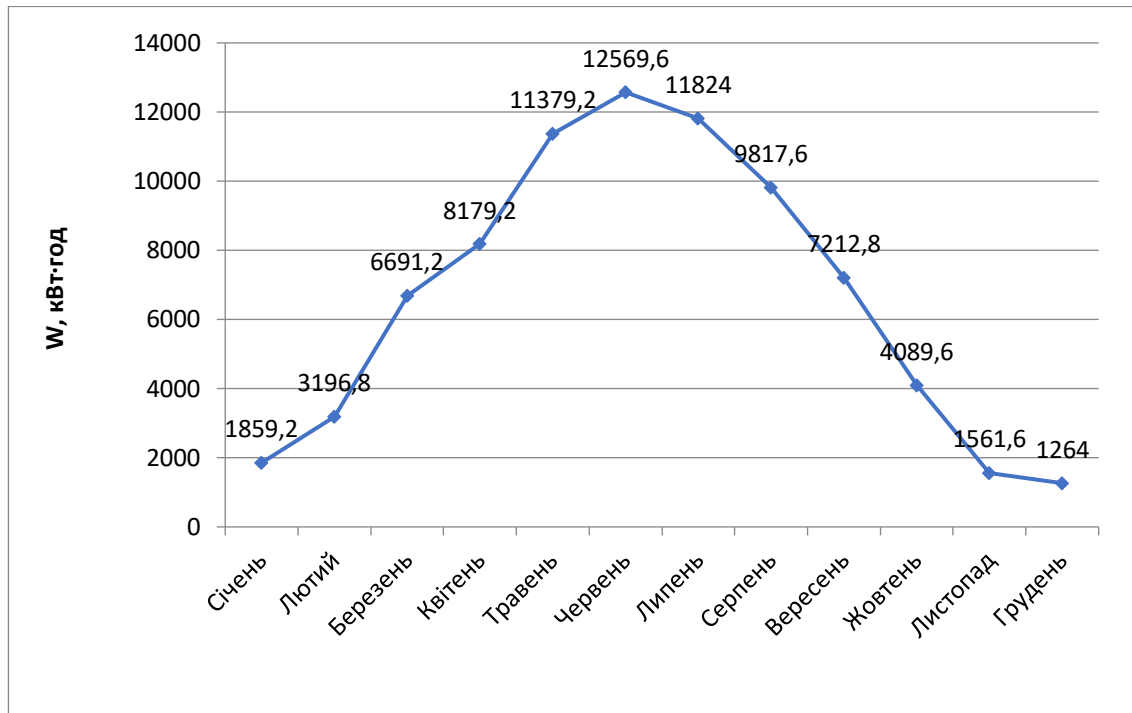


Рисунок 4.1. Динаміка виробництва електроенергії сонячними полікристалічними панелями протягом року.

За таким самим принципом розглянемо фотовольтаїчну електростанцію, в якій використані монокристалічні фотоелементи з коефіцієнтом корисної дії  $\eta = 18\%$ .

Таблиця 4.2. Кількість електроенергії, що потенційно можуть виробити сонячні монокристалічні панелі

| Місяць   | E, кВт·год | W <sub>1</sub> , кВт·год | Кіль-сть год. Сон. Сяйва | W остаточне, кВт·год |
|----------|------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Січень   | 25         | 5,81                     | 55                       | 2390,4               |
| Лютий    | 43         | 9,99                     | 67                       | 4110,171             |
| Березень | 90         | 20,91                    | 131                      | 8602,971             |
| Квітень  | 110        | 25,56                    | 176                      | 10516,11             |
| Травень  | 153        | 35,56                    | 232                      | 14630,4              |
| Червень  | 169        | 39,28                    | 268                      | 16160,91             |
| Липень   | 159        | 36,95                    | 261                      | 15202,29             |
| Серпень  | 132        | 30,68                    | 243                      | 12622,63             |

|          |    |       |     |         |
|----------|----|-------|-----|---------|
| Вересень | 97 | 22,54 | 185 | 9273,6  |
| Жовтень  | 55 | 12,78 | 118 | 5258,06 |
| Листопад | 21 | 4,88  | 45  | 2007,77 |
| Грудень  | 17 | 3,95  | 37  | 1625,14 |

У сумі за один рік система із 320 сонячних монокристалічних панелей може виробити 102400,5 кВт·год електроенергії.

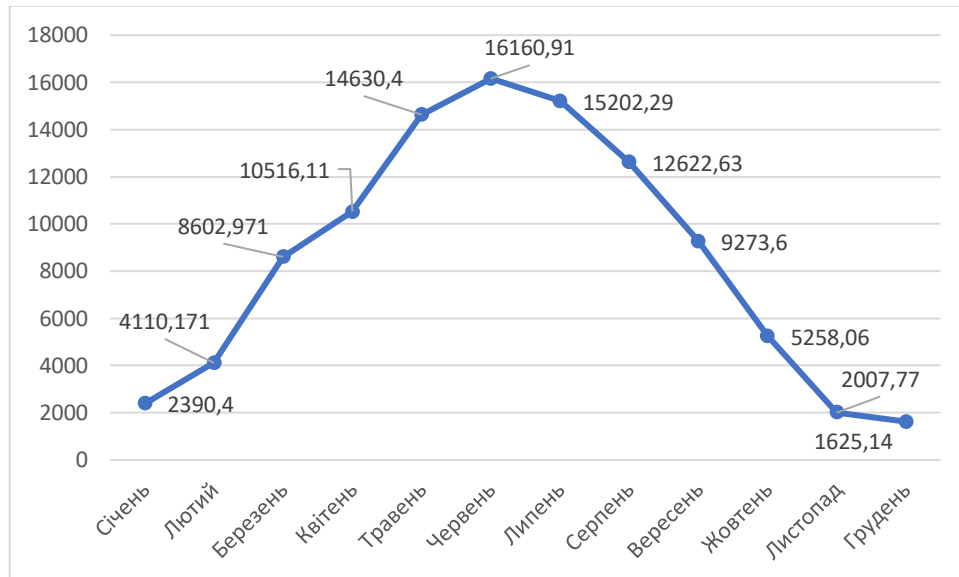


Рисунок 4.2. Динаміка виробництва електроенергії сонячними монокристалічними панелями протягом року.

Аналогічно розраховуємо кількість електроенергії, що потенційно можуть виробити сонячні панелі з тонкоплівковими фотоелементами, де  $\eta$  приблизно 9%.

Таблиця 4.3. Кількість електроенергії, що потенційно можуть виробити сонячні тонкоплівкові панелі

| Місяць   | E, кВт·год | W <sub>1</sub> , кВт·год | Кіль-сть год. Сон. Сяйва | W остаточне, кВт·год |
|----------|------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Січень   | 25         | 5,81                     | 55                       | 1195,2               |
| Лютий    | 43         | 9,99                     | 67                       | 2055,09              |
| Березень | 90         | 20,91                    | 131                      | 4301,49              |
| Квітень  | 110        | 25,56                    | 176                      | 5258,06              |

|          |     |       |     |         |
|----------|-----|-------|-----|---------|
| Травень  | 153 | 35,56 | 232 | 7315,2  |
| Червень  | 169 | 39,28 | 268 | 8080,46 |
| Липень   | 159 | 36,95 | 261 | 7601,14 |
| Серпень  | 132 | 30,68 | 243 | 6311,31 |
| Вересень | 97  | 22,54 | 185 | 4636,8  |
| Жовтень  | 55  | 12,78 | 118 | 2629,03 |
| Листопад | 21  | 4,88  | 45  | 1003,89 |
| Грудень  | 17  | 3,95  | 37  | 812,57  |

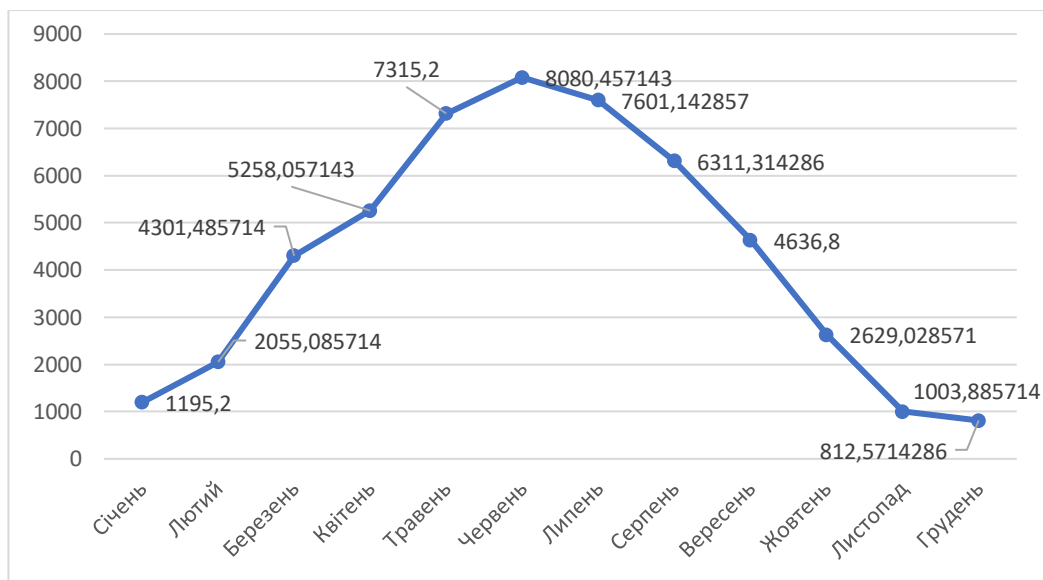


Рисунок 4.3. Динаміка виробництва електроенергії сонячними тонкоплівковими панелями протягом року.

Отже, з таблиць чітко видно, що найефективнішим є використання монокристалічних фотоелементів. У них найвищий ККД, а тому потенційний виробіток електроенергії буде найбільшим. Полікристалічні фотоелементи також є досить ефективними. А тонкоплівкові фотоелементи мають найнижчий ККД і є не ефективними в порівнянні з вищевказаними.

#### 4.2. Рентабельність заходу.

Економічний чинник є не менш важливим у процесі запровадження такої системи на місцевому рівні. Для оцінки цього чиннику вирішено

дослідити термін окупності системи з полікристалічними панелями.

Термін (строк) окупності витрат (капітальних вкладень) – показник економічної ефективності, який характеризує період, протягом якого понесені на реалізацію заходу витрати повністю повертаються за рахунок одержуваного ефекту. Термін окупності визначається оберненим співвідношенням витрат і річного ефекту:  $T_{ок} = B/E_{річ}$ , де  $B$  – витрати на реалізацію заходу протягом усього періоду його дії,  $E_{річ}$  – величина чистого річного економічного ефекту (грн/рік) [10].

Показник  $E_{річ}$  розраховується як добуток виробленої за рік електроенергії на ціну однієї кіловат-години для приватного підприємства (0,18 євроцентів коп станом до 01.01.2019 року; курс євро 26,3 станом на 01.12.2019 рік). В результаті отримуємо:

$$79644,8 \cdot 4,7 = 374330,56 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість системи – витрати ( $B$ ). У мережі Інтернет знаходимо ціни на необхідне обладнання:

320 сонячних панелей – 850080 гривень;

30 кВт марки Huawei Sun 2000 33KTL-A, два інших – 25 кВт марки STP 25000TL-30. Також на ній показані вимикачі та лічильники марки SL 7000.

два інвертори потужністю 25000 Вт – 129500 грн; один інвертор потужністю 30000 Вт – 83999 грн.

Сумарна кількість витрат складає 1193079 гривень без врахування монтажних робіт. З урахуванням проектно-монтажних робіт, додаткових матеріалів (кабелів, автоматів), лічильників, вимикачів та транспортних витрат: 1321579.

Отже термін окупності буде становити:

$$T_{ок} = 1321579 / 374330,59 = 3,53 \approx 4 \text{ роки.}$$

Оскільки експлуатаційний термін панелей складає 25 – 30 років, то близько 10-15 років використання сонячних панелей приватне підприємство буде отримувати безкоштовну електроенергію сонця. Даний захід є рентабельним для запровадження для приватного підприємства.





## 5 КОНСТРУЮВАННЯ СОНЯЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Під час розробки проекту, враховують багато факторів.

Для прикладу оформлення робочого проекту розглянемо робочий проект для електропостачання приватного підприємства у с.м.т. Голоби Ковельського району Волинської області. Завданням проекту було розробити технічні умови для використання сонячної електростанції самим приватним підприємством, а також для продажу електроенергії і отримання прибутку по «зеленому тарифу».

Завдання на проектування об'єкту: робочий проект «Нове будівництво електричних мереж електроустановок для виробництва електричної енергії (сонячної електростанції) ПП «Пікет-Буд-Транс» Волинська область, Ковельський район, смт. Голоби, вул. Ткача» представлено в Таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Завдання на проектування об'єкту: робочий проект «Нове будівництво електричних мереж електроустановок для виробництва електричної енергії (сонячної електростанції) ПП «Пікет-Буд-Транс» Волинська область, Ковельський район, смт. Голоби, вул. Ткача».

|   |                              |   |
|---|------------------------------|---|
| 1 | СТАДІЙНІСТЬ<br>ПРОЕКТУВАННЯ  | Робочий проект.   |
| 2 | ВКАЗІВКИ ПРО<br>НЕОБХІДНІСТЬ | 2.1. Запроектувати шафу в РУ-0.4 кВ ТП розрахунковим засобом обліку двонаправленої активної та реактивної електроенергії;<br>2.2. Запроектувати автоматизовану систему комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ);<br>6.3. Запроектувати ЛЕП-0.4 кВ від РУ-0.4 кВ ТП №317 до ВРП-0.4 кВ об'єкта. Переріз проводу/кабелю визначити проектом. |

|   |                                 |   |
|---|---------------------------------|---|
| 3 | ДОДАТКОВІ ВИМОГИ ДО<br>ПРОЕКТУ  | 3.1. Всі проектні рішення попередньо відповідними службами і установами.<br>3.2. Додаткові проектні роботи при зміні цього завдання виконуються по додатковій вимозі. |
| 4 | СКЛАД ПРОЕКТНОЇ<br>ДОКУМЕНТАЦІЇ | Склад, порядок розробки і вимоги до проектної документації повинні бути відповідними до вимог А.2.2-3.2004 та ДСТУ Б.А.2.4-4:2009.                                    |
| 5 | КОМПЛЕКТНІСТЬ<br>ДОКУМЕНТАЦІЇ   | Проектна документація оформляється і передається Замовнику проекту в чотирьох примірниках.  |

Завдання проекту з усіма підписами і штампами для прикладу наведено в Додатку А.

В Додатку Б показаний план РУ-0.4 кВ ТП №317.

В Додатку В наведено план розміщення обладнання ВРП-0.4 кВ.

Схема підключення лічильника представлена на Рисунку 5.2.

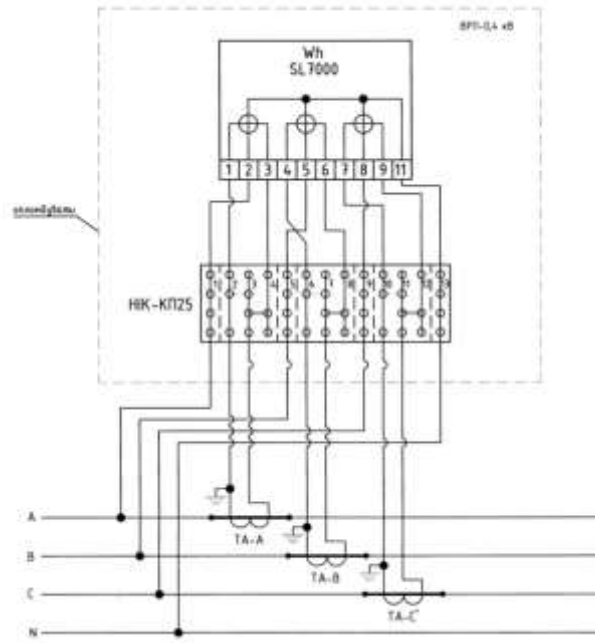


Рисунок 5.2. Схема підключення лічильника

Схема плану розміщення обладнання АСКОЕ та прокладки кабелів зображена на Рисунку 5.3.

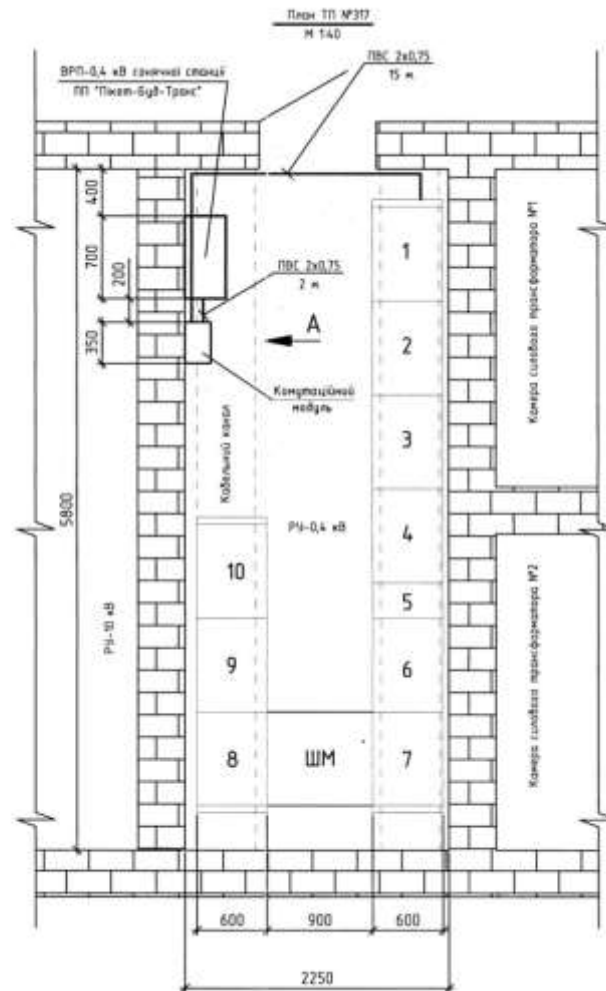


Рисунок 5.3. Схема плану розміщення обладнання АСКОЕ та прокладки кабелів

Розглянемо однолінійну схему з зазначенням точок обліку сонячної електростанції потужністю 80 кВт ПП «Пікет-Буд-Транс». На ній показано зовнішній вигляд панелі, на якому зображено три інвертори, один з яких має потужність – 30 кВт марки Huawei Sun 2000 33KTL-A, два інших – 25 кВт марки STP 25000TL-30. Також на ній показані вимикачі та лічильники марки SL 7000.

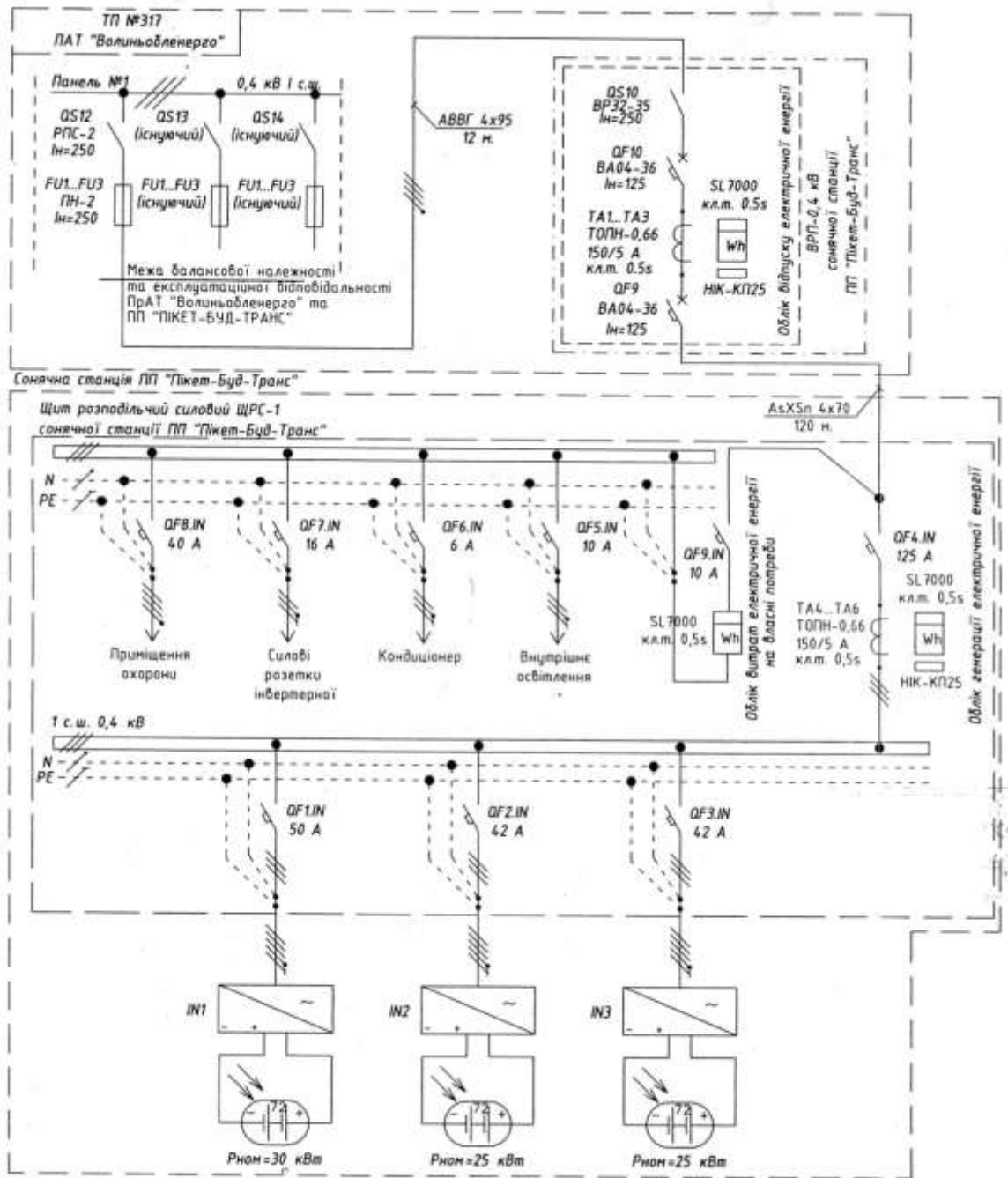


Рисунок 5.4. Однолінійна схема з зазначенням точок обліку сонячної електростанції потужністю 80 кВт ПП «Пікет-Буд-Транс»

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### Задачі розділу

На даний момент з великою швидкістю зростає кількість фотовольтаїчних електричних станцій. Це пов'язано з дією «зеленого тарифу» по всьому світу. Люди будують ФЕС задля забезпечення свого дому, свого підприємства електричною енергією, а також для отримання прибутку.

Відновлювальні джерела, вода, вітер, сонце дають «чисту», «зелену» енергію, яка немає негативного впливу на навколишнє середовище. До того ж дозволяє власникам «зелених» електростанцій отримати прибуток від виробітку електричної енергії.

Чим актуальнішим стає питання про перехід до «зеленої» електроенергетики, тим більше створюється ФЕС. Тому виникає потреба в залученні спеціалістів до проектування фотовольтаїчної електричної станції, які працюють на робочому місці з електронно-обчислювальними машинами.

Науково-технічний прогрес досяг рівня, у відповідності до якого, робота, пов'язана з електронно-обчислювальними машинами стала невід'ємною складовою багатьох напрямків виробництва. Комп'ютерна техніка має багато переваг, але також має певні недоліки, які несуть в собі негативні наслідки для працівників. Серед суттєвих недоліків роботи з електронно-обчислювальною технікою, обладнаною візуальними дисплейними терміналами (моніторами) є випромінювання, яке може суттєво впливати на здоров'я працівника, що може спричинити його погіршення.

У цьому розділі розглянемо питання охорони праці, що пов'язані із виконанням робіт по проектуванню, проаналізуємо робоче місце проектувальника з урахуванням сучасних знань, системного та ризик-орієнтовного підходів про природу небезпеки.

Згідно Конституції України всі громадяни України мають право на належні безпечні і здорові умови праці.

В Законі України «Про охорону праці» усі працівники мають конституційне право на безпеку і охорону життя та здоров'я, це також стосується і людей, які проектують ФЕС.

Отже, для мінімізації ризику професійного захворювання та травматизму працівників при проектуванні фотовольтаїчної електричної станції сформулюємо основні задачі щодо охорони праці за темою дипломного проектування:

1. Провести аналіз робочого місця проектувальника.
2. Розробити організаційно-технічні рішення з охорони праці.
3. Описати основні заходи протипожежного захисту ФЕС.

6.1. Аналіз умов праці при виконанні робіт, пов'язаних з проектуванням ФЕС



Рисунок 6.1 – Робоче місце проектувальника ФЕС

При роботі пов'язаній з проектуванням ФЕС повинні бути враховані наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

Фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена рухомість повітря;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена чи знижена рухомість повітря;
- нестача природного освітлення;

- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищений чи понижений рівень напруги.

Психофізіологічні:

- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження).

Джерелами (носіями) небезпеки є:

- комп'ютер;
- принтер;
- закриті приміщення;
- людина.

6.2. Розробка організаційно-технічних рішень з охорони праці при проектуванні ФЕС на робочому місці проектувальника

Згідно зі ст. 153 Кодексу законів про працю України (далі КЗпП) [6], на всіх підприємствах, в установах, організаціях створюються безпечні і нешкідливі умови праці. Забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці покладається на власника або уповноважений ним орган.

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. Власник або уповноважений ним орган повинен впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, які запобігають виробничому травматизмові, і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань працівників.

Власник або уповноважений ним орган не має права вимагати від працівника виконання роботи, поєднаної з явною небезпекою для життя, а



також в умовах, що не відповідають законодавству про охорону праці. Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або людей, які його оточують, а також навколишнього середовища.

У разі неможливості повного усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я умов праці власник або уповноважений ним орган зобов'язаний повідомити про це орган державного нагляду за охороною праці, який може дати тимчасову згоду на роботу в таких умовах.

Відповідно до ст. 154 КЗпП [6], проектування виробничих об'єктів, розробка нових технологій, засобів виробництва, засобів колективного та індивідуального захисту працюючих повинні провадитися з урахуванням вимог щодо охорони праці.

Відповідно до ст. 158 КЗпП [6], власник або уповноважений ним орган зобов'язаний вживати заходів щодо полегшення і оздоровлення умов праці працівників шляхом впровадження прогресивних технологій, досягнень науки і техніки, засобів механізації та автоматизації виробництва, вимог ергономіки, позитивного досвіду з охорони праці, зниження та усунення запиленості та загазованості повітря у виробничих приміщеннях, зниження інтенсивності шуму, вібрації, випромінювань тощо.

Відповідно до ст. 158 КЗпП [6], правове регулювання питань з охорони праці здійснюється на підставі чинних законодавчих актів, а також державних міжгалузевих та галузевих нормативних актів.

Державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці — це правила, стандарти, норми, положення, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання.

Опрацювання та прийняття нових, перегляд і скасування чинних державних міжгалузевих та галузевих нормативних актів про охорону праці проводяться органами державного нагляду за охороною праці за участю інших державних органів і професійних спілок у порядку, визначеному Кабінетом

Міністрів України.

Стандарти, технічні умови та інші нормативно-технічні документи на засоби праці і технологічні процеси повинні включати вимоги щодо охорони праці і погоджуватися з органами державного нагляду за охороною праці.

У разі відсутності в нормативних актах про охорону праці вимог, які необхідно виконати для забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці на певних роботах, власник або уповноважений ним орган зобов'язаний вжити погоджених з органами державного нагляду за охороною праці заходів, що забезпечать безпеку працівників.

6.3. Організаційно-технічні рішення з охорони праці за стандартами України щодо праці з електронно-обчислювальними машинами на робочому місці проектувальника.

Проаналізуємо основні стандарти безпечної роботи в офісі за комп'ютером.

Таблиця 6.1 - Стандарти безпечної роботи в офісі.

|   |   |  |
|---|---|--|
| 1 | Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин    | Затверджені наказом Держгірпромнагляду від 26.03.2010 р. № 65 (далі — Правила № 65)            |
| 2 | Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників | Затверджені наказом МНС від 25.01.2012 р. № 67   |
| 3 | Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів                    | Затверджені наказом Держнаглядохоронпраці від 09.01.1998 № 4; НПАОП 40.1-1.21-98; далі — ПБЕЕС |

Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації ПК, до організації і обладнання робочих місць наведені в ДСанПіН 3.3.2.007-98 та НПАОП 0.00-1.28-10.

Площа на одне робоче місце становить не менше ніж  $6,0 \text{ м}^2$ , а об'єм – не менше ніж  $20,0 \text{ м}^3$ , відстань між робочими столами – щонайменше  $2,5 \text{ м}$  у ряду і  $1,2 \text{ м}$  між рядами. Стіни приміщень потрібно фарбувати у пастельні тони з коефіцієнтом відбиття  $0,5 - 0,6$ .

Виробничі приміщення повинні обладнуватись шафами для зберігання документів, полицями, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі приміщень.

Обов'язкова наявність аптечки для першої медичної допомоги.

В приміщеннях мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження слід передбачити встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою.

Екран ВДТ має розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, що становить  $600...700 \text{ мм}$ , але не ближче ніж за  $600 \text{ мм}$  з урахуванням розміру літерно-цифрових знаків і символів.

Розташування екрана ВДТ має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом  $+30^\circ$  до нормальної лінії погляду працюючого.

Монітори потрібно розміщувати на висоті рівня очей (висота від підлоги до нижнього краю екрана має становити  $95...100 \text{ см}$ ) на відстані  $60...70 \text{ см}$  від оператора (відстань від краю столу –  $50...70 \text{ см}$ ). Кут зору працюючого щодо екрана має дорівнювати  $10...20^\circ$ , але не більше  $40^\circ$ , кут між верхнім краєм монітора і рівнем очей користувача має становити менш як  $10^\circ$ . Найдоцільніше розміщувати екран перпендикулярно до лінії погляду користувача. Кут нахилу екрана по вертикалі має становити  $0...30^\circ$ . З цією метою сучасні монітори комплектують підставкою з поворотним

кронштейном, що дає змогу регулювати кут нахилу монітора і горизонтально обертати його навколо вертикальної осі. Висоту екрана від поверхні підлоги регулюють змінюючи висоту робочої поверхні столу. Іноді монітори встановлюють на спеціальні підставки, що уможлиблює його переміщення у просторі у вертикальному та горизонтальному напрямках.

З метою зменшення напруження очей потрібно, щоб відстань між краями сусідніх точок зображення на моніторі не перевищувала  $G$ . Оптимальний розмір літеро-цифрових знаків – 16...20, складних знаків – 35...40. Оптимальні співвідношення параметрів літер і цифр такі: ширина знака – 0,75 їх висоти, товщина ліній при зворотному контрасті –  $1/6-1/8$ , відстань між знаками – 0,25...0,5 висоти знака, між словами – 0,75...1, між рядками – 0,5...1.

Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100...300 мм від краю, звернутого до працюючого. У конструкції клавіатури має передбачатися опорний пристрій (виготовлений із матеріалу з високим коефіцієнтом тертя, що перешкоджає мимовільному її зсуву), який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах  $5...15^\circ$ . Висота середнього рядка клавіш має не перевищувати 30 мм. Поверхня клавіатури має бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4.

Робочі місця слід так розташовувати відносно світових прорізів, щоб природне світло падало збоку переважно зліва.

У виробничих приміщеннях використовують три види освітлення: природне, штучне та суміщене. Розрахуємо штучне освітлення на робочому місці проектувальника.

Зазвичай, використовують три методи розрахунку штучного освітлення:

- світлового потоку;
- точковий;
- питомої потужності.

Оскільки робоча зона рівномірно освітлена, а крупні предмети, які можуть затінити робоче місце відсутні, використаємо метод світлового потоку.

Розрахувати систему загального рівномірного освітлення люмінесцентними лампами виробничого приміщення з довжиною  $A = 10$  м, шириною  $B = 10$  м, висотою  $H = 3,5$  м. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття рстелі = 70 %, рстін = 50 %. Мінімальна освітленість за нормами  $E_n = 400$  лк. Висота робочих поверхонь столів = 0.7 м. Використовуються лампи типу ЛБ потужністю 40 Вт та світильники типу ЛП001.

Розв'язання:

1. Визначаємо висоту світильника над робочою поверхнею. Оскільки світильники кріпляться до стелі, то їх висота над підлогою майже дорівнює висоті приміщення.

$$h = H - h_p = 3,5 - 0,7 = 2,8 \text{ (м)} \quad (6.1)$$

2. Визначаємо показник приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} = \frac{10 \cdot 10}{2,8 \cdot (10+10)} = 1,8. \quad (6.2)$$

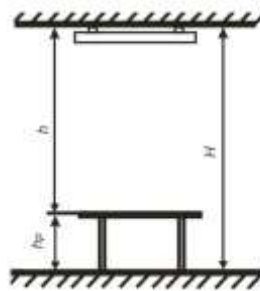


Рисунок 6.2. – Схема розташування світильника над робочою поверхнею

3. Визначаємо коефіцієнт використання світильників ЛП001 при  $i = 1,8$ , рстелі = 70 %, рстін = 50 % з табл.3.7, коефіцієнт використання  $\eta = 0,75$ .
4. З таблиці 3.6 визначаємо коефіцієнт запасу:  $K_3 = 1,5$ . Приймаємо коефіцієнт нерівномірності освітлення  $Z = 1,1$ .

5. Для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь обираємо лампи ЛБ-40 (Світловий потік однієї лампи становить  $\Phi_{\text{л}} = 3200$  лм, табл. 3.8) і визначаємо необхідну кількість світильників з формули:

$$N = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{2 \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 100}{2 \cdot 3200 \cdot 0,75} = 13 \quad (6.3)$$

Отже, для забезпечення рівномірності освітлення даного приміщення необхідно 13 світильників, які потрібно розташувати в три ряди. Приймаємо 12 світильників по 4 світильника в ряду.

6. Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених в приміщенні:  $P_{\text{св}} = P_{\text{л}} \cdot N \cdot n = 40 \cdot 12 = 480$  Вт.

З даного розрахунку можемо зробити висновок, що для того, щоб забезпечити робоче місце достатньою освітленістю даний тип ламп не підходить. Адже їх використання не підходить для такого типу приміщень. Також в їх складі є ртуть, яка є небезпечною. Для даного робочого можна запропонувати використання нових вдосконалених люмінісцентних ламп, які є енергозберігаючими і ефективними. Також потрібно враховувати ще й освітленість монітору і те, що в приміщенні розташовані великі вікна, на які обов'язково потрібні штори або жалюзі.

#### 6.4. Протипожежний захист

Правилами пожежної безпеки в Україні, затвердженими наказом МВС України від 30 грудня 2014 р. № 1417 (далі — ППБУ), запроваджено обов'язковість встановлення на кожному підприємстві відповідним документом (наказом, інструкцією тощо) протипожежного режиму.

Що ж таке «протипожежний режим підприємства»? Адже ні в Правилах пожежної безпеки в Україні, ані в Кодексі цивільного захисту України визначення поняття «протипожежний режим» немає — отже, не має нормативного розуміння, що ж це таке. При цьому в ППБУ зазначається, що

- протипожежний режим включає в себе:
- порядок утримання шляхів евакуації;
  - визначення спеціальних місць для куріння;
  - порядок застосування відкритого вогню;
  - порядок використання побутових нагрівальних приладів;
  - порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт;
  - правила проїзду та стоянки транспортних засобів;
  - місця для зберігання та допустиму кількість сировини, напівфабрикатів і готової продукції, що можуть одночасно знаходитися у приміщеннях і на території;
- порядок прибирання горючого пилю й відходів, зберігання промасленого спецодягу та ганчір'я, очищення елементів вентиляційних систем від горючих відкладень;
  - порядок відключення від мережі електроживлення обладнання та вентиляційних систем у разі пожежі;
  - порядок огляду й зачинення приміщень після закінчення роботи;
  - порядок проходження посадовими особами навчання й перевірки знань з питань пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів і занять з пожежно-технічного мінімуму;
  - порядок експлуатації та обслуговування наявних засобів протипожежного захисту;
  - порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів електроустановок, опалювального, вентиляційного, технологічного та іншого інженерного обладнання;
  - порядок збирання членів пожежно-рятувального підрозділу добровільної пожежної охорони та посадових осіб, відповідальних за пожежну безпеку, у разі виникнення пожежі, виклику вночі, у вихідні та святкові дні;
  - порядок дій у разі виникнення пожежі: порядок і способи оповіщення людей, виклику пожежно-рятувальних підрозділів, зупинення технологічного

устаткування, вимкнення ліфтів, підйомників, вентиляційних установок, електроспоживачів, застосування засобів пожежогасіння; послідовність евакуації людей та матеріальних цінностей з урахуванням дотримання норм безпеки.

6.5. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи електричної частини ФЕС в умовах дії загрозливих чинників надзвичайної ситуації

Розроблена ФЕС може підлягати впливу надзвичайних ситуацій техногенного, природного, військового походження, яких в країні може виникнути багато. Вони наносять непоправну шкоду об'єктам енергетичного господарства. Серед надзвичайних ситуацій можна виділити найбільш небезпечні: наявність у довкіллі шкідливих речовин понад ГДК, аварії із загрозою викиду ХНР і біологічних небезпечних засобів, радіоактивне забруднення, вплив ЕМІ.

Головну небезпеку для ФЕС становить землетрус, буревій, ударна хвиля, вторинні вражаючі фактори і радіоактивне зараження місцевості. Проте іноді доводиться враховувати і вплив проникаючої радіації та електромагнітного імпульсу.

На проєктованій ФЕС в технологічному процесі використовуються елементи, до складу яких входять: метали, напівпровідники, діоди, резистори та ін.. Серед цих матеріалів найбільш чутливі до радіації метали, бо їм властива велика концентрація вільних носіїв. Приймачами ЕМІ є предмети, що проводять електричний струм: лінії електропередач, конденсаторні батареї, кабельні лінії, системи релейного захисту. Апаратура, яка не оснащена спеціальним захистом може бути пошкоджена внаслідок ЕМІ.

Внаслідок проходження гамма – випромінювання через елементи електронної апаратури, через переміщення вільних зарядів може виникнути імпульс який може призвести до помилкового спрацювання обладнання.



Також одним із наслідків такого опромінення є підвищення провідності матеріалів, збільшення протікання струму та зменшення опору, в газорозрядних приладах зменшується напруга запалення. Таким чином ФЕС може раптово втратити працездатність при певних рівнях радіації. Визначимо найнебезпечніші фактори.

Існує актуальна проблема розрахунку і підвищення стійкості електричних станцій. Для цього на об'єкті завчасно, керуючись розрахунками, планують і проводять відповідні організаційні та інженерно – технічні заходи. Сучасний рівень науки та техніки дозволяють реалізувати такі рішення, що забезпечать стійкість підприємства.

6.5.1. Дослідження стійкості роботи електричної частини фотовольтаїчної електростанції в умовах дії іонізуючих випромінювань

Визначаємо експозиційні дози при яких в елементах електричної частини ФЕС можуть виникнути незворотні зміни. Дані заносимо в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 - Експозиційні дози

| № | Підсистеми       | Елементи електричної частини ФЕС | $D_{грн}$<br>i,<br>(P) | $D_{гр.}$<br>(P) |
|---|------------------|----------------------------------|------------------------|------------------|
| 1 | Система живлення | Дросель ФРОС-1000/0,5УЗ          | $10^7$                 | $10^3$           |
|   |                  | Контролер SP 0,5 LED             | $10^3$                 |                  |
|   |                  | Діод Д 123-250-20                | $10^5$                 |                  |
|   |                  | Діод MG 150M2YK1                 | $10^5$                 |                  |
|   |                  | Перетворювач струму MC44603P     | $10^3$                 |                  |
| 2 | Система          | Пускач ПМЛ-1210                  | $10^6$                 |                  |

|   |                         |  |        |
|---|-------------------------|--|--------|
|   | керування               | Тумблер ASW-29D                              | $10^7$ |
|   |                         | Транзистори SS8050 TO92 NPN                  | $10^4$ |
|   |                         | Конденсатор К73-16-8,2 мкФ 250В              | $10^6$ |
|   |                         | Резистори CR-2W-130, 0,25W-36                | $10^4$ |
| 3 | Мікропроцесорна система | Мікросхема ПІ регулятор струму<br>ВТА41-800b | $10^5$ |
|   |                         | Блок обмеження струму К342ЕН8Б               | $10^6$ |
|   |                         | Тахогенератор ТД-102                         | $10^5$ |

Найуразливіший елемент електричної частини ФЕС – фотодіоди блоку управління релейного захисту і автоматики,  $D_{гр} = 10^3$  Р.

Визначаємо можливу дозу опромінення:

$$D_M = \frac{2P_1(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_{II}})}{K_{посл}}, \quad (6.4)$$

де  $K_{посл}$  – коефіцієнт послаблення, приймаємо  $K_{посл} = 1$ ;

$T_{II}$  – час початку опромінення, 1 год;

$T_k$  – максимальна тривалість роботи, 20 років;

$P_1$  – рівень радіації на 1 год після аварії.

$$D_M = \frac{2 \cdot 4,29(\sqrt{175200} - \sqrt{1})}{1} = 3583(P). \quad (6.5)$$

Визначаємо допустимий час роботи електричної частини ФЕС:

$$t_{дон} = \left( \frac{D_{гр} \cdot K_{посл} + 2 \cdot P_1 \sqrt{t_n}}{2P_1} \right)^2, \quad (6.6)$$

$$t_{дон} = \left( \frac{10^3 \cdot 1 + 2 \cdot 4,29 \sqrt{1}}{2 \cdot 4,29} \right)^2 = 13820(\text{год}). \quad (6.7)$$

Порівняємо отримані дані:

$$D_{гр} = 10^3 < D_M = 3583.$$

Отже, так як  $D_{гр} = 10^3 < D_M = 3583$ , то для забезпечення стійкості

роботи  $K_{\text{посл}}$  потрібно збільшити в 3 рази. Робота РЕА буде стійкою протягом 13820 годин.

6.5.2. Дослідження стійкості електричної частини ФЕС в умовах дії електромагнітного імпульсу (ЕМІ)

При здійсненні оцінювання впливу ЕМІ на струмопровідні елементи необхідно врахувати, що ЕМІ мають горизонтальну та вертикальну складові напруженості електричного поля і тому повинні визначатися значеннями напруги на вертикальних та горизонтальних ділянках лінії. Для оцінки безпеки роботи в умовах дії електромагнітних випромінювань, необхідно визначити значення вертикальної складової напруженості електромагнітного поля, при коефіцієнті безпеки  $K_6 = 40$  дБ.

На ФЕС можна виділити об'єкти: систему живлення, систему керування та мікропроцесорну систему.

На кожній ділянці визначаємо максимальну довжину вертикальної та горизонтальної струмопровідної частини:  $l_{B1} = 4,9$  м,  $l_{B2} = 4,6$  м,  $l_{B3} = 5$  м,  $l_{r1} = 4,5$  м,  $l_{r2} = 4,6$  м,  $l_{r3} = 5,3$  м.

Напругу наводки вертикальної струмопровідної частини визначаємо за формулою:

$$K_{6(\theta, z)} = 20 \lg \frac{U_{\text{дон}}}{U_{(\theta, z)}} \geq 40(\text{дБ}). \quad (6.8)$$

Після математичних перетворень, отримаємо наступні значення:

$$\begin{aligned} U_{\theta} &= E_z \cdot l_{\theta}, U_z = E_{\theta} \cdot l_z. \\ E_z &= E_{\theta} \cdot 10^{-3} (\text{кВ} / \text{м}). \end{aligned} \quad (6.9)$$

Визначаємо допустимі коливання напруги живлення:

При  $U_{\text{доп1}} = 12(\text{В})$ ,  $U_{\text{доп1}} = 12,6(\text{В})$ ;

При  $U_{\text{доп2}} = 380(\text{В})$ ,  $U_{\text{доп2}} = 399(\text{В})$ ;

При  $U_{\text{доп3}} = 127(\text{В})$ ,  $U_{\text{доп3}} = 132(\text{В})$ .

Результати розрахунку заносимо в таблицю 6.3

Таблиця 6.3 - Результати розрахунків

| № | Елемент системи         | $U_B(B)$ | $U_T(B)$ | $K_{б(в)}(дБ)$ | $K_{б(г)}(дБ)$ | Результат |
|---|-------------------------|----------|----------|----------------|----------------|-----------|
| 1 | Система живлення        | 50,617   | 46490    | -12,505        | -71,34         | Не стійка |
| 2 | Система керування       | 47,518   | 47520    | 18,059         | -41,518        | Не стійка |
| 3 | Мікропроцесорна система | 51,65    | 54750    | 7,815          | -52,356        | Не стійка |

Отже, всі елементи електричної частини ФЕС не стійкі, тобто потрібно проводити екранування.

6.6 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи електричної частини ФЕС у надзвичайних ситуаціях

Для забезпечення якомога швидшого відновлення виробництва на випадок виходу з ладу основних джерел енергоживлення повинен бути створений резерв джерел енергопостачання.

Стійкість систем електропостачання об'єкта підвищують, підключаючи його до декількох джерел живлення, віддалених одне від одного на відстань, що виключає можливість їх одночасного пошкодження одним ядерним вибухом.

Для забезпечення надійного управління діяльністю об'єкта у надзвичайних ситуаціях мирного та воєнного часу в одному із сховищ обладнується пункт управління. Диспетчерські пункти і радіовузли розміщують по можливості у найміцніших спорудах і підвальних приміщеннях. Повітряні лінії зв'язку до найважливіших виробничих ділянок переводять на підземно – кабельні. Стійкість засобів зв'язку можна підвищити прокладанням енергопостачальних фідерів на автоматичну телефонну станцію (АТС) та радіовузол об'єкта, підготовкою пересувних

електростанцій для заряджання акумуляторів АТМ і для живлення радіовузла при відключенні основних джерел електропостачання. При розширенні мережі підземних кабельних ліній необхідно прокладати дводровові, захищені екранами від впливу ЕМІ.

Для цього проведемо розрахунок товщини стінки екрану, для цього визначимо перехідне затухання в екрані. Вибираємо сталевий екран  $K_e = 5,2$ .

Система живлення:

$$t_i = \frac{A_e}{K_e \cdot \sqrt{f}} \quad (6.10)$$

$$t_1 = \frac{-71,34 - 40}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,175(\text{см}). \quad (6.11)$$

Система керування:

$$t_2 = \frac{-41,518 - 40}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,128(\text{см}) \quad (6.12)$$

Мікропроцесорна система:

$$t_3 = \frac{-52,356 - 40}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,145(\text{см}) \quad (6.13)$$

Таким чином при екрануванні системи живлення з використанням екрану товщиною 175 см із сталі, система автоматики буде стійкою в умовах дії ЕМІ. При екрануванні схем релейного захисту з використанням екрану товщиною 0,128 см із сталі, схеми постійного струму будуть стійкими в умовах ЕМІ. Для схем постійного струму потрібен екран товщиною 0,145 см.

Таким чином були розглянуті питання з Охорони праці на робочому місці проектувальника. Були вказані фактори, які негативно впливають на працівника і шляхи вирішення даних питань.

Також було розраховано освітленість робочого місця проектувальника і вказані моменти покращення для збереження фізичного та психічного здоров'я працівника.

Отже, були розглянуті питання іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу, що мають великий вплив на роботу елементів електростанції. Для обґрунтування необхідності оцінки стійкості роботи ФЕС були проведені розрахунки, з використанням яких можна забезпечити стійкість станції до вищеперерахованих факторів. З розрахунку стійкості електростанції до електромагнітних випромінювань можна зробити висновок, що в умовах роботи вищезгаданих випромінювань безпечна робота персоналу гарантується при представлених в розрахунках значеннях горизонтальних і вертикальних складових напруженості електричного поля. При впровадженні всіх перерахованих у дослідженні заходів по підвищенню стійкості роботи ФЕС в умовах надзвичайних ситуацій робота електростанції буде стійкою, без переривання виробничого процесу.

## 7 ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Електропостачання електричних мереж електроустановок призначених для виробництва електричної енергії ( сонячної електростанції) ПП «Пікет-Буд-Транс» Волинська область, Ковельський район, смт. Голоби, вул. Ткача самонесучим ізольованим проводом із ізоляції із шитого поліетилену з алюмінієвими жилами марки AsXSn 4×70. План прокладки ПЛІ-0,4 кВ показаний на рисунку 7.1.

Точка приєднання – РУ-0,4 кВ ТП №317.

На вводі запроектовано ввідно-розподільчий пристрій ( ВРП – 0,4 кВ) з ввідним обліковим рубильником, лчильником, трансформаторами струму ввідними та лінійним автоматом.

Для обліку електроенергії використовується електролічильник трансформаторного включення з номінальним струмом 5 А і класом точності 0,5s марки SL7000. Електролічильник і ввідний рубильник та ввідний автомат опломбувати.

### 7.1. Вибір трансформаторів струму 0,4 кВ

Максимальна розрахункова потужність  $P_{\max} = 80$  кВт.

Розрахункова максимальна потужність з врахуванням коефіцієнта потужності складає:

$$S_{\max} = P_{\max} / \cos\varphi = 80 / 0,98 = 81,63 \text{ кВА.}$$

Що відповідає максимальному струму:

$$I_{\max} = S_{\max} / (\sqrt{3} * U_{\text{н}}) = 81,63 / (1,73 * 0,38) = 124 \text{ А.}$$

У ВРП-0,4 кВ встановлюються трансформатори струму ТОПН-0,66 150/5 А, клас точності 0,5s, номінальне вторинне навантаження – 7 ВА.

Коефіцієнт трансформації трансформаторів струму:

$$K_{\text{м.с.}} = 150 / 5 = 30;$$

Максимальний струм вторинної обмотки:

$$I_{\text{max.втор.}} = I_{\text{max}} / K_{\text{м.с.}} = 124/30 = 4,133 \text{ А} > 20\% I_{\text{ліч}} = 1 \text{ А.}$$

Мінімальне навантаження за даними замовника  $P_{\text{min}} = 3 \text{ кВт.}$

Розрахункова мінімальна потужність з врахуванням коефіцієнту потужності складає:

$$S_{\text{min}} = P_{\text{min}} / \cos\varphi = 3/0,98 = 3,06 \text{ кВА.}$$

Мінімальний струм:

$$I_{\text{min}} = S_{\text{min}} / (\sqrt{3} * U_{\text{H}}) = 3,06 / (1,73 * 0,38) = 4,65 \text{ А.}$$

Мінімальний струм вторинної обмотки:

$$I_{\text{min.втор.}} = I_{\text{min}} / K_{\text{м.с.}} = 4,65/30 = 0,16 \text{ А} > 1\% I_{\text{ліч}} = 0,05 \text{ А.}$$

Умови пункту 1.5.17 ПУЕ виконуються.

Лічильник встановлюється в ВРП-0,4 кВ на відстані 1,5 м від трансформаторів струму і приєднується до них через клемні (вимірювальні) коробки мідними провідниками перетином 2,5 мм<sup>2</sup> (проводом ПВ-1 1×2,5).

Опір провідників струмових кіл:

$$R_{\text{пр}} = \rho * l / S = 0,0178 * 1,5 / 2,5 = 0,01 \text{ Ом ,}$$

де  $\rho = 0,0178$  - питомий опір міді;

$l = 1,5 \text{ м}$  – відстань від лічильника до трансформатора струму;

$S = 2,5$  – перетин провідника.

Опір контактного переходу  $R_{\text{к}}$  приймаємо 0,015 Ом (кількість контактних переходів – 4).

Повний опір струмових кіл:

$$R_{\text{пов.с.к.}} = R_{\text{пр.}} + \sum R_{\text{к}} = 0,01 + 4 * 0,015 = 0,07 \text{ Ом.}$$

Повний опір навантаження в колі трансформаторів струму:

$$R_{\Sigma} = R_{\text{л}} + R_{\text{пов.с.к.}} = 0,004 + 0,07 = 0,074 \text{ Ом,}$$

де  $R_{\text{л}} = 0,004 \text{ Ом}$  – опір лічильника.

Допустиме навантаження трансформаторі струму:

$$Z_{\text{м.с.}} = S_{\text{ном}} / I_{\text{ном}}^2 = 8 / 5^2 = 0,32 \text{ Ом.}$$



Допустиме активне навантаження трансформаторів струму:

$$R_{m.c.} = Z_{m.c.} \cdot \cos\varphi = 0,32 \cdot 0,98 = 0,31 \text{ Ом} > R_{\Sigma} = 0,074 \text{ Ом.}$$

Сумарна потужність при номінальному первинному струмі:

$$I_H^2 \cdot R_{\Sigma} = 5^2 \cdot 0,074 = 1,85 < S_{НОМ} \cdot \cos\varphi = 7,84 \text{ Вт.}$$

Умови пункту 1.5.19 ПУЕ виконуються.

Для електропостачання вибираємо самонесучий ізольований провід із ізоляції із шитого поліетилену з алюмінієвими жилами марки AsXSn 4×70.

Максимальне розрахункове навантаження 80 кВт:

Розрахункова повна потужність з врахуванням коефіцієнту потужності складає:

$$S_{розр.маx} = P_{розр.маx} / \cos\varphi = 80 / 0,98 = 81,63 \text{ кВА.}$$

Максимальний струм дорівнює:

$$I_{маx} = S_{розр.маx} / (\sqrt{3} \cdot U_H) = 81,63 / (1,73 \cdot 0,38) = 124 \text{ А.}$$

Допустимий струм AsXSn 4×70  $I_{доп} = 240 \text{ А.}$

Допустимий струм більший за максимальний майже у 2 рази.

Розрахуємо втрати напруги в ПЛ:

$$U = (P \cdot r + Q \cdot x) / U_H,$$

де  $P = 80000 \text{ Вт}$ ,  $Q = 16240 \text{ Вар}$  – активна та реактивна потужність навантаження;

$r, x$ - активний та реактивний опір:

$$U = (80000 \cdot 0,05316 + 16240 \cdot 0,0012) / 380 = 11,24 \text{ В.}$$

$$U\% = (U / U_{НОМ}) \cdot 100\% = 2,95\%.$$

$$U\% < U_{доп},$$

$$2,95\% < 5\%.$$

Отже для електричних мереж електроустановок призначених для виробництва електричної енергії (сонячної електростанції) ПП «Пікет-Буд-Транс» Волинська область, Ковельський район, смт. Голоби, вул. Ткача вибираємо самонесучий ізольований провід із ізоляції із шитого поліетилену з

алюмінієвими жилами марки AsXSn 4×70.

## 7.2. Вибір номінального струму автоматичного вимикача

Вибір номінального струму автоматичного вимикача вимикача виконується по формулі:

$$I_{н.р.} > I_p$$

$I_{н.р.}$  - номінальний струм розчеплювача;

$I_p$  - розрахунковий струм мережі, що захищається.

Розрахунковий струм мережі, що захищається визначається по формулі:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} * U_H * \cos\phi} = \frac{80}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,98} = 124 \text{ А.}$$

До встановлення приймаємо автоматичний триполюсний вимикач  $I_{н.р.}$   
=125 А.

## 7.3. Оцінка впливу на навколишнє середовище

Технологічний процес будівництва та експлуатації запроєктованого об'єкта є безвідхідним і не супроводжується шкідливими викидами в навколишнє природне середовище (як повітряне, так і водне), а рівень шуму і вібрації, які можуть створюватись обладнанням, не перевищують допустимих норм.

У зв'язку з цим проведення повітряно-, ґрунто- та водоохоронних заходів по зниженню рівня виробничого шуму і вібрації даним проектом не передбачається.

## 7.4. Заходи з енергозбереження

Проектні рішення по влаштуванню трансформаторної підстанції в існуюче приміщення виконані за діючими нормами та правилами відповідно до законів України, які встановлюють вимоги з енергозбереження.

З метою економії енергоресурсів при експлуатації проєктованих об'єктів проєктом передбачені наступні заходи:

- Застосування вдосконалених типових об'єктів;
- Підвищення якості передпроектованих і проєктованих проробок;
- Перерізи застосованих проводів і кабелів вибрані і оптимізовані для забезпечення мінімальних витрат електроенергії;
- В проєкті передбачено обладнання, яке виготовлено за новітніми технологіями з відповідними технічними характеристиками.

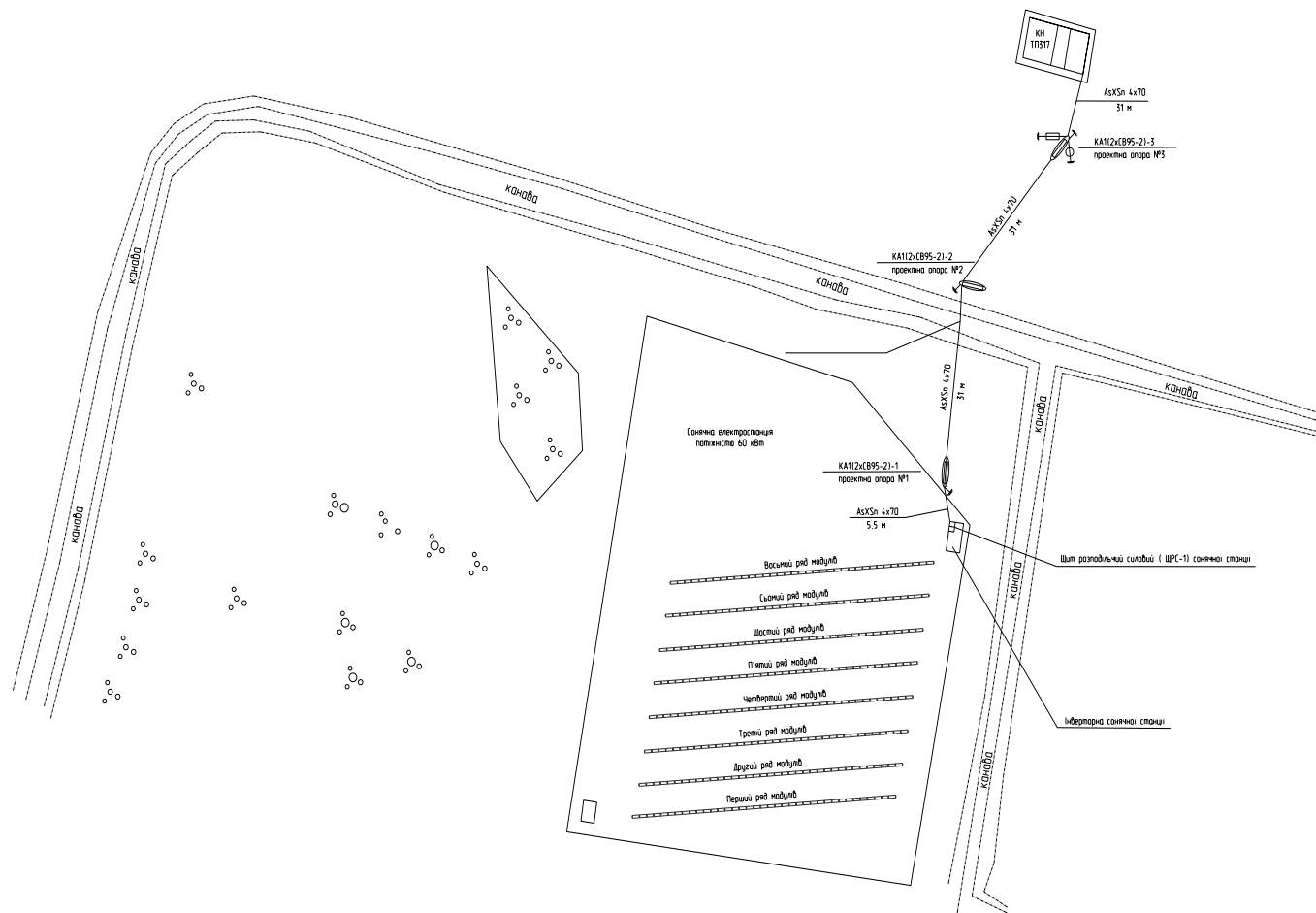


Рисунок 7.1. План прокладання ПЛ-0.4 кВ.

## ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто сонячну електростанцію потужністю 80 кВт та її роботу в електричній мережі.

В результаті проведеної роботи був змодельований такий комплекс, що складається із 320 сонячних панелей, потужність кожної з яких = 250 Вт та трьох інверторів потужність одного з яких 30 кВт, двох інших – 25 кВт.

В результаті аналізу ефективності сонячних панелей було виявлено, що найкращий коефіцієнт корисної дії у монокристалічних елементів, а тому вони є найефективнішими для встановлення їх на даній ФЕС.

Досліджена економічна складова пропозиції. Сонячні панелі та устаткування до них є рентабельними для використання у кліматичних умовах Ковельського району у смт. Голоби і окупають себе менше, ніж за 5 років із запасом подальшої експлуатації 15-20 років.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні рекомендації до розділу «Охорона праці» в дипломних роботах (для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Укл. – Бондаренко Є.А. – Вінниця.
2. [www.ecotown.com.ua](http://www.ecotown.com.ua)
3. Атлас. Географія України. – К.: Державне науково-виробниче підприємство «Картографія», 2005. – 48 с.
4. Кудря С. О., Яценко Л. В., Душина Г. П., Шинкаренко Л. Я., Довга В. Т., Васько П. Ф., Бриль А. О., Шурчков А. В., Забарний Г. М., Жовмір М. М., Віхарєв Ю. А. «Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України»- К., 2001. - 41с.
5. Закон України «Про альтернативні джерела енергії».
6. Кодекс законів про працю України.
7. Нетрадиционные источники энергии. – К.: Вища школа, 1998. – 62 с.
8. Солнечная энергетика: учеб. пособие для вузов / В.И. Виссарионов, Г.В. Кузнецова, Н.К. Малинин; под ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 276 с.
9. Солнечная энергетика: учеб. пособие для вузов / В.И. Виссарионов, Г.В. Кузнецова, Н.К. Малинин; под ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 276 с.
10. Мельник Л.Г. Економіка енергетики: хавч. посібник для вузів / Л.Г. Мельник, О.І. Карінцева, І.М. Сотник. – Суми: Університетська книга, 2006. – 238 с.
11. Безпечна енергія: Довідник / Відпов. А.Є. Конеченков. – К.: Інформ. агентство «Эхо-Восток», 1996. – 28 с.
12. Технічні засоби конверсії сонячної енергії. В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, 2011. Стаття.

13. Титко Р. Відновлювальні Джерела Енергії: (Досвід Польщі для України) / Р. Титко, В. Калініченко ; Полтавська Державна аграрна академія. – Полтава : ПДАА, 2010. - 533 с.
14. Закон України № 514-VIII.
15. Методичні вказівки до виконання бакалаврської дипломної роботи для студентів напрямку підготовки 6.030601 – «Менеджмент» / Уклад. Н. П. Карачина, Л. М. Несен, О. В. Штовба. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 45 с.

## ДОДАТОК А

Міністерство освіти і науки України  
 Вінницький національний технічний університет  
 Факультет електроенергетики та електромеханіки  
 Кафедра електричних станцій та систем

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Завідувач кафедри ЕСС  
д-р техн. наук., проф. Лежнюк П. Д.  
 (наук. ст., вч. зв., ініц. та прізви.)

\_\_\_\_\_ (підпис)  
 " " \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**  
 на виконання магістерської кваліфікаційної роботи  
**ПРОЕКТУВАННЯ ФОТОВОЛЬТАЇЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ У**  
**СЕЛИЩІ МІСЬКОГО ТИПУ ГОЛОБИ КОВЕЛЬСЬКОГО**  
**РАЙОНУ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ З ДОСЛІДЖЕННЯМ**  
**ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ**  
**РІЗНИХ ТИПІВ**  
08-13.МКР.004.00.004 ТЗ

Науковий керівник: к. т. н., доцент  
 \_\_\_\_\_ Бурикін О.Б.  
 (підпис)

Магістрант групи ЕСМ-18м  
 \_\_\_\_\_ Герасимчук А.А.  
 (підпис)

Вінниця 2019 р.



## **1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)**

а) актуальність досліджень обумовлена тим, що одним із перспективних способів виробітку електричної енергії є перетворення сонячної енергії в електричну.

б) наказ ректора ВНТУ № 238 від 28 вересня 2018 р. про затвердження тем магістерської кваліфікаційної роботи.

## **2. Мета і призначення МКР**

а) проектування фотовольтаїчної електростанції у смт. Голоби Ковельського р-ну Волинської обл. з дослідженням ефективності використання сонячних панелей різних типів.

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

## **3. Джерела розробки**

Список використаних джерел розробки:

1. Методичні рекомендації до розділу «Охорона праці» в дипломних роботах (для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Укл. – Бондаренко Є.А. – Вінниця.
2. [www.ecotown.com.ua](http://www.ecotown.com.ua)
3. Атлас. Географія України. – К.: Державне науково-виробниче підприємство «Картографія», 2005. – 48 с.
4. Кудря С. О., Яценко Л. В., Душина Г. П., Шинкаренко Л. Я., Довга В. Т., Васько П. Ф., Бриль А. О., Шурчков А. В., Забарний Г. М., Жовмір М. М., Віхарєв Ю. А. «Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України»- К., 2001. - 41с.
5. Закон України «Про альтернативні джерела енергії».
6. Кодекс законів про працю України.
7. Нетрадиционные источники энергии. – К.: Вища школа, 1998. – 62 с.
8. Солнечная энергетика: учеб. пособие для вузов / В.И. Виссарионов, Г.В. Кузнецова, Н.К. Малинин; под ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 276 с.

9. ДСТУ 3440-96 «Системи енергетичні. Терміни та визначення»

#### 4. Технічні вимоги до виконання МКР

При проектуванні фотовольтаїчної електростанції у селищі міського типу Голоби Ковельського району розглянуті наступні питання:

- аналіз екосистеми Волинської області;
- аналіз доцільності встановлення фотовольтаїчної електростанції у Волинській області;
- аналіз доцільності будівництва ФЕС у смт.Голоби;
- динаміка виробництва електроенергії сонячними панелями різних типів;
- вибір електрообладнання;
- оцінка впливу на навколишнє середовище;
- заходи з енергозбереження.

#### 5. Економічні показники

Визначити основні техніко-економічні показники роботи електростанції і на основі їх аналізу зробити висновок про доцільність спорудження такої станції.

#### 6. Етапи МКР та очікувані результати

| № етапу | Назва етапу  | Термін виконання |          | Очікувані результати  |
|---------|--|------------------|----------|---|
|         |  | початок          | кінець   |   |
| 1       | Розробка технічного завдання   | 17.09.19         | 20.09.19 | формування технічного завдання  |
| 2       | Вступ. Дослідження способів перетворення сонячної електроенергії в електричну. | 21.09.19         | 24.09.19 | аналітичний огляд літературних джерел, задачі досліджень, розділ 1 ПЗ |
| 3       | Аналіз екосистеми Волинської області   | 25.09.19         | 26.09.19 | розділ 2  |
| 4       | Техніко-економічне обґрунтування   | 26.09.19         | 30.09.19 | розділ 3  |
| 5       | Аналіз доцільності   | 12.10.19         | 22.10.19 | розділ 4  |

|   |  |          |          |                      |
|---|--|----------|----------|----------------------|
|   | будівництва сонячної електростанції в смт.Голоби Ковельського району Волинської області. |          |          |                      |
| 6 | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях  | 23.10.18 | 26.10.19 | розділ 6             |
| 7 | Конструювання сонячних енергетичних установок.   | 26.10.19 | 08.11.19 | розділ 5             |
| 8 | Вибір електрообладнання.   | 10.11.19 | 17.11.19 | розділ 7             |
| 8 | Оформлення пояснювальної записки   | 17.11.19 | 19.11.19 |                      |
| 8 | Виконання графічної частини та оформлення презентації                                    | 20.11.19 | 10.12.19 | плакати, презентація |

### **7. Матеріали, що подаються до захисту МКР**

Пояснювальна записка МКР, відгук наукового керівника, відгук рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

### **8. Порядок контролю виконання та захисту МКР**

Виконання етапів розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.



### **9. Вимоги до оформлення МКР**

Вимоги викладені в «Положенні про кваліфікаційну роботу у Вінницькому національному технічному університеті (БДР (БД), ДП (ДР), МКР)», 2015р.

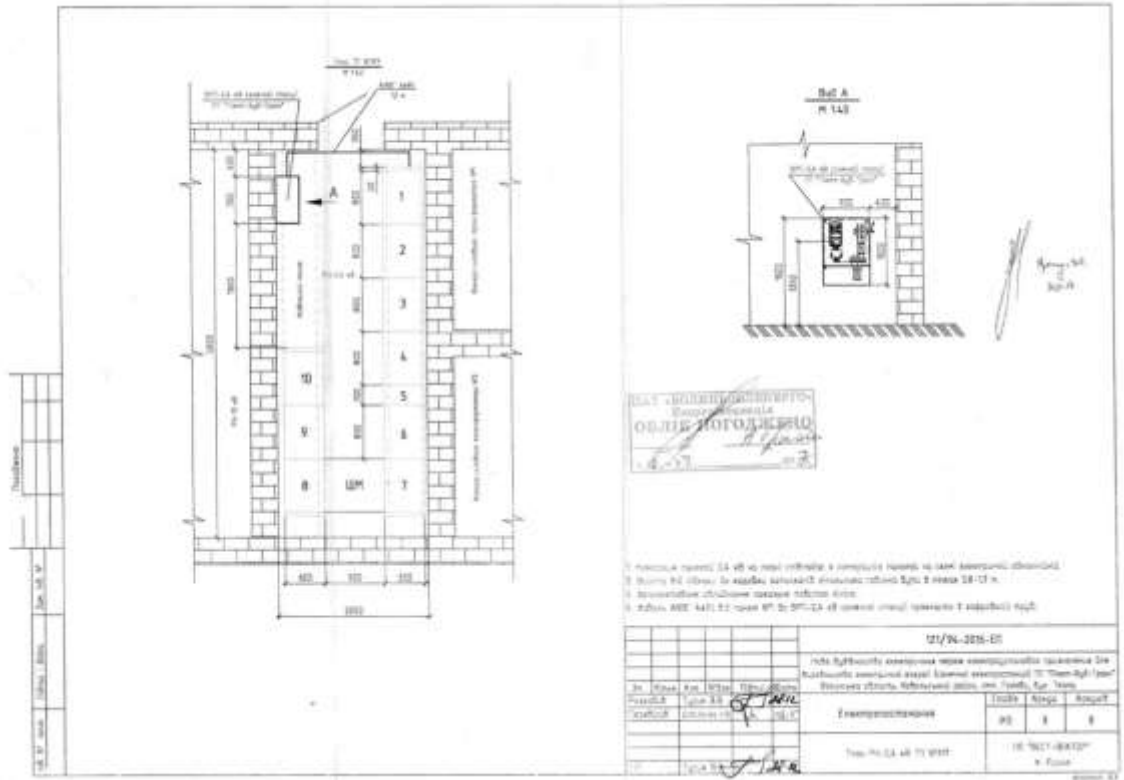
### **10. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом**

Відсутні.

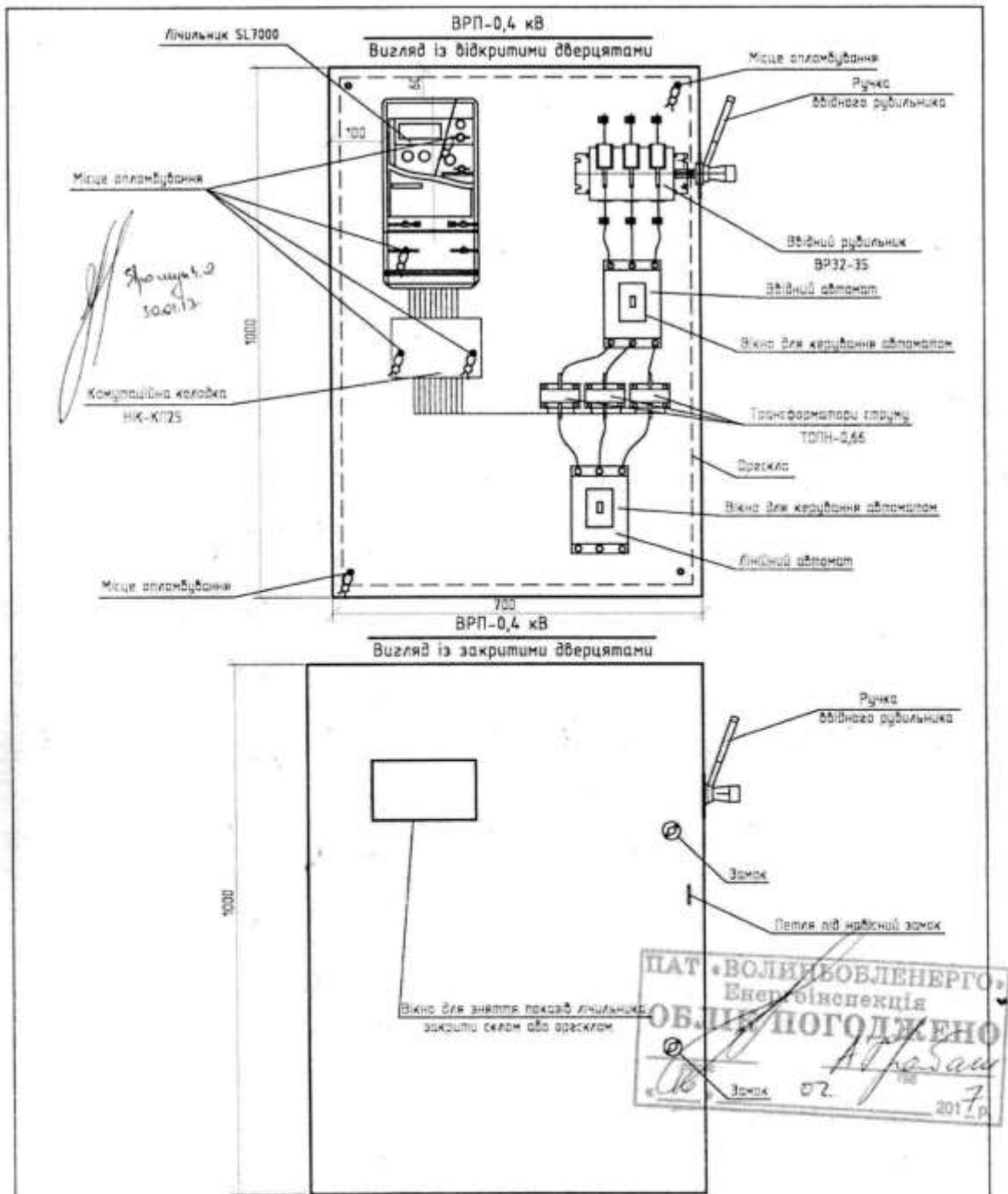
## ДОДАТОК Б

|  |  |
|--|--|
| ПОГОДЖЕНО<br><br>Директор<br>ПП «ВЕСТ-ВЕКТОР»<br>Підприємство<br>Волинський В.Д.<br>2016 р.   | ЗАТВЕРДЖЕНО<br><br>Директор<br>ПП «Пікет-Буд-Транс»<br>Маковецький Б.Г.<br>2016 р.   |
| <b>ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ</b>  |  |
| на проектуванні об'єкту: робочий проект «Нове будівництво електричних мереж електроустановок призначених для виробництва електричної енергії (сонячної електростанції) ПП «Пікет-Буд-Транс» Волинська область, Ковельський район, смт. Голоби, вул. Ткача» |  |
| ПІДГРУНТЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ   | Договір на проектування. Технічні умови договору на приєднання до електричних мереж 526-8018/16 від 09.12.2016р.   |
| ТИП БУДІВНИЦТВА  | Нове будівництво.  |
| ЗАМОВНИК   | ПП «Пікет-Буд-Транс» Волинська обл., Рожищенський р-н, с. Переспа, вул. Червоноармійська, 9а   |
| ПРОЕКТУВАЛЬНИК   | ВП «ВЕСТ-ВЕКТОР», м. Луцьк, вул. Фабрич  |
| СТАДІЙНІСТЬ ПРОЕКТУВАННЯ   | Робочий проект.  |
| ВКАЗІВКИ ПРО НЕОБХІДНІСТЬ:   | 6.1. Запроектувати шафу в РУ-0,4 кВ ТП № розрахунковим засобом обліку двонаправленої активної та реактивної електроенергії;<br>6.2. Запроектувати автоматизовану систему комерційного обліку електроенергії (АСКО)<br>6.3. Запроектувати ЛЕП-0,4 кВ від РУ-0,4 кВ №317 до ВРП-0,4 кВ об'єкта. План траси переріз проводу/кабелю визначити проектом |
| ДОДАТКОВІ ВИМОГИ ДО ПРОЕКТУ  | 7.1. Всі проекти рішення попередньо погодити з відповідними службами і установами.<br>7.2. Додаткові проекти роботи при зміні умов цього завдання виконуються по додатковій інструкції.  |
| СКЛАД ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ   | Склад, порядок розробки і вимоги до проектування документації повинні відповідати вимогам А.2.2-3,2004 та ДСТУ Б А.2.4-4:2009.   |
| ОМПЛЕКТНІСТЬ ДОКУМЕНТАЦІЇ  | Проектна документація оформляється в чотирьох примірниках. Проектна документація оформляється та передається Замовнику проекту в чотирьох примірниках.   |

ДОДАТОК В



ДОДАТОК Г



1. Відстані між корпусом розрахункового лічильника і стінками та дверцятами мають бути не меншими ніж 0,05 м.

|           |        |                |        |                    |  |        |       |         |
|-----------|--------|----------------|--------|--------------------|--|--------|-------|---------|
|           |        |                |        |                    | 121/94-2016-EP   |        |       |         |
|           |        |                |        |                    | Набє будівництва електричних мереж електроустановок призначених для виробництва електричної енергії (сонячної електростанції) ПП "Пікел-Буд-Транс" Волинська область, Кабельський район, смт. Галаба, вул. Тчана |        |       |         |
| Зм.       | Кільк. | Арк.           | № док. | Підпис             | Дата   | Стадія | Аркуш | Аркушів |
| Розробив  |        | Турик В.В.     |        | <i>[Signature]</i> | 28.12  | РП     | 7     | 9       |
| Перевірів |        | Давиденко н.в. |        | <i>[Signature]</i> | 28.12  |        |       |         |
|           |        |                |        |                    | Електропостачання  |        |       |         |
|           |        |                |        |                    | План розміщення обладнання ВРП-0,4 кВ  |        |       |         |
|           |        |                |        |                    | ПП "ВЕСТ-ВЕКТОР" м. Луцьк  |        |       |         |
| ГП        |        | Турик В.В.     |        | <i>[Signature]</i> |  |        |       |         |

## ДОДАТОК Д

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА СИСТЕМ

МАГІСТЕРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА НА ТЕМУ:

**«ПРОЕКТУВАННЯ ФОТОВОЛЬТАЇЧНОЇ  
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ У СМТ.ГОЛОБИ  
КОВЕЛЬСЬКОГО Р-НУ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛ. З  
ДОСЛІДЖЕННЯМ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ  
РІЗНИХ ТИПВ»**

Розробила: ст.гр ЕСМ-18м  
Герасимчук А.А.

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСС  
Бурикін О.Б.

## АКТУАЛЬНІСТЬ:

Потенціал такого джерела альтернативної енергії, як сонце, є в Україні дуже потужним. По рівню сонячного випромінювання наша держава випереджає майже всі розвинені країни Європи, за винятком Італії, Греції та Іспанії. Але поки що європейський досвід використання сонячної енергії для виробництва електричної енергії вітчизняні фахівці використовують недостатньо.

За 2017 рік сонячні електростанції встановили 1200 родин, що у півтора рази більше ніж за весь 2016 рік. Лише за третій квартал 2017 року з'явилося 688 нових сонячних електростанцій домогосподарств.

Потужність сонячних електростанцій зростає навіть швидшими темпами, ніж їх кількість. Все більше домогосподарств та приватних підприємств надають перевагу встановленню більш потужних сонячних електростанцій.

Стрімкий попит населення на «сонячну» електроенергію пояснюється прийнятим у 2015 р. [Законом України № 514-VIII](#), яким надано вигідний «зелений» тариф із прив'язкою його до курсу євро. Це означає, що домогосподарство може продавати надлишок згенерованої «чистої» електроенергії в мережу і швидко повертати кошти, вкладені у сонячні панелі без застережень щодо інфляції.

2

**Об'єктом дослідження** фотовольтаїчна електростанція у смт.Голоби Ковельського р-ну Волинської обл.

**Предметом дослідження** – дослідження ефективності побудови фотовольтаїчної електростанції з панелями різних типів.

В ході розробки магістерської роботи буде розглядатися проект, розроблений для встановлення Фотовольтаїчної ЕС в смт. Голоби Ковельського району Волинської області. Величина максимального робочого навантаження даної ЕС – 80 кВт, а напруга в точці приєднання 380 В (0,4 кВ).

**Метою** магістерської дипломної роботи проектування ФЕС у смт. Голоби Ковельського району Волинської області з панелями, які є найефективнішими.

3



## ФОТОВОЛЬТАЇЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ



4

## ТИПИ СЕС

СЕС БАШТОВОГО  
ТИПУ



СЕС  
ТАРІЛЬЧАСТОГО  
ТИПУ

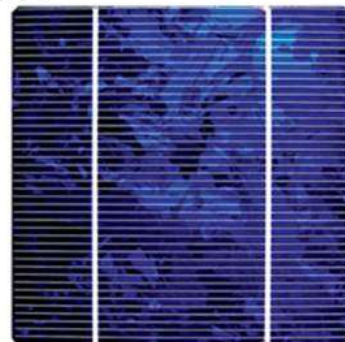


5

## ТИПИ ПАНЕЛЕЙ



Монокристалічна



Полікристалічна



Тонкоплівкова

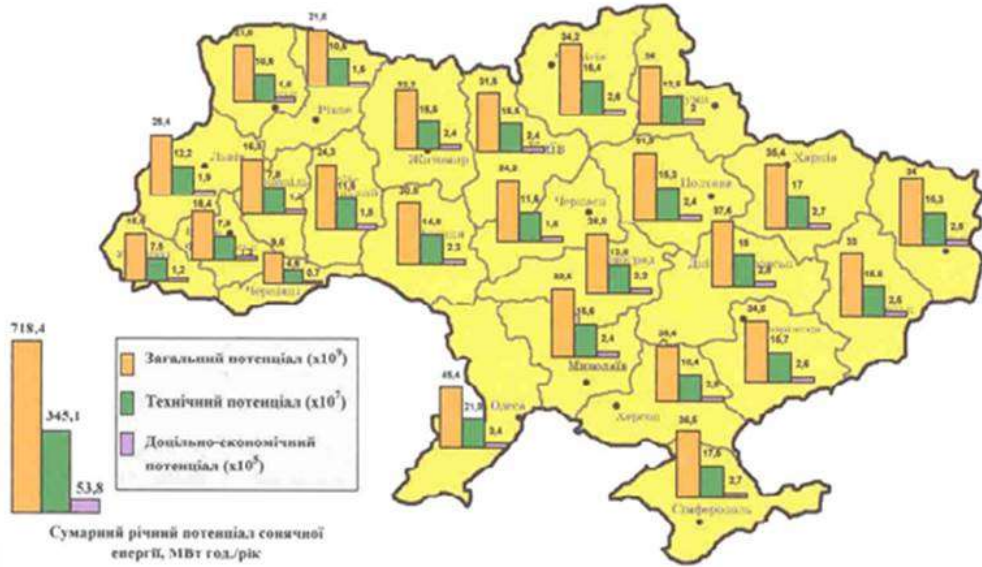
6

## ПОРІВНЯЛЬНА Х-КА ТИПІВ ПАНЕЛЕЙ

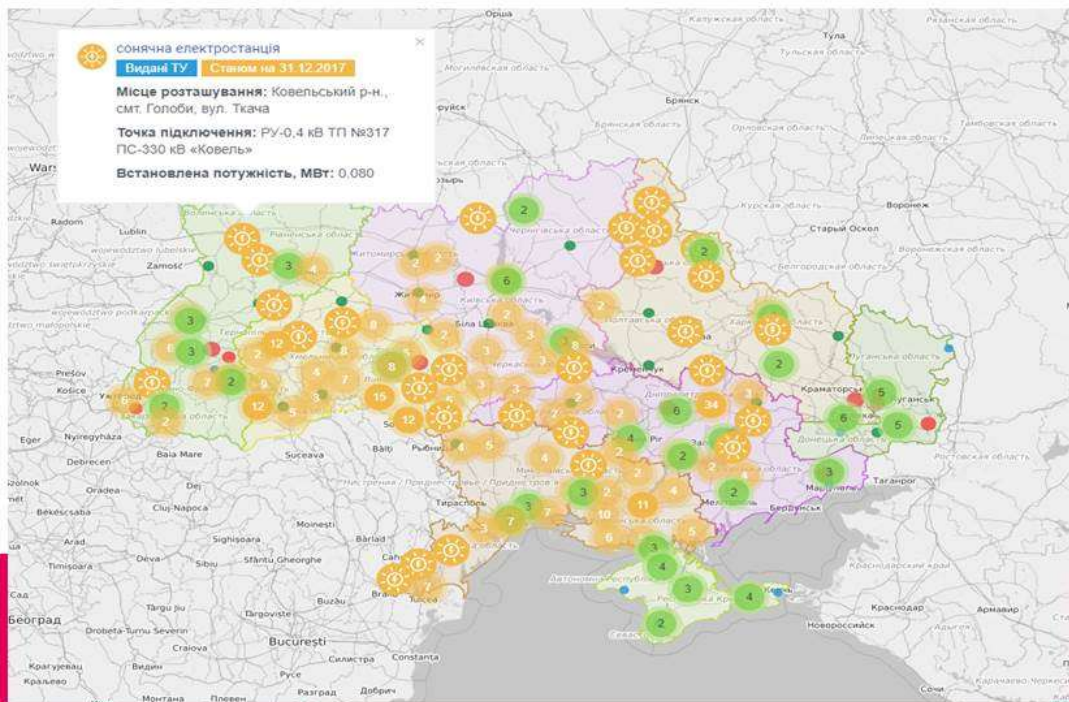
| Характеристика<br>Тип панелей          | Монокристалічні                  | Полікристалічні | Тонкоплівкові    |
|--|----------------------------------|-----------------|------------------|
| ККД, %                                 | 15-18                            | 13-16           | 5-11             |
| Вартість                               | Висока                           | Середня         | Низька           |
| Термін експлуатації, років             | 25                               | 25              | 20               |
| Вага, кг                               | 21,1                             | 18              | 1                |
| Кут сонячного випромінювання, градусів | 90                               | -               | -                |
| Місце використання                     | Домогосподарства і промисловість | Промисловість   | Домогосподарства |

7

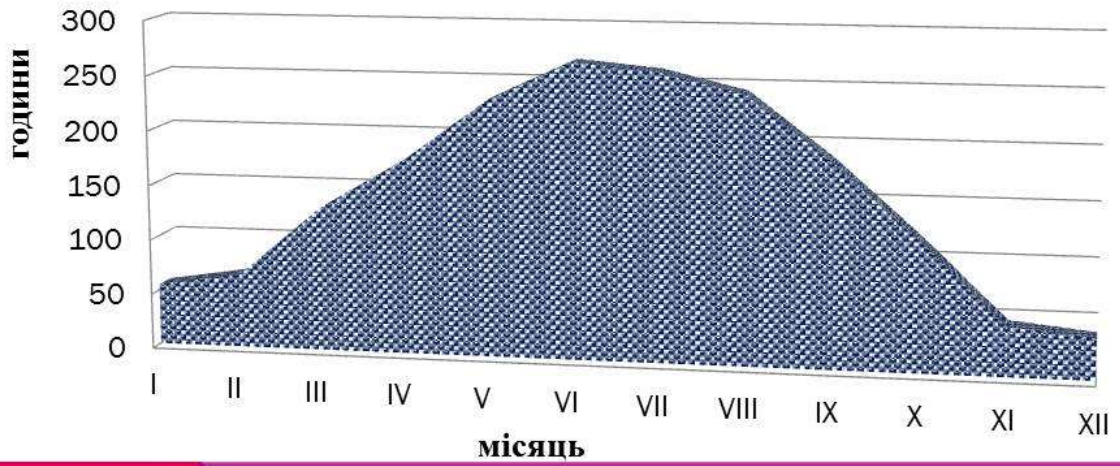
## ПОТЕНЦІАЛ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ



## АНАЛІЗ ЕКОСИСТЕМИ КОВЕЛЬСЬКОГО РАЙОНУ

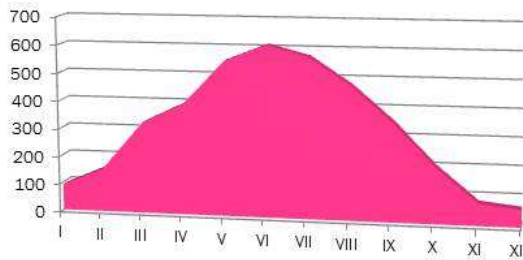


СЕРЕДНЯ ТРИВАЛІСТЬ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ У  
С.М.Т. ГОЛОБИ, ГОДИН.



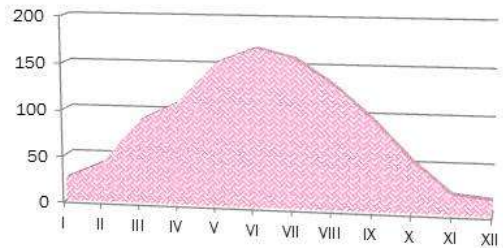
СУМАРНЕ НАДХОДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ НА  
ГОРИЗОНТАЛЬНУ ПОВЕРХНЮ

МДж/м<sup>2</sup>



місяць

кВт·год/м<sup>2</sup>



місяць

## ДИНАМІКА ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СОНЯЧНИМИ ПОЛКРИСТАЛІЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ ПРОТЯГОМ РОКУ



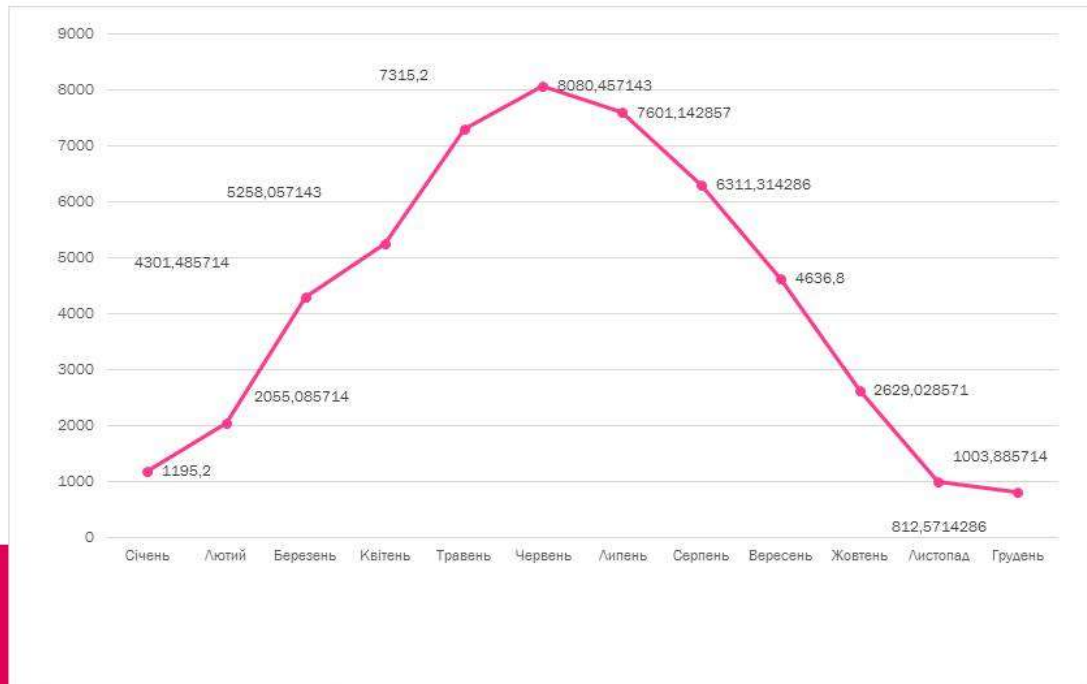
12

## ДИНАМІКА ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СОНЯЧНИМИ МОНОКРИСТАЛІЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ ПРОТЯГОМ РОКУ



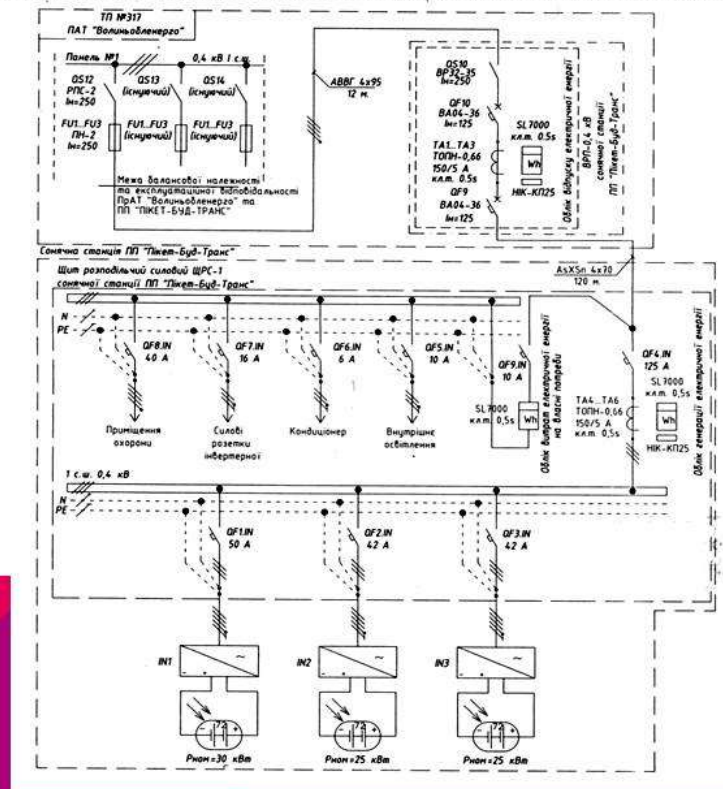
13

## ДИНАМІКА ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СОНЯЧНИМИ ТОНКОПЛІВКОВИМИ ПАНЕЛЯМИ ПРОТЯГОМ РОКУ



14

## ОДНОЛІНІЙНА СХЕМА З ЗАЗНАЧЕННЯМ ТОЧОК ОБЛІКУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПОТУЖНІСТЮ 80 КВТ.



15

## ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Інвертор марки  
STP25000TL



Лічильник марки  
SL 7000



Рубильник ВР 32-  
35



Інвертор марки Huawei Sun  
2000 33KTL-A



Трансформатор  
ТОПН-0,66 150/5 А



16

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

| Е <sub>річ</sub> – величина<br>чистого річного<br>економічного<br>ефекту | Вартість 320<br>сонячних<br>панелей | Загальна<br>вартість<br>інверторів | Додаткові<br>витрати |
|--|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| 374330,56<br>грн   | 374330,56<br>грн                    | 342999<br>грн                      | 128500<br>грн        |

$$T_{ок} = \approx 4 \text{ роки.}$$

17

## ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто сонячну електростанцію потужністю 80 кВт та її роботу в електричній мережі.

В результаті проведеної роботи був змодельований такий комплекс, що складається із 320 сонячних панелей, потужність кожної з яких = 250 Вт та трьох інверторів потужність одного з яких 30 кВт, двох інших – 25 кВт.

В результаті аналізу ефективності сонячних панелей було виявлено, що найкращий коефіцієнт корисної дії у монокристалічних елементів, а тому вони є найефективнішими для встановлення їх на даній ФЕС.

Досліджена економічна складова пропозиції. Сонячні панелі та устаткування до них є рентабельними для використання у кліматичних умовах Ковельського району у смт. Голоби і окупають себе менше, ніж за 5 років із запасом подальшої експлуатації 15-20 років.

**ДЯКУЮ ЗА  
УВАГУ!**