

УДК 681.518.2

## ВИЗНАЧЕННЯ АНАЛІТИЧНОГО ВИРАЗУ ІМОВІРНОСТІ НАДХОДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Голик О. П., к.т.н.,

Жесан Р. В. к.т.н.,

Зубенко В. О., к.т.н.

*Кіровоградський національний технічний університет*

Телефон: 0665201940

**Анотація** – в статті наведено аналітичну функцію імовірнісних характеристик інтенсивності сонячного випромінювання за сезонами року (в умовах Кіровоградського регіону), що дає можливість використовувати її при проектуванні систем енергозабезпечення з використанням сонячних установок

**Ключові слова:** сонячна установка, енергопотенціал, інтенсивність сонячного випромінювання, функція імовірності

*Постановка проблеми.* Наразі Україна перебуває в умовах енергетичної кризи. Нестача власних традиційних енергоресурсів призводить до необхідності пошуку альтернативних джерел енергії.

Згідно [1] до альтернативних джерел належать енергія сонячна, вітрова, геотермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів.

Найпоширенішим та доступним відновлюваним джерелом енергії є сонячна енергія. Перевагами її використання є: безкоштовність, екологічна чистота, територіальна розповсюдженість та тривалість існування на перспективу. Головним недоліком є стохастичний характер надходження. Проте сонячні системи стають все більш популярними, оскільки їх використання дозволяє економити витрати на електроенергію.

Для раціонального використання енергії та надійного енергозабезпечення необхідно знати енергетичний потенціал місцевості, де планується впроваджувати сонячні установки, а саме: середньодобову

інтенсивність сонячного випромінювання (ICB) та закон розподілу сонячної енергії.

*Аналіз останніх досліджень.* Нажаль в довідникових джерелах не наводиться інформація щодо закону розподілу сонячної енергії та середньодобової ICB, можна знайти лише інформацію про середньомісячні значення.

В [2-4] наведено закон розподілу ICB на основі аналізу даних метеоспостережень в Кіровоградському регіоні. Там зазначено, що в ході проведеного аналізу даних за півроку метеоспостережень в умовах Кіровоградського регіону було визначено коефіцієнти аналітичних виразів функцій, які відповідають експериментальним даним. Найкращою збіжністю результатів спостережень із розрахунковими величинами володіє розподіл Гауса.

*Формулювання цілей статті.* Метою роботи є визначення аналітичного виразу імовірності надходження ICB. Наявність аналітичного виразу дозволяє скоротити час для проведення вимірювань та може бути корисний при проектуванні систем енергозабезпечення та систем підтримки прийняття рішень при керуванні процесом енергопостачання на основі сонячної енергії.

*Основні матеріали дослідження.* Для експериментальних досліджень було взято Кіровоградський регіон. Вимірювання ICB проводилось за допомогою цифрової погодної метеостанції «Vantage Pro2™» (виробник Davis Instruments Corp., Каліфорнія, США), яка має в своєму складі датчик сонячної радіації «Davis SR Sensor». Для обробки було взято дані за 2009-2014 р.р. На рис. 1 наведено надходження ICB за 2014 рік, а на рис. 2 - середньодобову ICB, отримані з метеостанції.

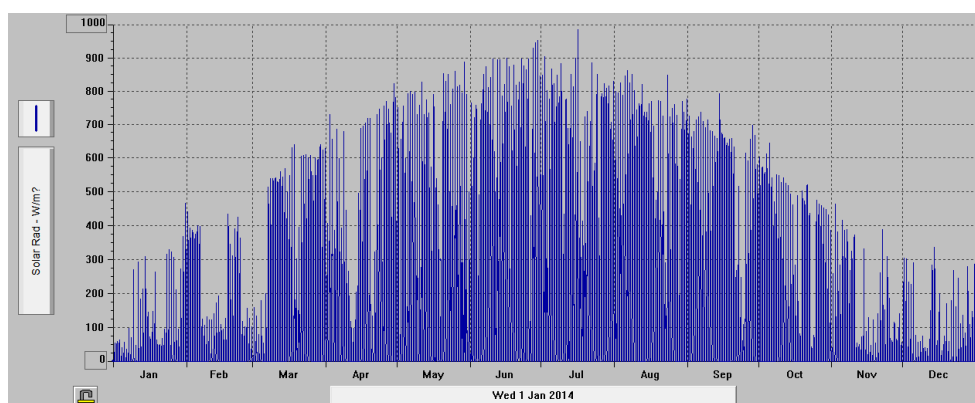


Рис. 1. Інтенсивність сонячного випромінювання в Кіровоградському регіоні.

В подальшому було проведено обробку статистичних даних з ICB з метою отримання середньодобової ICB за сезонами року в Кіровоградському регіоні представлена на рис. 3, а на рис. 4 наведена річна ICB.

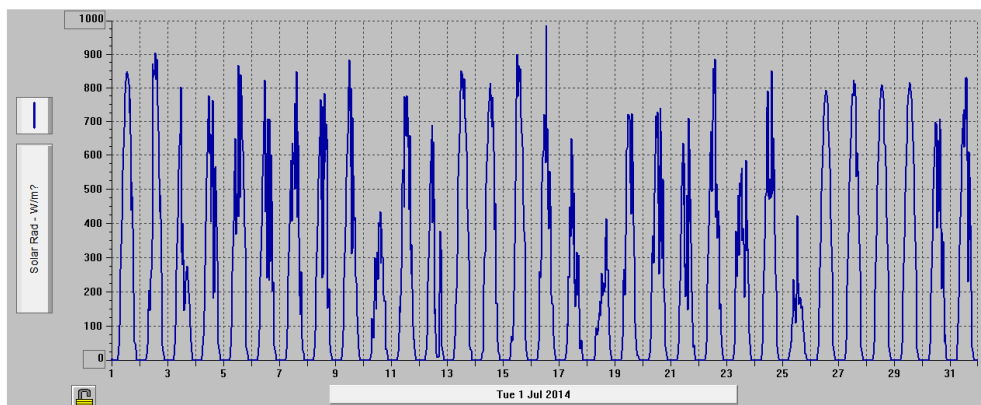


Рис. 2. Середньодобова ІСВ у липні 2014 року в Кіровоградському регіоні.

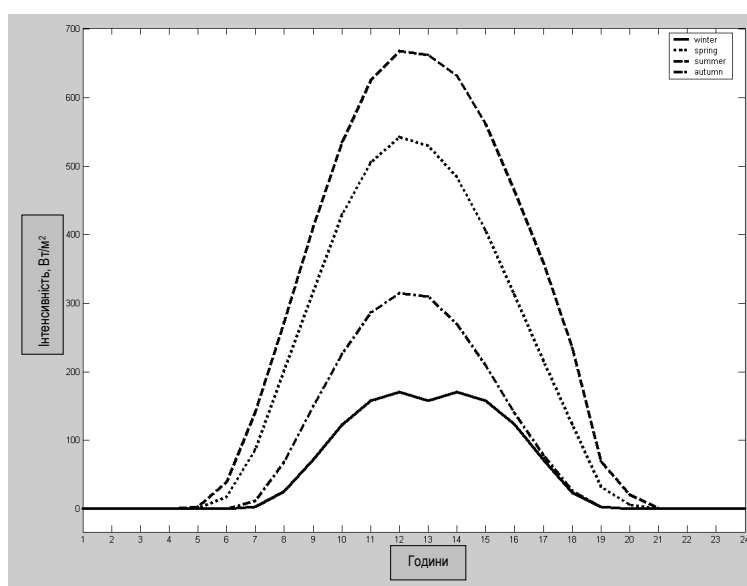


Рис. 3. Середньодобова ІСВ за сезонами року.

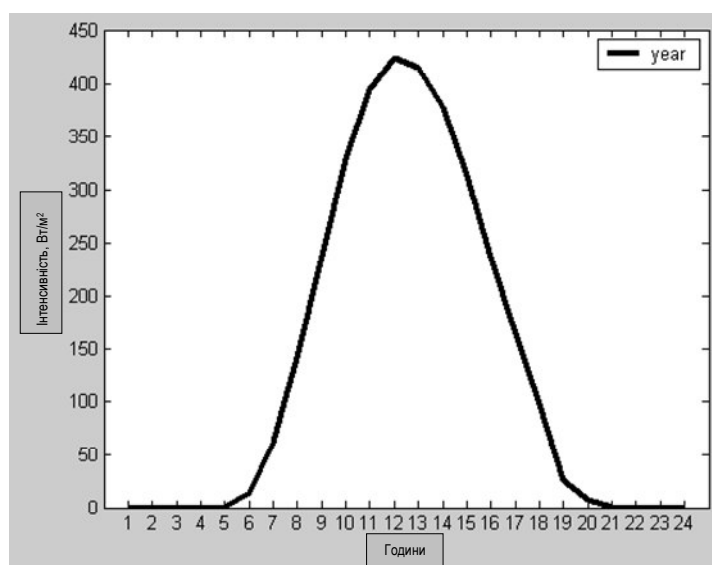


Рис. 4. Середньодобова ІСВ протягом року.

Для отримання аналітичного виразу імовірності надходження ІСВ було використано програмний пакет Matlab, а саме Toolboxes Curve Fitting. Алгоритм дій наступний.

1. Завантажуємо дані з ІСВ.
2. В модулі Curve Fitting будуємо залежність середньодобової ІСВ за сезонами року.
3. Виконуємо пошук аналітичного виразу, що відповідає експериментальним даним.
4. Виконуємо перевірку на адекватність експериментальним даним.

В нашому випадку було визначено, що узгодження результатів спостережень з розрахунковими величинами (для умов Кіровоградського регіону) дає розподіл Гауса:

$$f(x) = a_1 \cdot \exp(-((x - b_1)/c_1)^2) + a_2 \cdot \exp(-((x - b_2)/c_2)^2), \quad (1)$$

де  $x$  - інтенсивність сонячного випромінювання;

$a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$  - параметри розподілу.

На рис. 5 наведено графік аналітичної функції для умов Кіровоградського регіону.

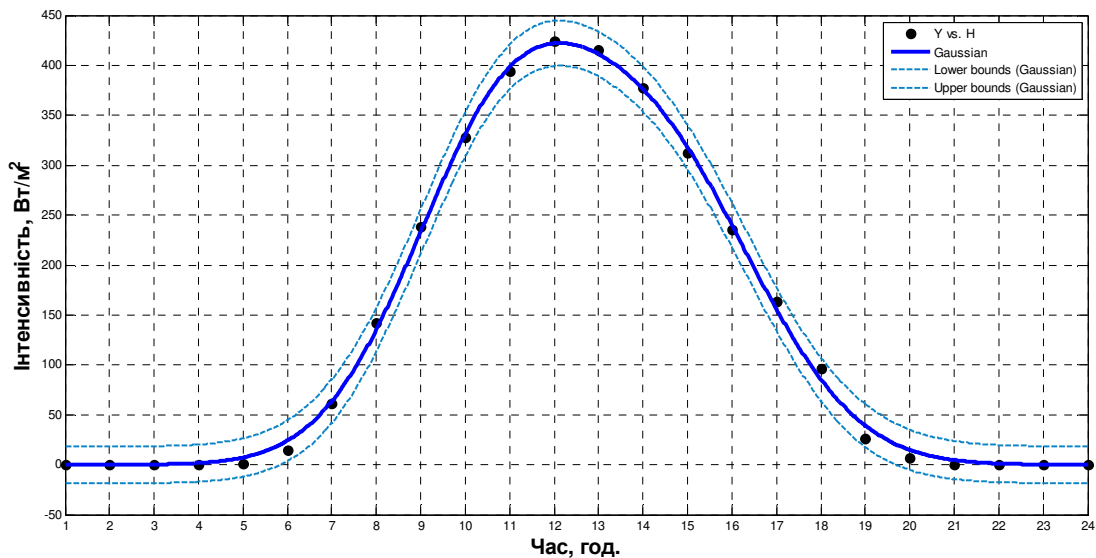


Рис. 5. Імовірнісний розподіл інтенсивності сонячного випромінювання, отриманий аналітично (розподіл Гауса).

Параметри розподілу для кожного сезону року наведені в табл. 1. При дослідженні було виявлено, що при кількості параметрів розподілу більше 5 ( $a_5, b_5, c_5 \dots$ ) збіжність результатів спостережень з розрахунковими даними стає набагато меншою.

Таблиця 1 – Параметри розподілу імовірнісної функції

зима	весна	літо	осінь	рік
$a_1 = 149,9$	$a_1 = 397,1$	$a_1 = 605,1$	$a_1 = 155$	$a_1 = 302$
$b_1 = 0,34$	$b_1 = -0,262$	$b_1 = -0,178$	$b_1 = -0,3$	$b_1 = -0,249$
$c_1 = 0,395$	$c_1 = 0,422$	$c_1 = 0,493$	$c_1 = 0,327$	$c_1 = 0,42$
$a_2 = 153,1$	$a_2 = 379,5$	$a_2 = 396,4$	$a_2 = 269,7$	$a_2 = 289,4$
$b_2 = -0,189$	$b_2 = 0,274$	$b_2 = 0,429$	$b_2 = 0,133$	$b_2 = 0,266$
$c_2 = 0,35$	$c_2 = 0,454$	$c_2 = 0,409$	$c_2 = 0,438$	$c_2 = 0,462$

*Висновок.* Наявність аналітичного виразу імовірності надходження ІСВ, одержаних на основі регулярних метеоспостережень в конкретній місцевості суттєво спрощує методику визначення енергопотенціалу та обчислення техніко-економічних показників сонячних установок і дозволяє провести моделювання її роботи.

*Список використаних джерел.*

1. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» № 555-IV від 20.02.2003 року від 25.09.2008 р., Відомості Верховної Ради України, 2009, № 13).

2. *Голик О.П.* Визначення закону розподілу інтенсивності сонячної радіації на основі аналізу даних метеоспостережень в Кіровоградському регіоні / *О. П. Голик, Р. В. Жесан* // Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні: зб. наук. статей за матеріали п'ятої міжнар. науково-практичної конф., 02-03 квітня 2009 р., Львів. – Львів: ЛьвЦНТЕІ, 2009. – С. 200-205.

3. *Голик О.П.* Аналіз даних метеорологічних спостережень за інтенсивністю сонячної радіації в Кіровоградському регіоні з метою створення системи автоматичного керування автономним енергопостачанням на основі сонячно-вітрових установок / *О. П. Голик, Р. В. Жесан* // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць Кіровоград. нац. техн. ун-ту – 2009. – Вип. 22. – С. 164-172.

4. *Голик О.П.* Моделювання, з використанням методу Монте-Карло, інтенсивності сонячного випромінювання, як джерело даних для створення системи автоматичного керування автономним енергопостачанням на основі відновлюваних джерел енергії / *О. П. Голик, Р. В. Жесан* // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: зб. наук. праць за матеріалами міжнар. наук. конф., 18-22 травня 2009 р., Євпаторія. Т. 1 – Херсон: ХНТУ, 2009. – С. 43-47.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО ВЫРАЖЕНИЯ  
ВЕРОЯТНОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ  
СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Голик Е. П., Жесан Р. В., Зубенко В. А.

*Аннотация* – в статье приведена аналитическая функция вероятностных характеристик интенсивности солнечного излучения по сезонам года (в условиях Кировоградского региона), что дает возможность использовать ее при проектировании систем энергообеспечения с использованием солнечных установок.

**DEFINITION OF AN ANALYTIC EXPRESSION FOR THE  
PROBABILITY TO EXPOSURE INTENSITY OF SOLAR  
RADIATION**

O.P. Holyk, R.V. Zhesan, V.O. Zubenko

*Summary*

The article presents an analytic function of the probability characteristics of solar radiation on the seasons of the year (in terms of Kirovograd region), which makes it possible to use it in the design of energy systems using solar installations.