

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для виконання індивідуальної
розрахунково-графічної роботи
з дисципліни

«ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ»

*(для студентів 1, 2 курсів денної, 2 курсу заочної форм навчання
та слухачів другої вищої освіти зі спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*

Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2017

Методичні вказівки до виконання індивідуальної розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Технологія виробництва електроенергії» (для студентів 1, 2 курсів денної, 2 курсу заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : В. А. Маляренко, С. І. Доценко. — Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017 — 19 с.

Укладачі: д-р техн. наук **В. А. Маляренко**
канд. техн. наук **С. І. Доценко**

Рецензенти: проф. М. Л. Лисиченко,
доц. В. М. Гаряжа

*Рекомендовано кафедрою електропостачання міст,
протокол № 5 від 15.11.2016 р.*

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	5
1.1 Сонячне випромінювання	5
2 ОБРАННЯ ВАРІАНТУ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ	9
2.1 Графік і споживання електроенергії	9
3 КОНСТРУКЦІЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ	12
4 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ	14
ВИСНОВОК	17
ЛІТЕРАТУРА	18

ВСТУП

У всі часи для забезпечення своєї життєдіяльності, задоволення різноманітних потреб людей створював, удосконалював і розвивав різні види виробництва. Винахід паливних двигунів, а потім і електричних машин, стало свого часу значним подією в розвитку енергетики. Воно визначило і сучасний стан електроенергетики, в основі якої лежать теплові електростанції, що працюють на різному викопному паливі.

Але останнім часом, коли здавалося, що перспективи традиційної енергетики на викопному паливі досить стійкі, в наростаючому темпі почали виявлятися її негативні сторони - забруднення навколишнього середовища в поєднанні з швидким зменшенням легкодоступних запасів вугілля, нафти, газу. Так, за даними ЮНЕСКО [1], при збереженні існуючих тенденцій споживання світових запасів викопного палива вистачить на 40 - 100 років.

Природно, що людство спробувало зреагувати на з'являються проблеми і було висунуто ряд рішень щодо їх подолання. У зокрема, були знайдені можливості використання термоядерних реакцій, які можуть забезпечити людство енергією на багато тисячоліть. Однак, екологічні проблеми при цьому не знімаються, а навпаки, ще більше загострюються через необхідність зберігання радіоактивних відходів і можливості аварій атомних електростанцій. Таким чином, можна полу-гати, що освоєння атомної енергії не усуває проблем енергозабезпечення.

В даний час в багатьох країнах світу (в тому числі розвинених, які володіють атомною енергією) все більша увага приділяється відновлюваним джерелам енергії (ВДЕ), при цьому досліджуються можливості використання енергії Сонця, вітру, річок, припливів біопалива та ін. ВДЕ знаходяться в природі в природному стані, тому не створюють екологічних проблем, і в силу своєї відновлюваності є невичерпними. Однак, застосування ВДЕ для енергопостачання різних об'єктів в даний час теж в деякій мірі є проблематичним.

Так, для деяких ВДЕ характерна мінливість потужності у часі. Причому графік зміни потужності ВДЕ може не збігатися з графіком потреби в енергії (проблема розбіжності). Крім того, в цей час капітальні витрати на спорудження енергоустановок на основі ВДЕ перевищують капітальні витрати на енергоустановки на викопному паливі (проблема вартості). Існують і ще менш значущі проблеми, пов'язані в основному з конструкцією енергоустановок на ВДЕ. Однак, всі ці проблеми не є принципово непереборними, а породжені, на наш погляд, недостатньою розробкою питань використання ВДЕ. Різноманітність ВДЕ, сучасні досягнення науки і техніки в галузі електротехніки (включаючи акумуляування і підвищення к.к.д. електроприймачів), а також безперервне зростання вартості традиційної енергії на тлі зниження вартості енергоустановок на ВДЕ [1, 2, 8] дають можливість сподіватися на успішне подолання основних проблем їх використання.

З огляду на високу розосередженість і близькість ВДЕ до споживачів, а також необхідність акумуляування енергії, особливо привабливим стає енергозабезпечення на їх основі невеликих об'єктів.

Виходячи з викладеного, метою цієї роботи є розробка ефективної системи енергопостачання на основі ВДЕ типової котеджної садиби.

1. АНАЛІЗ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

1.1. Сонячне випромінювання

Одним з перспективних ВДЕ є сонячне випромінювання. Так, повна середня потужність сонячного випромінювання на Землю становить $1,2 \times 10^{17}$ Вт, тобто на одну людину припадає близько 30 МВт [1].

Потужність сонячного випромінювання залежить від широти місцевості, пори року і доби. Крім того, потужність сонячного випромінювання, яка практично досягає поверхні Землі (тобто за вирахуванням втрат в атмосфері), залежить також і від стану атмосфери (наявність хмар, туману, пилу і т. п.). Так як стан атмосфери залежить від багатьох випадкових факторів, то добові і річні графіки надходження сонячної енергії мають складний характер. Графіки їх зміни при цьому можна представити двома величинами:

- детермінованою, функціонально пов'язаною з часом доби, року і широтою місцевості;

- випадковою, що залежить від стану атмосфери.

Математичний вираз потужності при цьому має вигляд:

$$S_2 = S_2(t, T, f) \frac{S(x)}{F}, \quad (1.1)$$

де S_2 – щільність потужності сонячного випромінювання, яке досягає горизонтальної поверхні Землі Вт / м²;

$S_2(t, T, f)$ – функція щільності сонячного випромінювання на горизонтальну поверхню від часу доби, пори року, широти місцевості;

$S(x)$ – втрати потужності сонячного випромінювання в атмосфері, Вт;

F – горизонтальна проекція поверхні Землі, над якою вимірюється сонячне випромінювання, м²;

$S_{к2} = S_2(t, T, f)$ називається відповідно зі своєю сутністю космічним сонячним випромінюванням [1].

Введемо поняття коефіцієнта прозорості:

$$k_{np} = \frac{S_2}{S_{к2}}, \quad (1.2)$$

Маючи на увазі (1.1.), отримуємо:

$$k_{np} = 1 - \frac{S(x)}{S_{к2}}, \quad (1.3)$$

де $s(x) = \frac{S(x)}{F}$ – щільність втрат потужності сонячного випромінювання в атмосфері, Вт / м²

Теоретично коефіцієнт прозорості може змінюватися від 1 (втрати в атмосфері дорівнюють нулю) до 0 (сонячне випромінювання повністю втрачається в атмосфері). Практично k_{np} знаходиться в границях 0-0,8. Це обумовлено тим, що навіть в абсолютно ясну погоду відбувається поглинання та відбиття сонячного випромінювання молекулами повітря.

Введення коефіцієнта прозорості дозволяє записати (1.1) в наступному вигляді:

$$S_2 = k_{np} \cdot S_2(t, T, f) = k_{np} \cdot S_2, \quad (1.4)$$

Функція космічного сонячного випромінювання в силу своєї строгої детермінованості добре вивчена і затабульована [7].

На рисунку 1.1 наведено графік функції $S_2(T)$ – залежність щільності потужності космічного сонячного випромінювання від пори року для широти Ростовської області.

Тут же показаний графік добової енергії космічного сонячного випромінювання, побудований за даними [1].

Відзначимо, що потужність сонячного випромінювання, що падає на одиничну площадку зорієнтовану якимось чином, залежить від орієнтації цього майданчика. Для орієнтації одиничної площадки введемо наступні параметри (рис. 1.2):

h – кут висоти Сонця над горизонтом;

β – кут нахилу майданчика над горизонтом;

γ – азимутальний кут, тобто кут відхилення проекції нормальний до майданчика від напрямку на сонячний полудень.

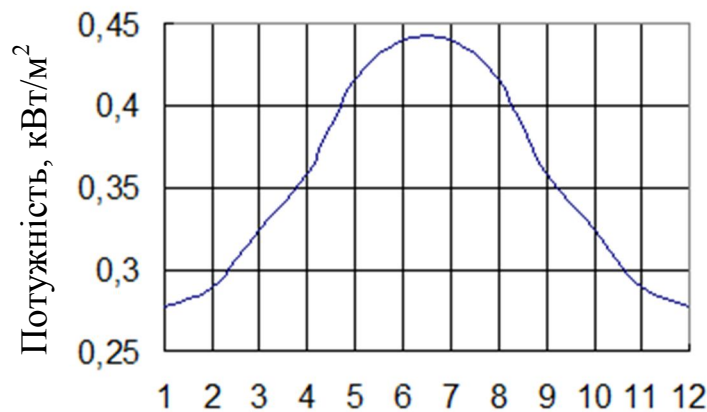


Рисунок 1.1 – Середня потужність сонячного випромінювання на горизонтальну площу.

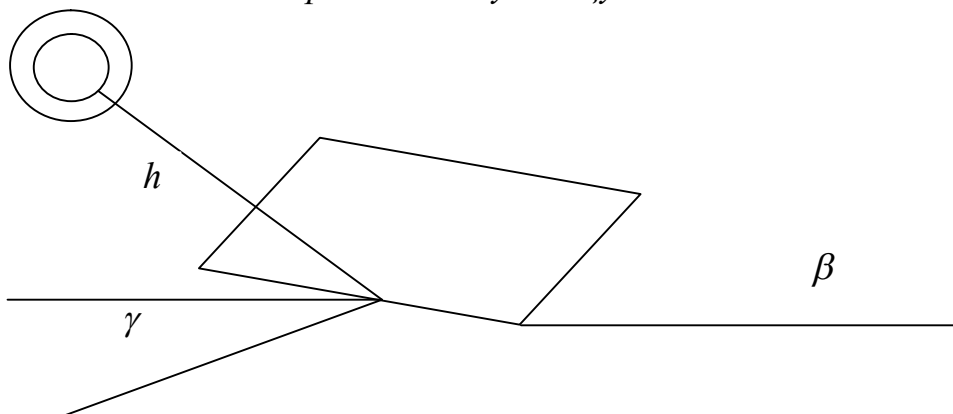


Рисунок 1.2 – Параметри орієнтації: h – кут висоти Сонця, градус, β – кут нахилу, градус, γ – азимут.

Згідно рисунку 1.2 найбільша щільність потужності космічного сонячного випромінювання буде при збігу нормалі до площадки і напрямлення на Сонце. Так як положення Сонця щодо Землі безперервно змінюється протягом року і доби, то для отримання максимально можливої щільності потужності

сонячного випромінювання кути β і γ повинні змінюватися безперервно, тобто необхідно безперервне спостереження за Сонцем.

Однак, як показали численні роботи [1, 3, 5], при цьому сильно збільшується вартість сонячної установки, перевищуючи вартість прибавки потужності від стеження. У зв'язку з цим, для малопотужних сонячних установок найбільш ефективними є фіксовані сонячні приймачі (колектори) [1, 5].

Слід зазначити, що орієнтація фіксованого сонячного колектора не очевидна. Це пояснюється наступними причинами:

- щільність потужності сонячного випромінювання залежить від прозорості атмосфери (див. (1.4.));
- графік споживання потужності може бути зміщений на протязі доби.

На рисунку 1.3 наведено приклад щільності потужності сонячного випромінювання, реально падаючого на сонячний колектор. Тут передбачається, що в ранкові години немає хмарності, а в післяобідні години з'являється хмарність. Якщо такі умови є статистично стійкими, то очевидно, що доцільно орієнтувати сонячний колектор не строго на південь, а на південний схід, причому більш точно його положення повинно визначатися спеціальними оптимізаційними розрахунками.

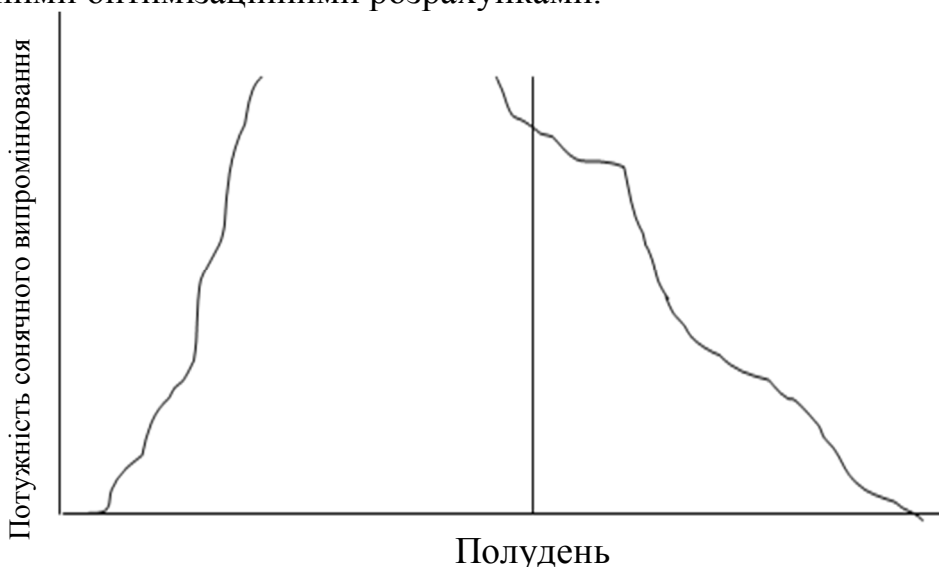


Рисунок 1.3 – Приклад розподілу сонячного випромінювання протягом доби

Таким чином, для орієнтації сонячних колекторів необхідні статистичні дані про прозорість атмосфери або при реальних добових графіках надходжень через атмосферу потоків сонячної енергії

За сонячним випромінюванням стежать метеорологічні станції в рамках державних програм метеорології, тому є досить статистичних даних по графіках надходження сонячної енергії.

Проаналізуємо, як можна використовувати ці статистичні дані для створення сонячних енергоустановок.

Як уже зазначалося, для сонячних енергоустановок малої потужності найбільш ефективним є фіксований сонячний колектор, причому його орієнтація визначається статистичним графіком сонячного випромінювання.

Сонячне випромінювання залежить від часу доби і року, і прозорості атмосфери, тому для орієнтації сонячного колектора необхідно мати відповідні середньостатистичні дані.

У таблиці 1.1 наведені дані про статистичний розподіл щільності сонячного випромінювання, які можуть бути використані для визначення положення колектора.

За даними таблиці 1.1 визначається сума одержуваної сонячної енергії за будь-який період року.

Таким чином проведений аналіз показав, що сонячне випромінювання має досить енергії і існує досить статистичних даних і математичний апарат для проектування сонячних енергоустановок.

Таблиця 1.1 – Питома потужність сонячного випромінювання на горизонтальну поверхню

Години доби	Потужність сонячного випромінювання випромінювання, Вт/м ²			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
5	0	15,5	38,8	0
6	0	50,4	124,1	11,6
7	3,9	112,4	228,7	46,5
8	16,9	190,0	337,3	100,8
9	31,0	263,6	422,6	155,1
10	42,6	314,0	492,3	193,8
11	54,3	337,3	500,1	221,0
12	58,2	325,6	507,8	217,1
13	46,5	279,1	461,3	182,2
14	31,0	232,6	383,8	155,1
15	15,5	174,5	298,5	100,8
16	3,5	96,9	201,6	42,6
17	0	42,6	108,5	7,8
18	0	11,6	31,0	0
19	0	0	3,9	0

2. ВИБІР ВАРІАНТУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Графіки споживання електроенергії

Енергія, споживана котеджною садибою, витрачається на обігрів і приведення в дію різних електроприймачів. Для обігріву в котеджах традиційно використовується викопне тверде або газоподібне паливо, рідше рідке паливо. Застосування для цих цілей електроенергії швидше є анахронізмом, ніж перспективним напрямком.

Якщо виключити з розгляду обігрів, то інші споживачі є електричними і вимагають електроенергії. У зв'язку з цим, для проектування електропостачання необхідно мати інформацію про графіки електроспоживання або зміни споживаної потужності.

У керівних вказівках з проектування електропостачання наведені дані про максимальне навантаження на ввіді в котеджний житловий будинок, яка становить 1,5 ... 7,5 кВт в залежності від наявності газифікації місцевості і способу життя. Однак, дані про зміну навантаження протягом доби не наводиться. У той же час, через те, що графіки надходження енергії від ВДЕ не управляються людиною, для вибору варіанту електропостачання необхідно знати графіки споживання електроенергії.

Споживання електроенергії є випадковою величиною, і для отримання графіків рекомендується проводити відповідні вимірювання, накопичуючи статистичні дані. Однак, такий метод отримання графіків електроспоживання є трудомістким, вимагає великої кількості спостережуваних об'єктів і тривалого часу спостережень. Так, для отримання графіка з надійністю 0,9 і при довірчому інтервалі 30% необхідно піддати спостереженнями 622 сільські будинки [11], причому всі вони повинні бути однотипними, а спостереження повинні проводитися протягом року.

Відомі інші методи отримання графіків електроспоживання, наприклад метод експертної оцінки. Цей метод заснований на опитуванні респондентів і дозволяє значно скоротити термін отримання необхідної інформації. Однак, для отримання достовірних даних необхідна значна кількість об'єктів (тобто експертів), що також важко реалізувати.

У [10] розроблена методика отримання достовірних даних про графіки електроспоживання від невеликого числа експертів. Ця методика заснована на правилі приведення однієї випадкової величини до іншої. Сутність цього правила полягає в наступному.

Нехай величиною, яка приводиться є випадкова величина Y , тобто необхідно так змінити $y_1, y_2 \dots y_m$, щоб $Y^* = X^*, s_y = s_x Y^*$, s_y – параметри розподілу приведеної випадкової величини $Y_{y_1, y_2 \dots y_m}$.

Встановлено [10], що i -ті значення до і після приведення пов'язані між собою співвідношенням:

$$y'_i = k_1 y + k_2, \quad (2.1)$$

де: Y'_i – приведені i -те значення y_i ;

k_1, k_2 – коефіцієнт приведення.

$$k_1 = \frac{S_x}{S_y}, \quad (2.2)$$

$$k_2 = X' + k_1 Y' \quad (2.3)$$

Нехай приводиться випадкова величина Y , необхідно так змінити $y_1, y_2 \dots y_m$, щоб $Y^* = X^*, s_{y'} = s_x Y^*$; $s_{y'}$ - параметри розподілу приведеної випадкової величини $Y y_1, y_2 \dots y_m$.

Щоб випадкову величину Y привести до випадкової величиною X , що має такий же закон розподілу, але інші параметри розподілу, необхідно i -ті значення випадкової величини Y змінити за формулою (2.1), обчисливши коефіцієнти приведення по формулах (2.2) і (2.3).

Відповідно до описаної методики було опитано 7 експертів, власників котеджних садиб з високою насиченістю електрообладнанням, і отримані дані про час роботи i -тих навантажень. Шляхом статистичної обробки цих даних отримані усереднені значення навантаження в i -ті періоди часу і параметри розподілу P_{cp} і σ_p (таблиця 2.1).

Розраховані середньодобові значення параметрів розподілу навантаження відповідно до РУМ-10 за такими формулами і приведення в таблиці 2.2.

$$S_{cp} = S_d + S_E, \quad (2.4)$$

$$P'_{cp} = 0,5(P'_d + P'_\sigma), \quad (2.5)$$

$$S_{cpc} = k_c \cdot S_{cp}, \quad (2.6)$$

$$P'_{cpc} = k_c \cdot P'_{cp}, \quad (2.7)$$

де P'_{cp}, S_{cp} - середні за добу параметри розподілу, Вт;

P'_{cpc}, S_{cpc} - середні за добу параметри розподілу з урахуванням сезону, Вт.

По (2.4) та (2.5) розраховано коефіцієнти приведення (таблиця 2.2) і наведені значення навантаження в i - тий період часу (таблиця 2.3).

Таблиця 2.1 – Параметри розподілу графіка навантаження сільської садиви за експертними даними

Години доби	Значення навантаження, Вт			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
1	2	3	4	5
0 - 1	133	217	164	467
1 - 2	50	100	64	50
2 - 3	50	100	50	50
3 - 4	50	100	84	50
4 - 5	80	125	110	67
5 - 6	180	160	110	124
6 - 7	230	203	159	203
7 - 8	357	354	278	443
8 - 9	944	971	1064	864
9 - 10	1307	1371	1278	1207
10 - 11	1307	1257	1207	1250
11 - 12	1121	943	893	986
12 - 13	536	429	436	393
13 - 14	707	471	421	721
14 - 15	936	700	650	664
15 - 16	1157	1271	507	1143
16 - 17	1179	1264	850	1274

Продовження таблиці 2.1

17 – 18	724	1264	1200	1200
18 – 19	746	1356	911	1278
19 – 20	863	1183	1021	1042
20 – 21	673	1173	578	967
21 – 22	373	949	709	596
22 – 23	212	549	438	328
23 – 24	198	246	203	192

Таблиця 2.2 – Параметри розподілу навантаження за даними РУМ – 10

Сезон	Коефіцієнт сезону	$P_{cp}, Вт$	$B_{cp}, Вт$	κ_1	κ_2
Зима	1	1100	535	1,25	365
Весна	0,8	880	535	1,12	98
Літо	0,7	770	375	0,93	251
Осінь	0,9	990	482	1,08	290

Таблиця 2.3 – Параметри графіка навантаження, зведені до генеральної сукупності

Години доби	Значення навантаження, Вт			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
1	2	3	4	5
0 - 1	531	341	404	794
1 – 2	427	210	312	344
2 – 3	427	210	297	344
3 – 4	427	210	329	344
4 – 5	465	238	353	362
5 – 6	590	272	353	424
6 – 7	652	325	399	499
7 - 8	811	494	510	768
8 – 9	1545	1185	1240	1223
9 – 10	1999	1633	1440	1594
10 – 11	1999	1506	1373	1640
11 – 12	1766	1154	1081	1355
12 – 13	1035	578	656	714
13 – 14	1249	625	642	1069
14 – 15	1535	882	856	1007
15 – 16	1811	1521	722	1524
16 – 17	1839	1514	1041	1666
17 – 18	1270	1514	1367	1586
18 – 19	1298	1617	1098	1670
19 – 20	1444	1423	1200	1415
20 – 21	1206	1412	788	1334
22 – 23	630	713	658	644
23 – 24	612	384	440	497

Як видно з таблиці 2.3, параметри розподілу приведеного навантаження збігаються з параметрами генеральної сукупності. За даними таблиці 2.3 побудовані графіки навантажень на вводі в сільську садибу.

3. КОНСТРУКЦІЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ

Як зазначалося раніше (див. п. 1.1) Для малопотужних сонячних енергоустановок найефективнішим є фіксований сонячний колектор. Так як фіксований колектор не є слідкуючим пристроєм, то його орієнтація грає особливо важливу роль в ефективності всієї установки. Очевидно сонячний колектор повинен бути орієнтований таким чином, щоб за весь час його використання він отримував найбільшу сумарну енергію сонця.

Щільність сонячного випромінювання, що надходить на сонячний колектор, визначається за формулою [1, 7]:

$$S_k = \sum [S_{n_i} \cos \alpha_i \cos(\gamma_{c_i} - \gamma) \sin \beta + S_{c_i} \cos \beta], \quad (3.1)$$

де: S_k - сумарна за рік щільність сонячного випромінювання на колектор з параметрами орієнтації g і b , Вт / м²;

S_{n_i} - щільність сонячного випромінювання на перпендикулярну до нього майданчик за i -тий проміжок часу, Вт / м²;

α_i - середній кут сонця над горизонтом в i -тий період часу, град;

γ_{c_i} - середній азимут сонця за i -тий період часу, град.

З огляду на те, що метеорологічні станції мають найбільш повну інформацію про щільність сонячного випромінювання на горизонтальну поверхню, виразимо S_n через S_e [7]:

$$S_n = \frac{S_e}{\sin \alpha}, \quad (3.2)$$

Тоді (3.1) буде мати вид:

$$S_k = \sum S_{n_i} [\cos \alpha_i \cos(\gamma_{c_i} - \gamma) \sin \beta + \cos \beta], \quad (3.3)$$

Як видно з (3.3) Сумарна річна щільність сонячного випромінювання на фіксований колектор залежить від двох параметрів γ і β . Оптимальне значення кута γ визначається з рівності [6]:

$$\frac{dS_k}{d\gamma} = 0 \text{ при } \beta = \text{const} = 0, \quad (3.4)$$

Проведемо розрахунки:

$$\frac{dS_k}{d\gamma} = \sin \beta \left[S_{c_1} \cdot \text{ctg} \alpha_1 \cdot \sin(\gamma_{c_1} - \gamma) + S_{c_2} \cdot \text{ctg} \alpha_2 \cdot \sin(\gamma_{c_2} - \gamma) + \dots \right. \\ \left. \dots + S_{c_m} \cdot \text{ctg} \alpha_m \cdot \sin(\gamma_{c_m} - \gamma) \right] = 0, \quad (3.5)$$

Скористаємося тригонометричним тотожністю:

$$\sin(\gamma_{c_i} - \gamma) = \sin \gamma_{c_i} \cos \gamma - \cos \gamma_{c_i} \sin \gamma, \quad (3.6)$$

Позначивши $A_i = S_{c_i} \cdot \text{ctg} \alpha_i$, розділивши (4.1.5) на $\sin \beta = 0$ та з врахуванням (3.6), отримаємо:

$$A_1 \cdot \sin \gamma_{c_1} \cdot \cos \gamma - A_1 \cdot \cos \gamma_{c_1} \cdot \sin \gamma + A_2 \cdot \sin \gamma_{c_2} \cdot \cos \gamma - A_2 \cdot \cos \gamma_{c_2} \cdot \sin \gamma + \dots \\ \dots + A_m \cdot \sin \gamma_{c_m} \cdot \cos \gamma - A_m \cdot \cos \gamma_{c_m} \cdot \sin \gamma = 0, \quad (3.7)$$

Звідси визначаємо:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{A_1 \cdot \sin \gamma_{c_1} + A_2 \cdot \sin \gamma_{c_2} + \dots + A_m \cdot \sin \gamma_{c_m}}{A_1 \cdot \cos \gamma_{c_1} + A_2 \cdot \cos \gamma_{c_2} + \dots + A_m \cdot \cos \gamma_{c_m}}, \quad (3.8)$$

Або провівши зворотну підстановку $A_i = S_{z_i} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_i$, отримаємо:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\sum S_{z_i} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_i \cdot \sin \gamma_{c_i}}{\sum S_{z_i} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_i \cdot \cos \gamma_{c_i}}, \quad (3.9)$$

Як видно з (3.9), оптимальний азимутальний кут орієнтації сонячного колектора не залежить від кута його нахилу до горизонту

$$\gamma_{onm} = \operatorname{arctg} \frac{\sum S_{z_i} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_i \cdot \sin \gamma_{c_i}}{\sum S_{z_i} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_i \cdot \cos \gamma_{c_i}}, \quad (3.10)$$

Оптимальний кут β визначається за умови $\beta = \beta_{onm}$ з умови:

$$\frac{dS_k}{db} = 0, \quad (3.11)$$

Виконаємо розрахунки:

$$\begin{aligned} \frac{dS_k}{db} &= \cos \beta \cdot \sum [S_{z_i} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_i \cdot \cos(\gamma_{c_i} - \gamma_{onm})] - \sin \beta \cdot \sum S_{z_i} = 0 \\ \operatorname{tg} \beta &= \frac{\sum [S_{z_i} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_i \cdot \cos(\gamma_{c_i} - \gamma_{onm})]}{\sum S_{z_i}} \\ \beta_{onm} &= \operatorname{arctg} \frac{\sum [S_{z_i} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_i \cdot \cos(\gamma_{c_i} - \gamma_{onm})]}{\sum S_{z_i}}, \end{aligned} \quad (3.12.)$$

В результаті розрахунків отримані наступні параметри орієнтації сонячного колектора:

- азимутальний кут повинен становити -12,5 град., Тобто сонячний колектор повинен бути повернений на 12,5 град. на південний схід;
- Кут нахилу до горизонтальної поверхні повинен скласти 41,6 град.

Така орієнтація сонячного колектора пояснюється тим, що в Ростовській області в середньому за рік в першій половині дня більш ясна погода ніж у другій половині дня.

З огляду на те, що Зерноград розташований на захід від селища Гігант на 4,5 градуса, приймаємо азимутальний кут сонячного колектора рівний 17 градусів.

4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Економічний розрахунок ведеться для двадцятирічного періоду - проектного терміну служби енергоустановок. Капітальні вкладення по проектуваному варіанту визначаються за формулою [4]:

$$K_n = C_v + C_c + C_a + C_{об} + C_m \quad (4.1)$$

де C_c C_a - вартість сонячної установки і акумуляторних батарей відповідно, руб .;
 $C_{об}$ - вартість електрообладнання, руб .;
 C_m - вартість монтажу, руб.

Вартість сонячної установки з монтажем визначається за формулою [1]:

$$C_c = K_d \times 4 \times N_c = 30 \times 4 \times 720 = 88400 \text{ (грн.)}$$

де N_c - потужність сонячної установки, Вт.

Вартість акумуляторів дорівнює:

$$C_a = \varphi \times n = 480 \times 15 = 7200 \text{ (руб.)}$$

де φ - ціна акумулятора БСТ - 210, руб .;

n - кількість акумуляторів.

Вартість електрообладнання і його монтажу приведена в таблиці 4.1 за даними.

Капітальні вкладення по проектуваному варіанту рівні:

$$K_n = 90000 + 88400 + 7200 + 1877 + 94 = 185894 \text{ (руб.)}$$

Капітальні вкладення за базовим варіантом (електропостачання від електромережі) визначаються за формулою:

$$K_B = C_{тн} + C_{лэп} + C_{ву} \quad (4.2)$$

де $C_{тн}$, $C_{лэп}$ - вартість трансформаторної підстанції і ЛЕП відповідно, яка припадає на одну садибу, руб .;

$C_{ву}$ - вартість ввідного пристрою, включаючи лічильник електроенергії, руб.

Таблиця 4.1 – Вартість електрообладнання і його монтажу

Найменування	Ціна, руб.	Кількість	Вартість, руб.	Вартість монтажу, руб.
1. Автоматичний вимикач АЗ113	350,0	1	350,0	17,5
2. Автоматичний вимикач АЗ114	350,0	1	350,0	17,5
Загалом:	700,0	36,0		

Вартість трансформаторної підстанції з монтажем визначається за формулою:

$$C_{тн} = K_m (C_t + C_{р.у.}) = 2 \cdot (15390 + 6500) = 43780 \text{ (Руб.)}$$

де C_t , $C_{р.у.}$ - ціна силового трансформатора і розподільчого пристрою, руб

K_m - коефіцієнт монтажу;

Вартість ЛЕП, що припадає на одну садибу, можна визначити за формулою:

$$C_{лэп} = K_m (C_{оп} \times N_o + C_{пр} \times L_o) \quad (4.3)$$

де: $C_{оп}$, $C_{пр}$ - ціна однієї опори в зборі і одного км. дроту, руб.;

N_o , L_o - відповідно кількість опор і довжина проводів, що припадають на одну садибу.

Приймаємо, що на одну садибу доводиться:

- Опор ПЛ-10 кВ - 10 шт;
- Опор ПЛ-0,4 кВ - 1 шт;

Тоді на одну садибу доводиться дроту:

$$L_o 10 = 10 \times L_{np} 10 \times 3 = 10 \times 60 \times 3 = 1800 \text{ (м)};$$

$$L_o 0,4 = 1 \times L_{np} 0,4 \times 4 = 1 \times 40 \times 4 = 160 \text{ (м)}.$$

де $L_o 10, L_o 0,4$ - довжина проводу для ВЛ-10 і ВЛ-0,4 відповідно, м;

L_{np} - довжина прольоту, м.

Приймаємо дроти:

- Для ПЛ-10 АС-50
- Для ПЛ-0,4 АС-35

Ціна однієї опори в зборі рівна:

$$C_{оп 10} = C_{ст 10} + 3C_{із} + C_{тр} = 616,045 + 3 * 3,0 + 95,651 = 720,696 \text{ (руб.)}$$

$$C_{оп 0,4} = C_{ст 0,4} + 4C_{із} + C_{тр} = 515,333 + 4 * 3,0 + 115,889 = 623,222 \text{ (руб.)}$$

де $C_{ст}, C_{із}, C_{тр}$ - відповідно ціна стійки, ізолятора і траверси, руб.

Ціна дроту:

$$C_{ас50} = 2136,4 \text{ руб. / Км.}$$

$$C_{ас35} = 3123,6 \text{ руб. / Км.}$$

Вартість лінії електропередач на одну садибу в цьому випадку буде рівна:

$$C_{лен} = 2,0 \times (1720 * 10 + 2136 * 1,8 + 643 * 1 + 3123 * 0,16) = 44375 \text{ (руб.)}$$

Вартість ввідного пристрою визначається за формулою:

$$C_{ву} = (C_{оп} + C_{А16} \times 0,02 + C_{сч}) \times Км = \\ = (1643 + 4127 \times 0,02 + 200) \times 2,0 = 1925 \text{ (руб.)}$$

Капітальні вкладення за базовим варіантом рівні:

$$K_0 = 43780 + 44375 + 1925 = 90000 \text{ (руб.)}$$

Експлуатаційні витрати по проектуваному варіанту дорівнюють витратам на проведення ТР сторонньою організацією, і можуть бути визначені за формулою [9]:

$$I_n = C_{тр} \times N_{тр}; \quad (4.4)$$

де: $C_{тр}$ - ціна одного умовного ТР, руб. .;

$N_{тр}$ - кількість ТР за розрахунковий термін служби.

Кількість ремонтних впливів визначається за методикою [9], виходячи з одного ремонту на рік:

$$N_{тр} = 36 \text{ у.е.р.}$$

Експлуатаційні витрати по проектуваному варіанту рівна:

$$I_n = 56,0 \times 36 = 2016 \text{ (руб.)}$$

Експлуатаційні витрати за базовим варіантом визначаються витратами на електроенергію і витратами на поточний ремонт ввідних пристроїв [9]:

$$I_0 = C_{тр} * N_{тр} + C_{мо} * N_{мо} + E \quad (4.5)$$

де E - витрати на електроенергію, руб.

За розрахунковий період (20 років) споживання електроенергії складе (див. П. 2.1):

$$W_e = 163812 \text{ кВт} \times \text{год}$$

При ціні за електроенергію 0,45 руб. за 1 кВт × год (для сільської місцевості) витрати на її придбання будуть рівними:

$$E = C_e \times W_e = 0,45 \times 163\,812 = 73715 \text{ (грн.)}$$

Кількість умовних ремонтів ввідного пристрою за розрахунковий період дорівнюватиме [9]:

$$N_{mp} = 1,5 \times N_{mo} = 109 \text{ у. е. р.}$$

Витрати на ТО і ТР дорівнюватимуть [5,10]:

$$Z_{mo} = C_{mo} \times N_{mo} = 4,48 \times 109 = 488 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{mp} = C_{mp} \times N_{mp} = 56,0 \times 1,5 = 84 \text{ (грн.)}$$

Експлуатаційні витрати дорівнюватимуть:

$$I_6 = 84 + 488 + 73715 = 74287 \text{ (грн.)}$$

Наведені витрати за рік становлять:

$$Z_{общ} = 0,15K_H + I_H = 0,15 * 43270 + 101 = 6592 \text{ (руб.)}$$

$$Z_{общ} = 0,15K_6 + I_6 = 0,15 * 90000 + 3700 = 17200 \text{ (руб.)}$$

Собівартість електроенергії становить:

- За новим варіантом:

$$S_9 = \frac{Z_{ОБЩ}}{W_9} = \frac{6592}{8190} = 0,80 \text{ (руб.)}$$

- по базовому варіанту:

$$S_9 = \frac{Z_{ОБЩ}}{W_9} = \frac{17200}{8190} = 2,00 \text{ (руб.)}$$

Результати розрахунків зведені в таблицю 4.2

Таблиця 4.2 – Результати економічних розрахунків

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
1. Капітальний вкладення, руб.	90 000	43 270
2. Експлуатаційні витрати, руб.	3700	101
в т.ч. оплата електроенергії	2186	-
3. Вартість електроенергії руб. / кВт × год.	2,00	0,80
4. Економічний ефект, руб.	-	3600
5. Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень	-	0,1

ВИСНОВОК

Подальший розвиток традиційної електроенергетики зіткнулось з рядом проблем, основними з яких є:

- Екологічна загроза людству;
- Швидке виснаження запасів викопного палива;
- Значне зростання цін на електроенергію.

У зв'язку з цим, перспективним напрямком в електроенергетиці може бути застосування відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), що підтверджується світовою практикою.

У даній роботі запропоновано технічне рішення використання ВДЕ для електропостачання котеджної садиби. В процесі розробки отримані наступні науково-практичні результати:

- Обґрунтована і покращена конструкція сонячної установки;
- Вирішені деякі економічні завдання..

За результатами роботи можна зробити наступні висновки.

1. У Ростовській області найбільш перспективні з відомих ВДЕ вітер і сонце.
2. Для надійного автономного електропостачання котеджної садиби з еквівалентним навантаженням $P = 2,1$ кВт найдоцільніше з економічного погляду комплексне використання вітроустановки, сонячної установки і акумуляторного резерву в поєднанні 3,0 кВт, 0,72кВт і 3150А × годин відповідно
3. Максимальна ефективність фіксованого сонячного колектора в районі м. Зерноград досягається при азимутному куті нахилу до горизонту 42 градуси.
4. Вартість електроенергії, що виробляється ВДЕ, становить для споживача 0,80 руб / кВт × год.

ЛІТЕРАТУРА

1. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии (Пер. с англ.). / Дж. Твайделл, А. Уэйр. – М. : Энергоатомиздат, 1990.
2. Пилюгина В. В. Применение солнечной и ветровой энергии в сельском хозяйстве. Обзорная инф. / В. В. Пилюгина, В. А. Гурьянов. – М. : ВАСХНИЛ, 1981.
3. Костенко М. П. Электрические машины. Ч.1. Машины постоянного тока. Трансформаторы. / М. П. Костенко, Л. М. Питровский. – Л. : Энергия, 1973.
4. Козюменко В. Ф. Методические указания по экономическому обоснованию спец. конструкций, разрабатываемых в дипломных проектах, выполняемых на факультете электрификации. / В. Ф. Козюменко, О. Н. Дорошук. – зерноград. : АЧИМСХ, 1993.
5. Использование солнечной энергии для теплоснабжения зданий. / Э. В. Сарнацкий и др. – Киев. : Будевильник, 1985.
6. Пискунов Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисление. Т.1. / Н. С. Пискунов. – М. : Наука, 1985.
7. Справочник по климату СССР. Вып. 13. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – Л. : Метеорология, 1976.
8. Фотоэлектрическая энергетика сельского хозяйства / [Д. С. Стребков и др.]. – М. : Техника в с. х., 1988.
9. Таранов М. А. Методические указания к выполнению курсовой работы «Обоснование рациональной электротехнической службы в хозяйстве». / М. А. Таранов. – зерноград. : АЧИМСХ, 1990.
10. Таранов М. А. Правила приведения случайных величин. В сб: Адаптивные технологии и технические средства в полеводстве и животноводстве. / М. А. Таранов, С. М. Воронин, А. С. Воронин. – зерноград. : ВНИПТИМЭСХ, 2000. С. 287-289.
11. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. / В. Е. Гмурман. – М. : Высшая школа, 1977.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для виконання індивідуальної
розрахунково-графічної роботи
з дисципліни

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

*(для студентів 1, 2 курсів денної, 2 курсу заочної форм навчання
та слухачів другої вищої освіти зі спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*

Укладачі: **МАЛЯРЕНКО** Віталій Андрійович
ДОЦЕНКО Сергій Ілліч

Відповідальний за випуск *О. М. Ляшенко*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *С. І. Доценко*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2015, поз. 237М

Підп. до друку 05.12.2016 р.
Друк на різнографі
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 0,72
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017 р.