

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ
ДАХОВИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ
СТАНЦІЙ В СИСТЕМІ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВЧОГО
ТОВАРИСТВА «УЛАНІВСЬКИЙ КОМБІНАТ
ХЛІБОПРОДУКТІВ



Виконав: ст. гр. ЕСЕ-18м Іванішин О.В.

Дипломний керівник: доц., к.т.н. Бабенко О.В.

☞ **Актуальність теми.** Прийняття проектних рішень на Споживчому товаристві «Уланівський комбінат хлібопродуктів» безпосередньо впливає на об'єм і трудомісткість монтажних робіт, зручність та безпечність експлуатації електротехнічних установок систем електропостачання. Тому актуальним є вибір оптимальних параметрів системи електропостачання: сучасного електрообладнання, провідниково-кабельної продукції. Важливими є заходи по підвищенню надійності електропостачання, а також якості електроенергії в мережах підприємства. Разом з тим, ефективним є використання відновлювальних джерел електроенергії на підприємстві. Для досягнення бажаних показників ефективності необхідно дослідити і оптимізувати параметри дахової фотоелектричної станції, що планується встановити на підприємстві, що досліджується.

☞ **Мета роботи:** Забезпечення оптимального використання дахових фотоелектричних станцій в системі електропостачання Споживчого товариства «Уланівський комбінат хлібопродуктів», що призводить до підвищення економічних показників підприємства.

☞ **Об'єкт дослідження** – сонячні модулі та інші елементи дахової фотоелектричної станції в системі електропостачання Споживчого товариства «Уланівський комбінат хлібопродуктів».

☞ **Задача дослідження.** Основними задачами під час виконання роботи є розроблення технічних рішень по організації надійної систем електропостачання, оптимальний вибір числа і потужності трансформаторів, техніко-економічне обґрунтування оптимальної кількості сонячних модулів на дахах підприємства та кутів їх встановлення.

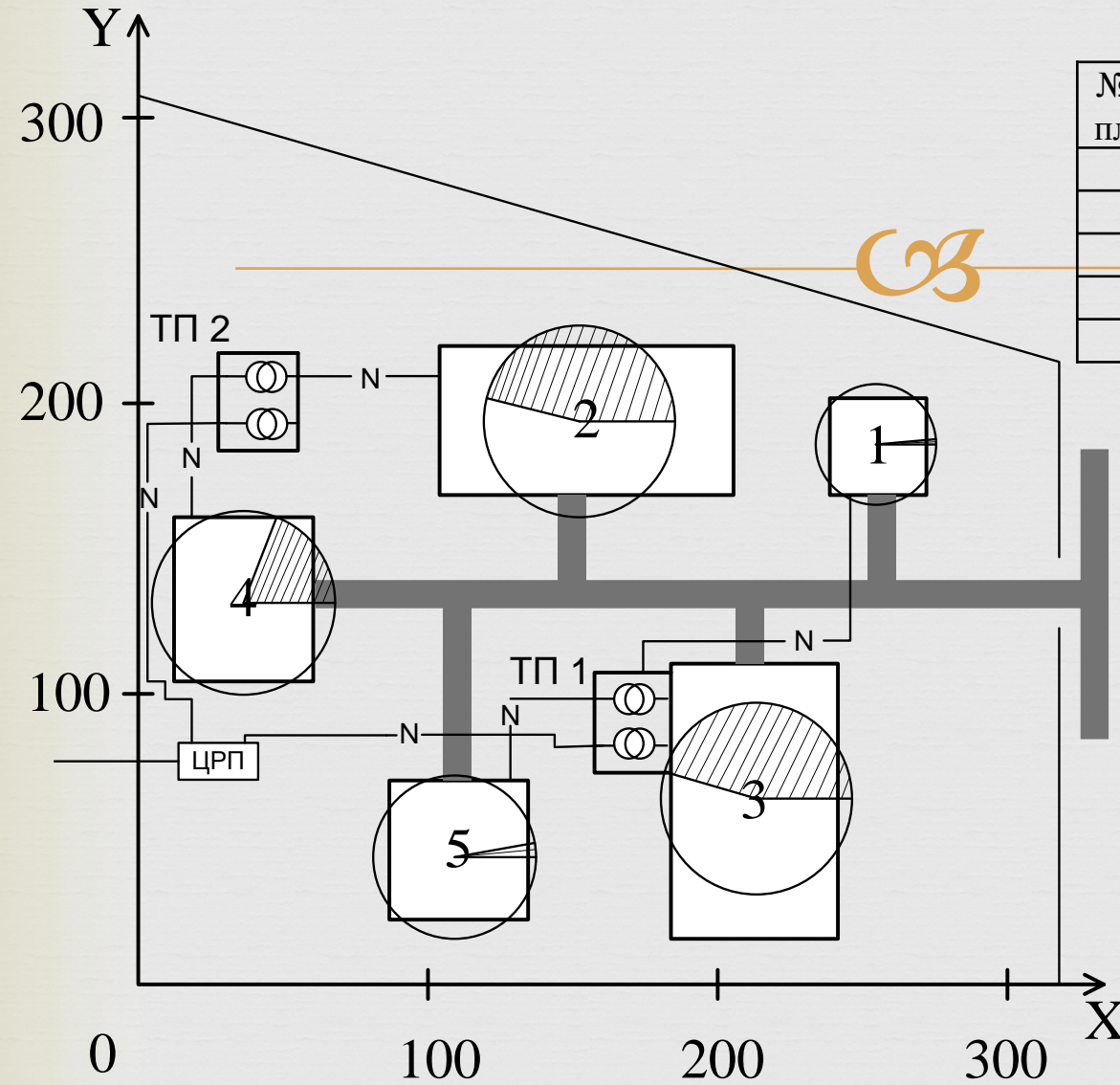
☞ **Наукова новизна.** Розроблено методику визначення оптимального кута встановлення сонячних модулів дахової ФЕС з врахуванням географічного розташування підприємства та природних умов навколишнього середовища.

Генеральний план підприємства із картограмою навантажень:

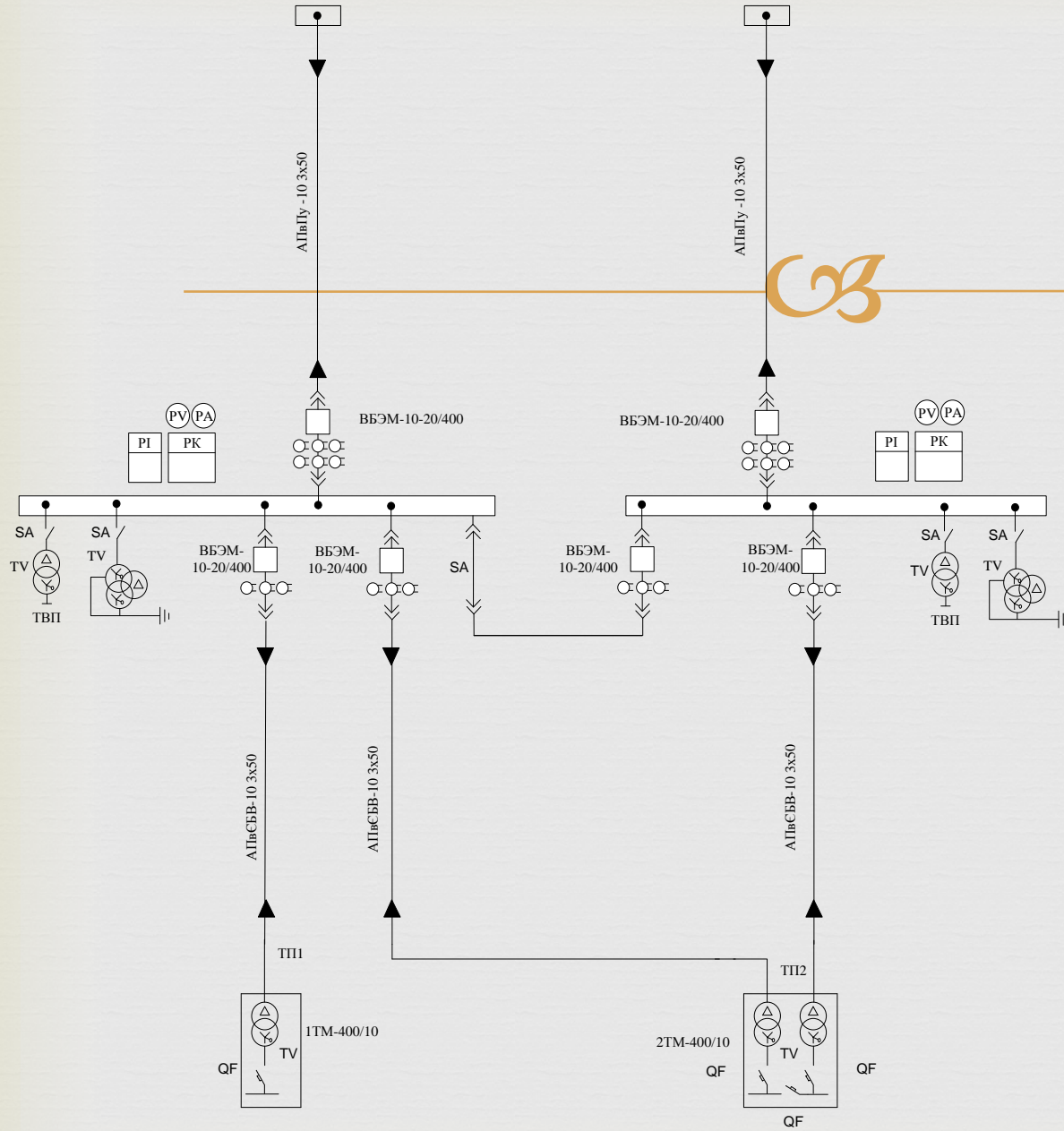


№ на плані	Назва цеху	P_n , кВт
1	Автомобільні ваги	2
2	Кондитерський цех	250
3	Хлібобулочний цех	250
4	Ремонтно механічний цех	150
5	Гараж	3

ВУЛ. 40-РІЧЧЯ ЖОВТНЯ
БУД. 1

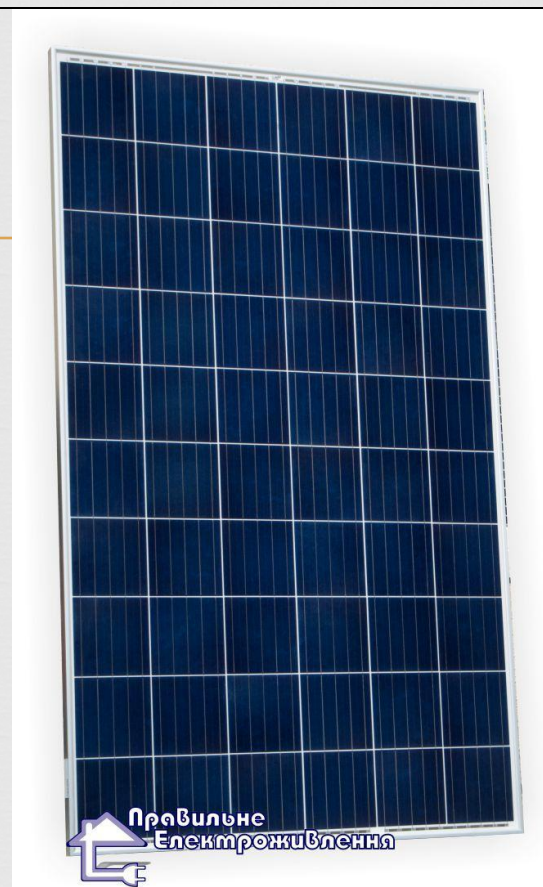


Однолінійна схема електропостачання:



Характеристика панелі з полікристалічного кремнію:

Модель - TSM-270PD05.08
Виробник - Trina Solar (входить в список Tier-1)
Потужність - 270 Вт
Тип - полікристал
Напруга максимальної потужності - 31.1 В
Струм максимальної потужності - 8.84 А
Напруга холостого ходу - 38.4 В
Струм короткого замикання - 9.18 А
ККД - 16.50 %
Робочий температурний діапазон - 40°C~+85°C
Максимальна напруга в масиві - 1000 В
Максимальний зворотній струм - 15 А
Кількість фотоелементів - 60 шт (156x156 мм)
Вага - 18.6 кг
Габаритні розміри сонячної батареї - 1650×992×35 мм
Товщина скла - 3.2 мм
Клас захисту - IP 67
Повна гарантія - 10 років. На генерацію 90% - 10 років, на генерацію - 80% - 25 років;
Кількість в палеті - 30 шт..
Вартість - 2494 грн
Сайт дистриб'ютора: https://prel.prom.ua/p547464276-sonyachna-batareya-trina.html



Методика визначення оптимальних параметрів дахових ФЕС



Методика визначення оптимальних параметрів дахових ФЕС базується на цільовій функції економічної ефективності ФЕС:

$$E(\sum P_{\text{мод}}) \rightarrow \max ,$$

де E – економічний ефект від впровадження сонячних модулів, грн;

$\sum P_{\text{мод}}$ – сумарна потужність ФЕС.



Визначення сумарної потужності ФЕС базується на аналізі вихідної потужності окремого модуля та параметрів, які на неї впливають.

Потужність окремого модуля визначається за виразом

$$P_{\text{мод}} = I_{\text{онт}} \cdot S_{\text{еф}} \cdot \eta \cdot k_T \cdot k \cdot \cos \alpha ,$$

де $I_{\text{онт}}$ – інтенсивність оптичної потужності сонця, Вт/м²;

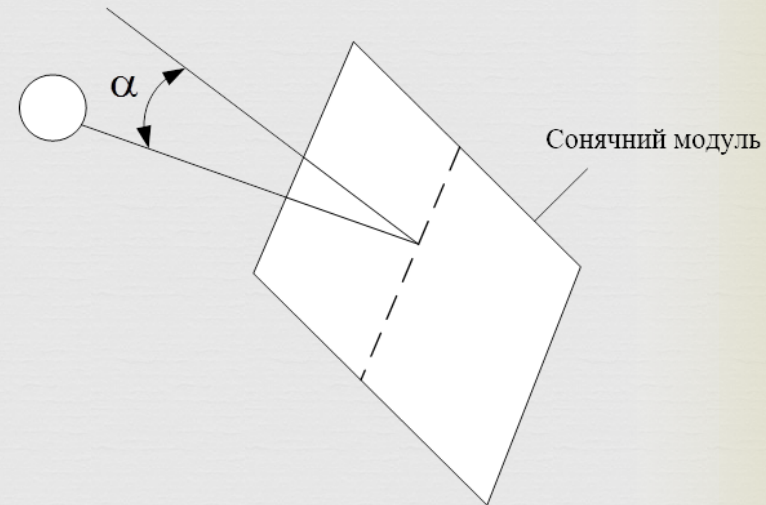
$S_{\text{еф}}$ – ефективна площа поверхні модуля, м²;

η – ККД перетворення сонячної енергії в електричну, в.о.;

k_T – температурний коефіцієнт, в.о.;

k – коефіцієнт поглинання, в.о.;

α – кут між сонячними променями і нормаллю, що проходить через центр модуля.





Враховуючи, що добуток складових

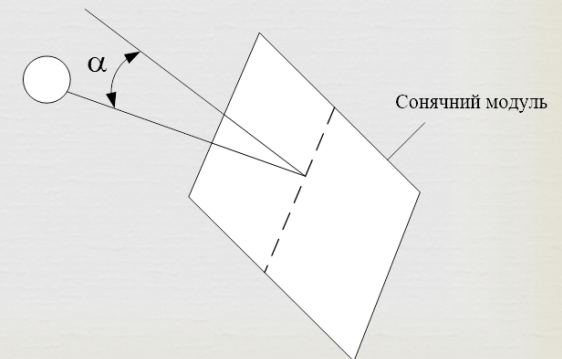
$$I_{opt} \cdot S_{ef} \cdot \eta \cdot k_T \cdot k \approx P_{ном} ,$$

де $P_{ном}$ – значення номінальної потужності сонячного модуля, вираз

$$P_{мод} = I_{opt} \cdot S_{ef} \cdot \eta \cdot k_T \cdot k \cdot \cos \alpha$$

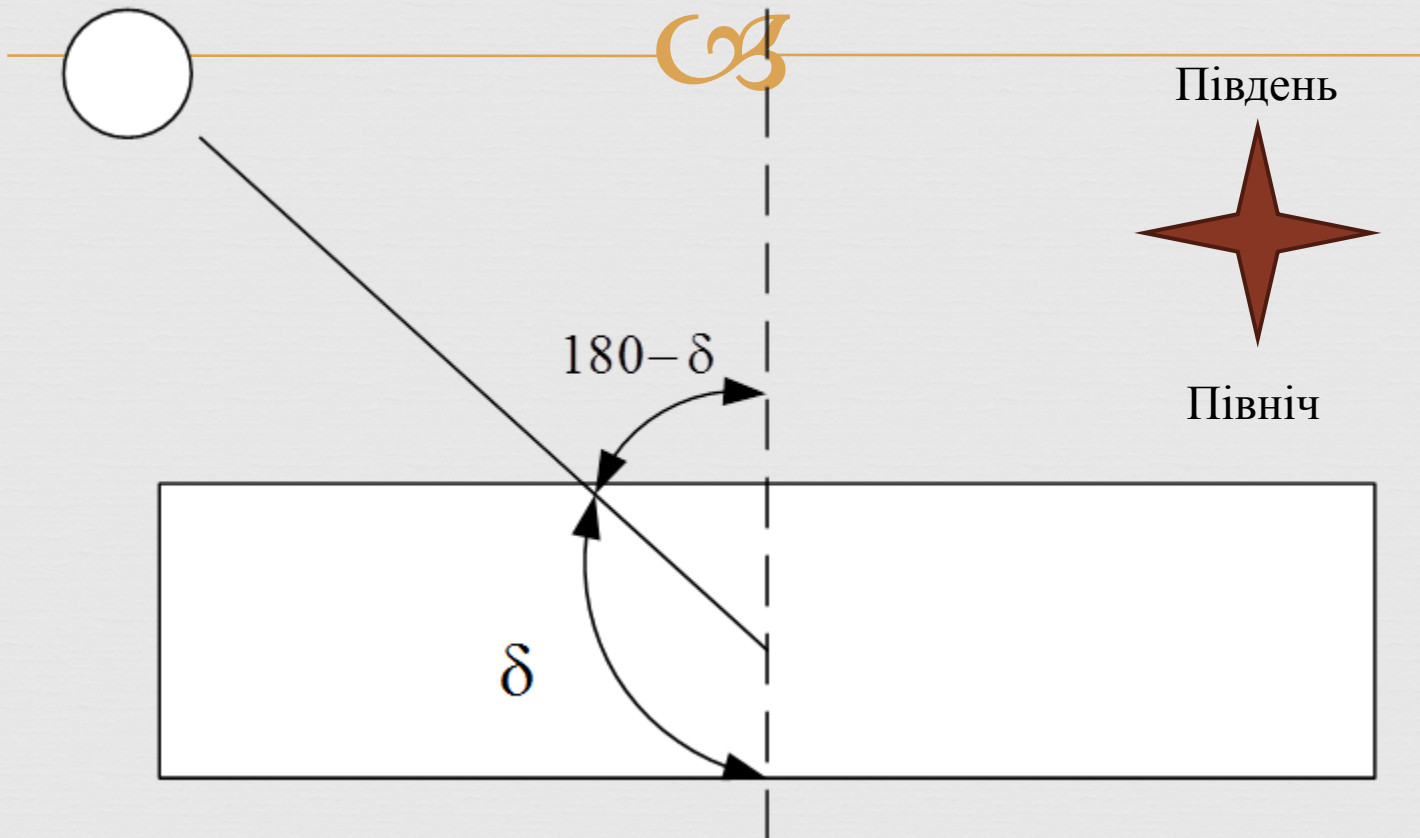
може бути записано у вигляді:

$$P_{мод} = P_{ном} \cdot \cos \alpha .$$



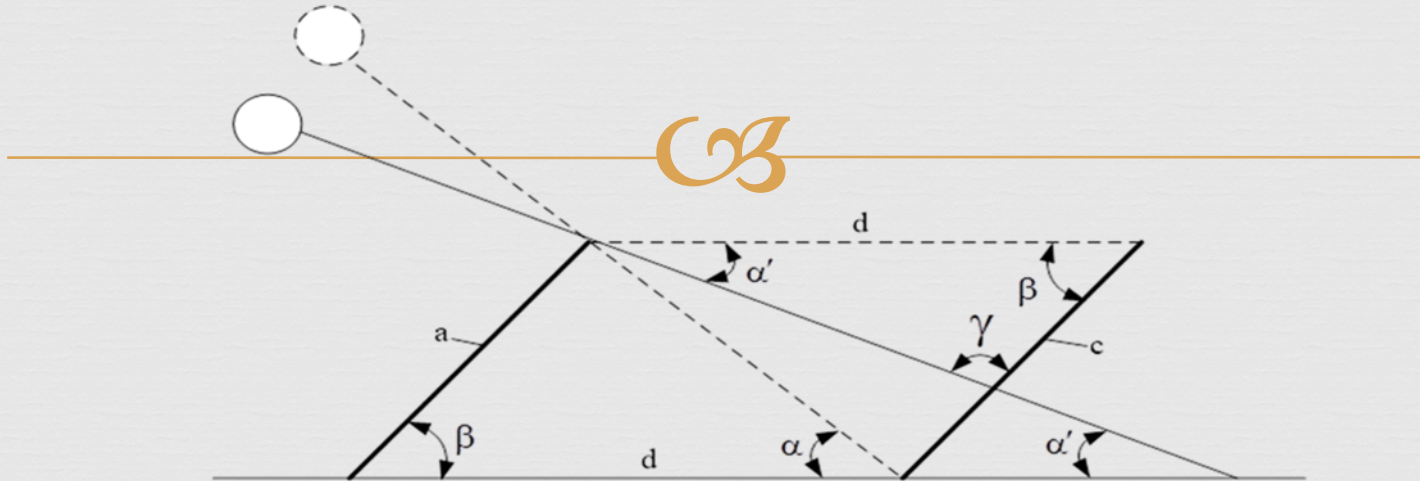
Ілюстрація азимутального кута δ

За реальних умов, коли панелі модулів нерухомі, необхідно врахувати ще азимутальний кут δ



$$P_{\text{мод}} = P_{\text{ном}} \cdot \cos \alpha \cdot \cos (180 - \delta)$$

Частка не затінення модуля другого ряду



де a – довжина сонячного модуля, м;

α – кут сонцестояння, коли сонячні промені співпадають з напрямом нормалі до сонячного модуля, °;

β – кут між сонячною панеллю і горизонтальною поверхнею, °, причому

$$\beta = 90 - \alpha ;$$

d – відстань між сонячними модулями, м,

$$d = \frac{a}{\cos \beta} ;$$

α' – кут сонцестояння в заданий час, °;

γ – кут, що дорівнює

$$\gamma = 180 - \alpha' - \beta ;$$

c – частка незатінення, м., яка визначається за теоремою синусів

$$\frac{d}{\sin \gamma} = \frac{c}{\sin \alpha'} \Rightarrow c = d \frac{\sin \alpha'}{\sin \gamma} .$$



Розрахунок виробленої електроенергії за добу можна здійснити, сумуючи значення годинних обсягів виробленої електроенергії модулями (за період від сходу сонця до заходу за виразом:

$$W_{\text{доб}} = \sum_{\alpha'_{t=t_{\text{зах}}}, \beta_{t=t_{\text{зах}}}}^{\alpha'_{t=t_{\text{сх}}}, \beta_{t=t_{\text{сх}}}} (N \cdot P_{\text{мод } 1}(\alpha, \alpha', \delta) + N \cdot M \cdot P_{\text{мод } 2}(\alpha, \alpha', \delta)),$$

де $\alpha'_{t=t_{\text{сх}}}$ – кут сонцестояння в першу годину після його сходу, °;

$\alpha'_{t=t_{\text{зах}}}$ – кут сонцестояння в останню годину перед його заходом, °;

$\beta_{t=t_{\text{сх}}}$ – азимутальний кут сонця в першу годину після його сходу, °;

$\beta_{t=t_{\text{зах}}}$ – азимутальний кут сонця в останню годину перед його заходом, °;

N – кількість модулів в ряд, шт.;

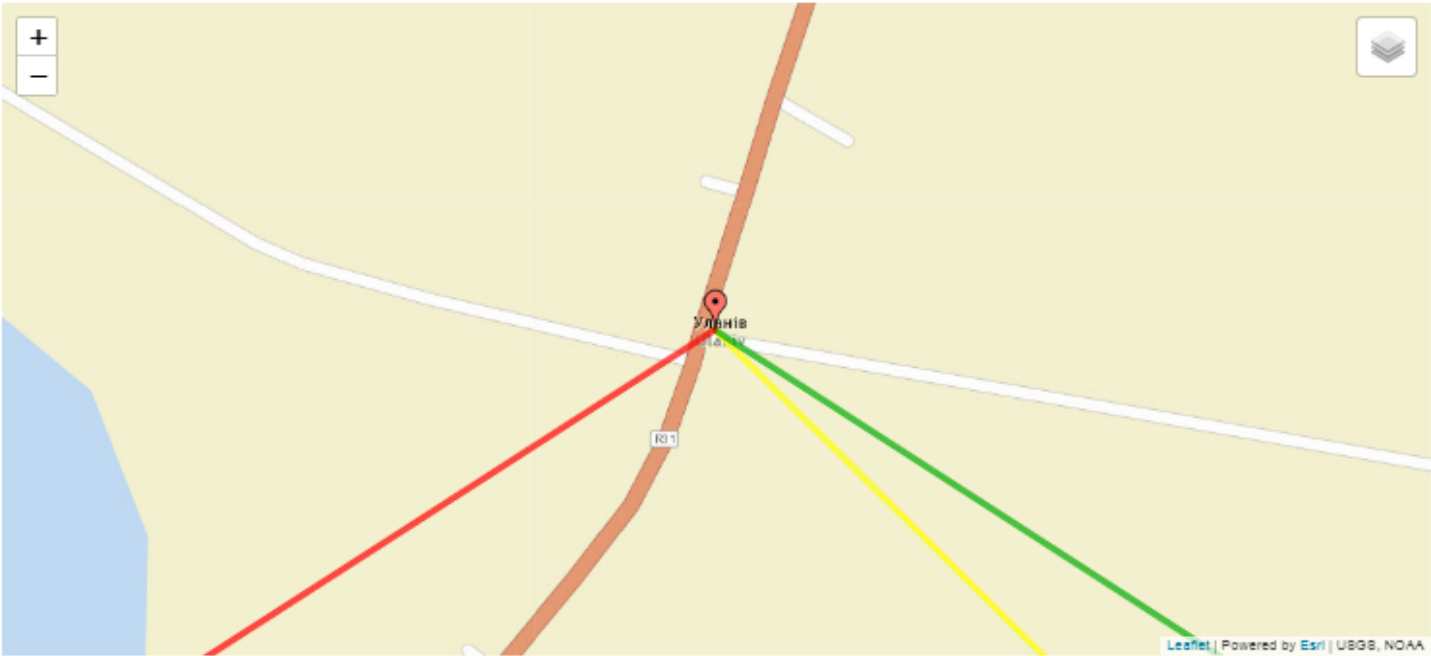
M – кількість рядів модулів, не рахуючи першого, шт., яку можна визначити, завдяки розрахованій відстані d між сонячними модулями.



Під час розрахунків необхідно враховувати поправки на температурний режим і хмарність. В такому випадку вираз набуде вигляду:

$$W_{\text{доб}} = \sum_{\alpha'_{t_{\text{сх}}}, \beta_{t_{\text{сх}}}}^{\alpha'_{t_{\text{зах}}}, \beta_{t_{\text{зах}}}} (N \cdot P_{\text{мод } 1}(\alpha, \alpha', \delta) + N \cdot M \cdot P_{\text{мод } 2}(\alpha, \alpha', \delta)) \cdot k_{Tt} \cdot k_{\text{ХМ}t} ,$$

NOAA Solar Calculator



Location: Latitude: 49.695381 Longitude: 28.1292486 Time Zone: 4 DST? Save Location

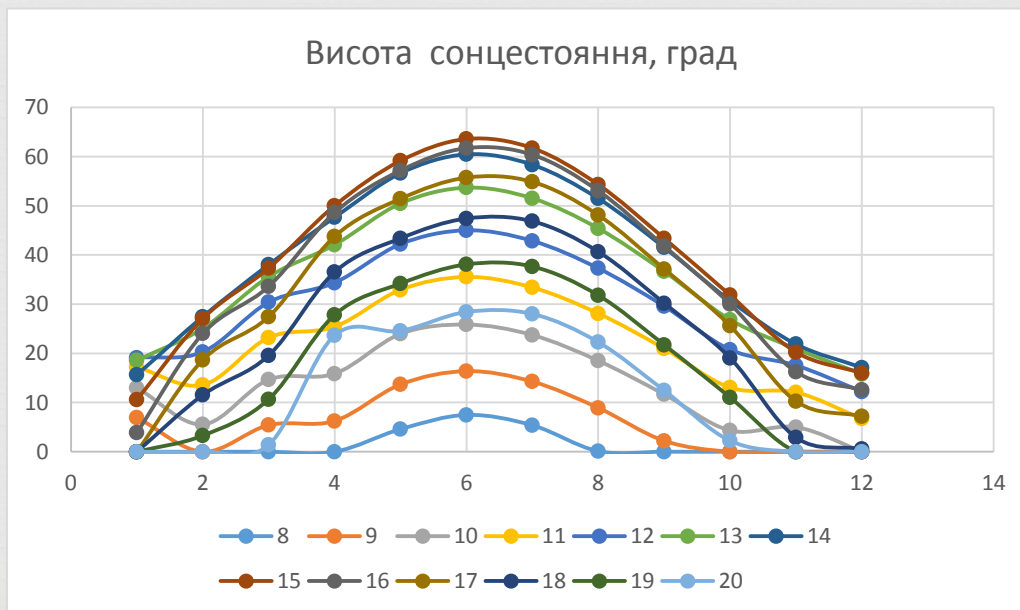
Date: Day: 15 Month: Jan Year: 2019 Local Time: 11 : 00 : 00 PM Use Current Time

Result

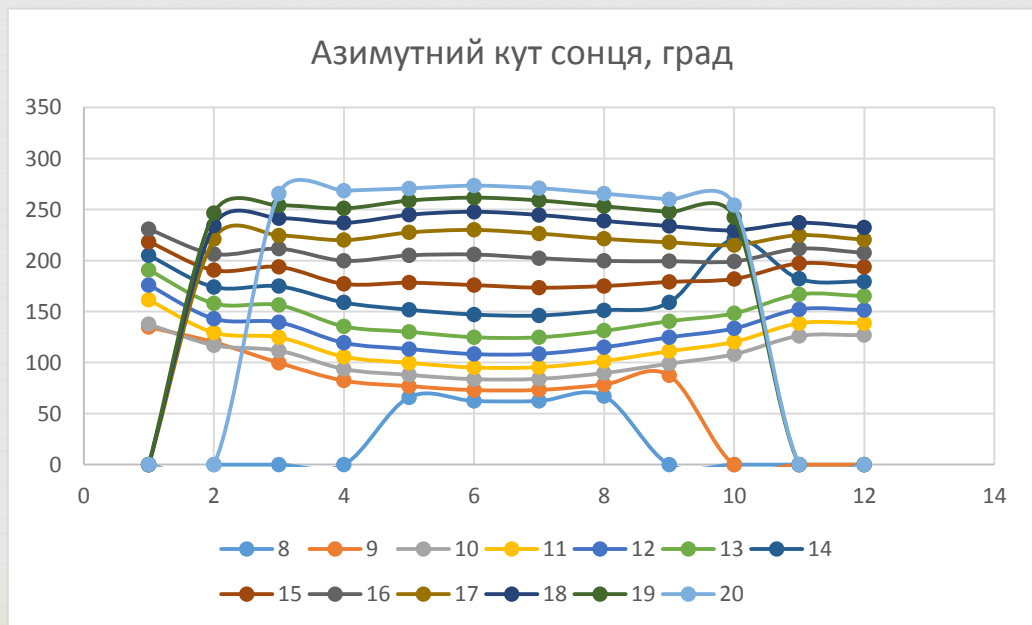
Equation of Time (minutes):	Solar Declination (in°):	Apparent Sunrise (hh:mm):	Solar Noon (hh:mm:ss):	Apparent Sunset (hh:mm):	Az/EI (in °) at Local Time:
-9.24	-21.16	09:59	14:16:46	18:35	134.7 6.96
		<input checked="" type="checkbox"/> Show Sunrise		<input checked="" type="checkbox"/> Show Sunset	<input checked="" type="checkbox"/> Show Azimuth

АКТИ
Чтоб
пара

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	грудень
Години	Висота сонцестояння, град											
6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8	0	---	---	---	4,59	7,48	5,38	0,12	---	---	---	---
9	6,96	---	5,42	6,25	13,68	16,38	14,26	8,92	2,22	---	---	---
10	13	5,55	14,67	15,86	23,96	25,85	23,72	18,5	11,67	4,31	5,01	0,04
11	17,19	13,58	23,2	25,4	32,92	35,53	33,39	28,11	20,98	13,03	12,07	6,72
12	19,11	20,29	30,4	34,35	42,21	45,01	42,86	37,29	29,59	20,75	17,55	12,22
13	18,57	25,08	35,58	42,07	50,47	53,68	51,51	45,4	36,64	26,85	20,94	15,8
14	15,63	27,45	38,03	47,64	56,61	60,45	58,34	51,48	41,53	30,71	21,87	17,1
15	10,57	27,07	37,33	50,02	59,15	63,57	61,72	54,31	43,38	31,83	20,24	15,99
16	3,9	24,02	33,6	48,61	57,18	61,71	60,37	53,05	41,81	30,04	16,23	12,58
17	---	18,66	27,44	43,78	51,43	55,72	54,86	48,11	37,15	25,6	10,26	7,22
18	---	11,53	19,58	36,53	43,38	47,41	46,85	40,66	30,19	19,07	2,89	0,56
19	---	3,28	10,67	27,83	34,19	38,08	37,65	31,8	21,73	11,05	---	---
20	---	---	1,42	23,646	24,57	28,41	28,01	22,28	12,45	2,23	---	---

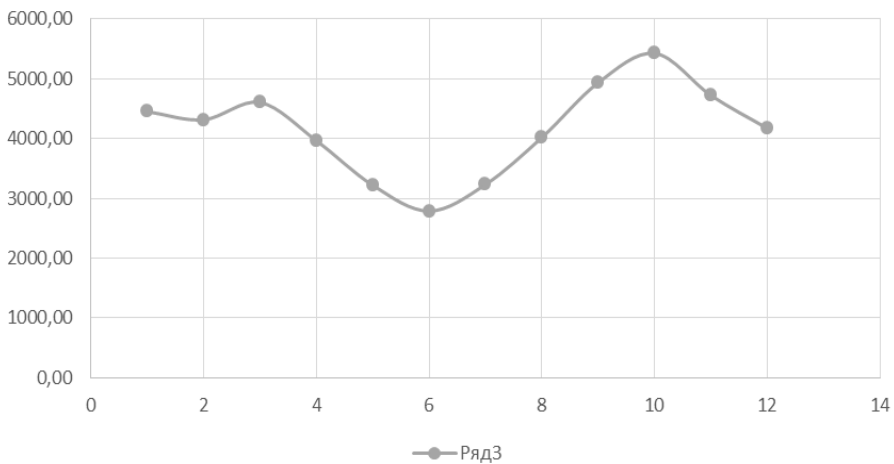


	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Години	Азимутний кут сонця, град											
6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8		---	---	---	65,93	62,36	62,41	67,22	---	---	---	---
9	134,7	120	99,78	82,29	76,89	73,05	73,25	78,49	87,4	---	---	---
10	137,48	117,03	111,7	93,68	87,93	83,76	84,07	89,73	98,94	108,15	126,15	126,83
11	161,29	129,37	124,73	105,75	99,73	95,17	95,52	101,62	111,16	120,23	138,59	138,64
12	175,86	142,96	139,47	119,35	113,31	108,31	108,58	115,05	124,78	133,47	152,17	151,42
13	190,63	157,95	156,27	135,45	130,12	124,83	124,76	131,2	140,54	148,26	166,8	165,12
14	204,93	174,06	174,77	158,84	151,79	147,07	146,09	151,22	158,83	221,01	182,05	179,41
15	218,31	190,52	193,72	177,09	178,23	175,92	173,39	174,99	179,02	181,94	197,19	193,73
16	230,64	206,38	211,58	199,74	205,05	205,88	202,3	199,58	199,31	199,13	211,56	207,49
17	---	221,01	224,47	220	227,44	229,97	226,42	221,24	217,8	215,15	224,8	220,35
18	---	234,24	241,4	236,91	244,8	247,76	244,64	238,81	233,77	229,55	236,95	232,23
19	---	246,33	253,87	251,07	258,72	261,6	258,86	253,16	247,54	242,46	---	---
20	---	---	265,53	268,41	270,7	273,35	270,88	265,53	259,84	254,33	---	---

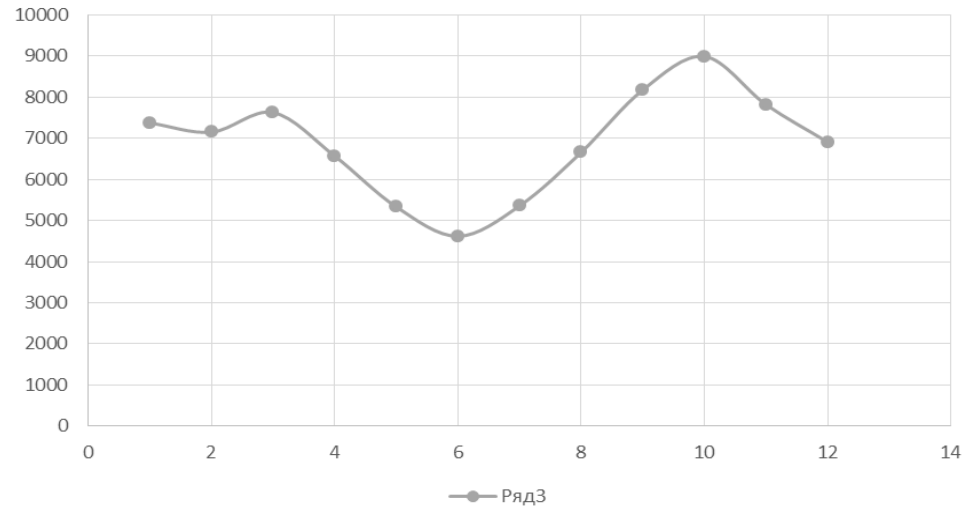


Обсяг виробленої електроенергії за добу за умови ясної погоди, кВт·год	289,684	366,375	375,313	313,04	250,183	217,705	230,516	285,475	354,238	366,270	328,259	264,492
Кількість днів в місяці	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Частка похмурих днів	0,3	0,35	0,35	0,25	0,24	0,2	0,15	0,17	0,19	0,22	0,29	0,35
Прогнозований обсяг виробленої електроенергії за місяць, кВт·год	6622,913	7116,838	8071,591	7336,885	6126,994	5388,213	6208,087	7533,333	8860,382	9168,66	7348,906	5688,248
Вартість виробленої електроенергії, грн	27418,86	29463,71	33416,39	30374,7	25365,76	22307,2	25701,48	31188	36681,98	37958,25	30424,47	23549,35
Прибуток від реалізованої електроенергії, грн	10967,54	11785,48	13366,55	12149,88	10146,3	8922,881	10280,59	12475,2	14672,79	15183,3	12169,79	9419,738

Прогнозований обсяг виробленої енергії за місяць, кВт·год



Прибуток від реалізованої електроенергії, грн



Техніко-економічні показники СЕС



№		Термін окупності, р.	Річний прибуток, грн	Вартість СЕС, грн	Кількість модулів	Відстань між сонячними модулями d, м	Кількість рядів максимальна, шт	Кут нахилу модулів, град
1	Автомобільні ваги	10,79	82565,12	891000,00	168,00	7,5	4	77,29
2	Кондитерський цех	10,97	365579,83	4009500,00	46,00	9,5	12	80
3	Хлібобулочний цех	11,17	8639,38	96525,00	13,00	47,28	1	88
4	Ремонтно механічний цех	-	-	-	-	-	-	-
5	Гараж	-	-	-	-	-	-	-
	Всього	10,98	456784,33	4997025,00	227,00	64,28	17	-

Розрахунок обсягу виробленої енергії за наближеною методикою



1. Визначається середньодобовий обсяг виробленої електроенергії модулем за формулою:

$$W_{\text{сер.доб.мод}} = P_{\text{мод}} \cdot W_{\text{інсол,ср}} \cdot 10^{-3}$$

де $W_{\text{інсол,ср}}$ – середньорічна сонячна інсоляція за добу, $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 \cdot \text{день}$.

2. Визначається середньодобовий обсяг виробленої електроенергії СЕС за формулою:

$$W_{\text{сер.доб.СЕС}} = W_{\text{сер.доб.мод}} \cdot N_{\text{сум.мод}}$$

3. Визначається річний обсяг виробленої електроенергії СЕС за формулою:

$$W_{\text{річ.СЕС}} = W_{\text{сер.доб.СЕС}} \cdot 365.$$

4. Визначається вартість СЕС під ключ за формулою:

$$S_{\text{СЕС. кл}} = S_{\text{пит.СЕС. кл}} \cdot P_{\text{вст}},$$

де $S_{\text{пит.СЕС. кл}}$ – питома вартість СЕС "під ключ", грн.

Висновки

- У магістерській кваліфікаційній роботі розраховано електричні навантаження підприємства, електричні навантаження цехової мережі, втрати потужності в цехових ТП, місце розташування трансформаторних підстанцій тощо.
- Розроблено методику розрахунку параметрів оптимальної дахової фотоелектричної станції в системі електропостачання споживчого товариства «Уланівський комбінат хлібопродуктів». Встановлено, що за наявних обмежень доцільно встановлювати сонячні модулі на трьох з п'яти цехах. Термін окупності модулів до 11 р. Річний прибуток підприємства від встановлення СЕС близько 0,5 млн. грн.
- Результати розрахунку за наближеним алгоритмом, враховуючи середньорічну інсоляцію за добу, показали, що прибуток від виробленої електроенергії складає 355291 грн, а за уточненою методикою 82565, що в 4 рази менше. Велика похибка наближеного методу викликана тим, що там не враховується хмарні дні і припускається, що сонячні панелі завжди перпендикулярні до сонячних променів.
- Також ми дослідили стійкість роботи системи електропостачання шляхом оцінки його безпеки в умовах дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу та розробили заходи по підвищенню безпеки її роботи у надзвичайних ситуаціях.



Дякую за увагу