

# **РІШЕННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕПЛОЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ БУДІВЛІ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ НА ПРИКЛАДІ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ ВНТУ**

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

*Приведений опис системи теплоенергопостачання (СТЕП) ВНТУ. Наведені параметри опалення та гарячого водопостачання навчального корпусу. Сформульована задача підвищення ефективності СТЕП корпусу та заощадження теплоенергопостачання, шляхом вбудови в існуючу систему відновлюваних джерел енергії. Вибрані відновлювані джерела енергії та проаналізовані результати оптимізаційних розрахунків СТЕП корпусу з відновлюваними джерелами енергії.*

**Ключові слова:** теплоенергопостачання, водопостачання, заощадження, будівлі, ефективність, система, енергія.

## **Abstract**

*In the work is given a description of the system of heat and power supply VNTU. The parameters of heating and hot water supply of the educational power building are given. The problem of increasing the efficiency of the system of heat and power supply of the case, and saving of electricity by incorporating into the existing system of renewable energy sources, is formulated. Selected renewable energy sources were selected. Here is a description of the optimization solutions that provided options for energy conservation. The results of optimization decisions of the heat and power supply of the building with renewable energy sources are analyzed.*

**Keywords:** heat supply, water supply, savings, buildings, efficiency, system, energy.

## **Вступ**

Енергозбереження займає одну з ключових позицій у розвитку та економіці ринків споживчих послуг і матеріалів. Використання альтернативних джерел енергії стає все більш популярним, особливо, у світлі енергозберігаючих технологій. Сонячні батареї в сукупності з застосуванням вітрогенераторів, можуть виступати, як в якості додаткового, так і основного джерела енергії.

## **Основна частина**

Розрахункова теплова схема з відновлювальними джерелами енергії системи теплоенергопостачання навчального корпусу наведена на рис. 1. [1]. Умовні позначення на схемі: 1 – газовий конденсаційний котел; 2 – тепловий насос; 3, 4 – водонагрівач – акумулятор; 5 – електроводонагрівач; 6 – вакуумні сонячні колектори; 7 – теплообмінник блочного теплового пункту системи опалення; 8 – теплообмінник блочного теплового пункту системи гарячого водопостачання; 9 – циркуляційні насоси; 10 – вітряна електростанція; 11 – колектор; 12 – електрокотел; 13 – піролизний котел; 14 – сонячні модулі; 15 – інвертор; 16 – дизель-генератор; Т1, Т2 – трубопроводи гарячої води для опалення та подачі – подавальний і зворотній; Т3, Т4 – трубопроводи гарячої води для гарячого водопостачання – подавальний і циркуляційний; В1 – господарсько-питний водопровід.

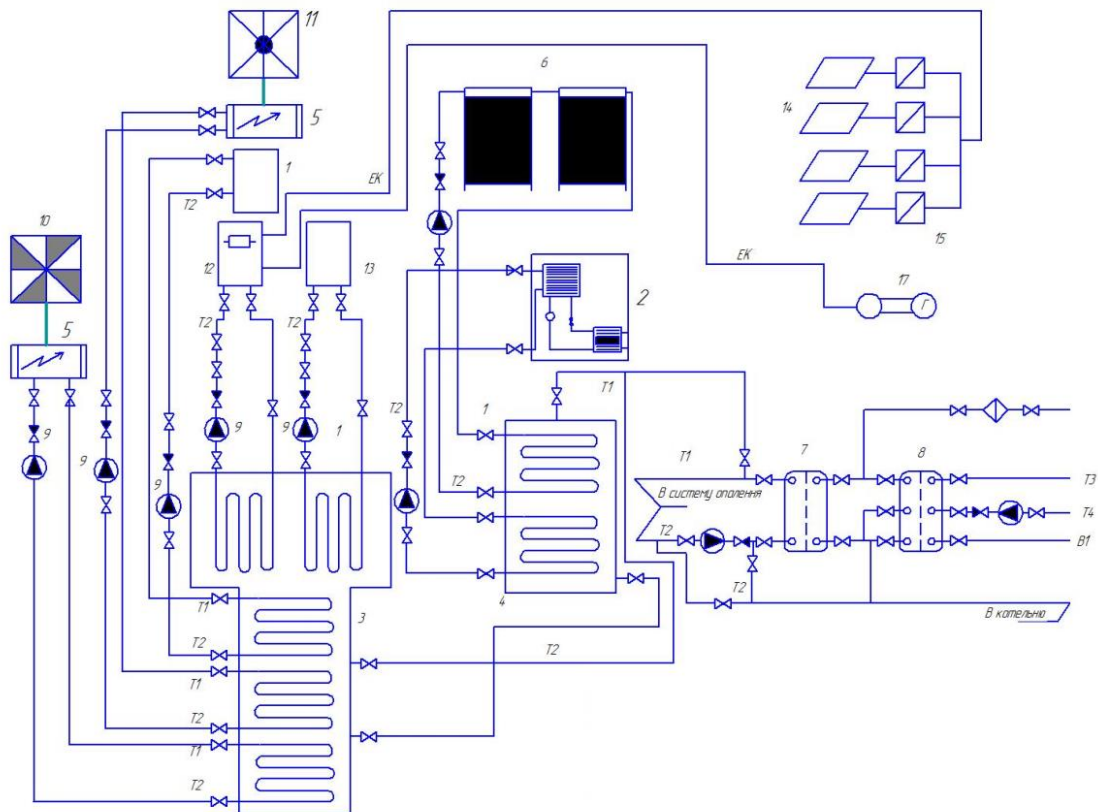


Рис. 1. Розрахункова тепла схема з відновлювальними джерелами енергії системи теплоенергопостачання навчального корпусу

Принцип роботи схеми: сонячна енергія надходить на сонячну електростанцію (СЕС) (14), перетворюючись в електричну, завдяки інвертору (15). Отримана електрична енергія передається на водонагрівач (5), а також на електрокотел (12). За таким принципом працюють і вакуумні сонячні колектори (6), перетворюючи сонячну енергію в теплову і, передаючи її на водонагрівачі-акумулятори (3, 4) через подавальний трубопровід (Т1). В свою чергу, вітрова електростанція (ВЕС) (10) за допомогою енергії вітру виробляє електричну енергію та передає її на водонагрівач (5), з якого гаряча вода надходить в систему. Разом з газовим котлом (1) і тепловим насосом (2), піролізним (11) та електрокотлом (12) гаряча вода та теплова енергія передаються по трубопроводах в систему опалення та на теплообмінники гарячого водопостачання.

Найбільша увага в роботі приділена сонячним модулям СЕС. Виконаний розрахунок параметрів системи слідкування за сонцем. Для цього визначений шлях сонця в усереднені дні кожного місяця на широті м. Вінниця, який показаний на рис. 2.

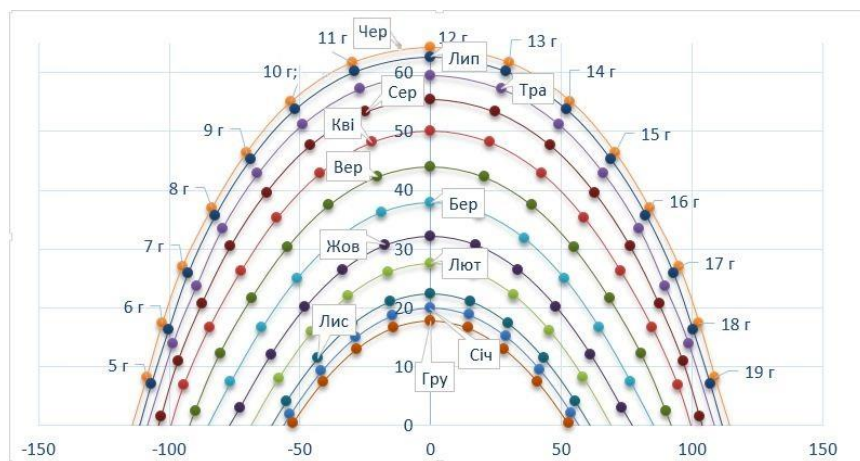


Рис. 2. Середнє значення сонячного шляху в день для кожного місяця на широті м. Вінниця

Для оцінки величини світлового потоку, що падає на сонячні модулі застосована двохкомпонентна модель. Вона розділяє загальне випромінювання на пряме і дифузне, що дозволяє точніше розрахувати освітленість на похилих поверхнях. Середньодобова сума загального ( $H$ ) і дифузного ( $H_D$ ) випромінювання на квадратний метр у Вінницькій області наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Середньодобова сума загального ( $H$ ) і дифузного ( $H_D$ ) випромінювання на квадратний метр у Вінницькій області .

Місяць	$H$ (кВт·год/м <sup>2</sup> )	$H_D$ (кВт·год/м <sup>2</sup> )
Січень	0.75	0.54
Лютий	1.33	0.87
Березень	2.83	1.66
Квітень	4.23	2.41
Травень	5.14	2.62
Червень	5.44	2.84
Липень	5.36	2.67
Серпень	4.76	2.40
Вересень	3.21	1.80
Жовтень	1.98	1.17
Листопад	0.95	0.68
Грудень	0.62	0.46

Кут повороту ( $R$ ) площини сонячного модуля знаходиться з умови максимального наближення падіння сонячного променя до поверхні модуля відносно нормалі. На рис. 3., як приклад, представлена залежність оптимального кута повороту модуля від часу доби (для 15 червня).

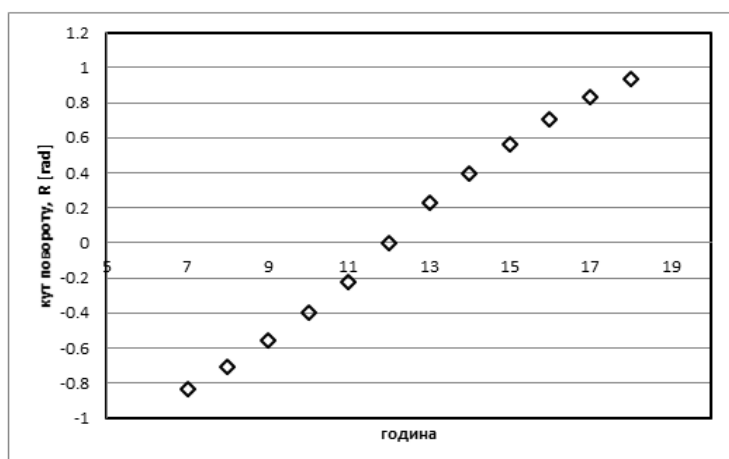


Рис. 3. Кут повороту модулів, як функція часу доби

Енергетичний вигрaш рухомої системи з поверхнею 1 м<sup>2</sup> відносно нерухомої системи наведений на рис. 4.



Рис. 4. Енергетичний вигрaш рухомої системи з поверхнею 1 м<sup>2</sup>

Як видно з рисунку, місячний ефект досягає 40 кВт·год/м<sup>2</sup>.

Розглянуті варіанти СТЕП – комбінацій джерел теплової та електричної енергії. Початкові дані до розрахунків варіантів склалися з умов: необхідна для корпусу теплова потужність теплогенератора – 600 кВт; необхідна для корпусу потужність електрогенератора – 128 кВт.

Прийнятими варіантами СТЕП є наступні.

- Варіант 1: джерела теплової енергії – електричний котел потужністю 540 кВт, піролізний котел (ПК) потужністю 60 кВт; джерела електричної енергії – електрична мережа потужністю 128 + 540 кВт.
- Варіант 2: джерела теплової енергії – електричний котел потужністю 540 кВт, піролізний котел потужністю 60 кВт; джерела електричної енергії – електрична мережа потужністю 268 кВт, дизель-генератор потужністю 400 кВт.
- Варіант 3: джерела теплової енергії – електричний котел потужністю 540 кВт, піролізний котел потужністю 60 кВт; джерела електричної енергії – електрична мережа потужністю 638 кВт, сонячні модулі потужністю 30 кВт.
- Варіант 4: джерела теплової енергії – електричний котел потужністю 540 кВт, піролізний котел потужністю 60 кВт; джерела електричної енергії – електрична мережа потужністю 628 кВт, сонячні модулі потужністю 30 кВт, вітряк потужністю 10 кВт.

Питома вартість сонячних модулів СЕС – 45 000 грн/кВт. Питома вартість дизель-генератора – 30000 грн/кВт. Питома вартість ВЕС – 30 000 грн/кВт. Ціна 1кВт·год – 2.6 грн.

Техніко-економічні параметри розглянутих варіантів теплопостачання навчального корпусу ВНТУ наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Техніко-економічні параметри варіантів теплопостачання навчального корпусу ВНТУ

Показник	Варіанти СТЕП			
	1	2	3	4
<b>1) Теплова енергія. Сумарна потужність, кВт</b>	<b>600</b>	<b>600</b>	<b>600</b>	<b>600</b>
- Піролізний котел. Потужність, кВт.	50	60	60	60
- Електричний котел. Потужність, кВт.	540	540	540	540
- Мережа тепла. Потужність, кВт.	0	0	0	0
- Сонячні колектори. Потужність, кВт.	10	0	0	0
Капіталовкладення в джерела, млн. грн.	0.220	0.220	0.220	0.220
Експлуатаційні затрати, млн. грн./рік:				
- на газ	0	0	0	0
- на електроенергію	5,6	5,6	5,6	5,6
- на дрова	0.03	0.4	0.4	0.4
- на теплову енергію з мережі	0	0	0	0
Сумарні приведені затрати на теплову енергію від джерел, млн. грн./рік	5,63	6	6	6
<b>2) Електрична енергія. Потужність корпусу, кВт</b>	<b>128</b>	<b>128</b>	<b>128</b>	<b>128</b>
Потужність джерел, кВт:				
- вітряки	4	0	0	10
- сонячні модулі	14	0	30	30
- дизель-генератор	0	400	0	0
- електрична мережа	110	-272	98	88
Капіталовкладення в джерела, млн. грн.	0.75	12	1,35	1,65
Річні затрати на:				
- електроенергію з мережі, млн. грн.	1,72	-4,24	1,53	1,37
- паливо дизель-генератора, млн. грн.	0	9	0	0
<b>Сумарні приведені затрати на систему теплоенергопостачання, млн. грн./рік</b>	<b>7,45</b>	<b>12,7</b>	<b>7,6</b>	<b>7,6</b>

### Висновки

1. Для визначення параметрів керуючої системи сонячними модулями розраховані положення сонця на небосхилі в задану пору року. Визначено оптимальний кут нахилу осі обертання модулів з огляду на потужність сонячного потоку, що падає на задану поверхню.

2. За допомогою трьохмірної геометричної моделі аналітично визначено взаємовплив кута обертання похилої площини під заданим кутом навколо похилої осі та азимута і нахилу заданої поверхні. Визначено кути повороту поверхні, які оптимізують падаючий потік випромінювання для кожної години усередненого дня кожного місяця року.

3. Місячний енергетичний ефект рухомої системи з поверхнею  $1 \text{ м}^2$  відносно нерухомої системи за місяць досягає  $40 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ .

4. Розглянуті варіанти системи теплоенергопостачання навчального корпусу практично є рівноцінними за винятком варіанта з дизель-генератором. При існуючих цінах на електроенергію та паливо застосування дизель-генератора є не доцільним.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Груба М. В. Економічна ефективність застосування відновлюваних джерел енергії в системах теплоенергопостачання адміністративних будівель [Електронний ресурс] / М. В. Груба, О. М. Головченко, О. М. Нанака // Матеріали XLV Науково-технічної конференції ВНТУ, Вінниця, 23–24 березня 2016 р. – Електрон. текст. дані. – 2016. – Режим доступу : <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2016/paper/view/724>.

**Слівінський Владислав Васильович** – студент групи ЕМ-18м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Нанака Олена Миколаївна** – к. т. н., доцент кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [e\\_nanaka@ukr.net](mailto:e_nanaka@ukr.net).

**Головченко Олексій Михайлович** – к. т. н., доцент, доцент кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [aleksey.golovch@gmail.com](mailto:aleksey.golovch@gmail.com).

**Vladislav V. Slivinsky** – student of the group EM-18m, department of electroenergy and electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Olena M. Nanaka** – PhD, assistant professor at the department of renewable energy and electrical transportation systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [e\\_nanaka@ukr.net](mailto:e_nanaka@ukr.net).

**Oleksiy M. Golovchenko** – PhD, assistant professor at the department of renewable energy and electrical transportation systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [aleksey.golovch@gmail.com](mailto:aleksey.golovch@gmail.com).