

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Розроблено алгоритм від факторів впливу. На основі створеної моделі розраховані режими найбільш ефективного відбору гарячої води від загального об'єму протягом доби. Отримано дані, що відображають фактичний обсяг використаної води при різних режимах відбору води та кількості таких відборів.

Ключові слова: геліоустановка, сонячний колектор, енергія сонця, водопостачання, температура, енергозбереження.

Разработан алгоритм от факторов влияния. На основе созданной модели рассчитаны режимы наиболее эффективного отбора горячей воды от общего объема на протяжении суток. Получены данные, которые отображают фактический объем использованной воды при разных режимах отбора воды и количестве таких отборов.

Ключевые слова: гелиоустановка, солнечный коллектор, энергия солнца, водоснабжение, температура, энергосбережение.

An algorithm is developed from the factors of influence. On the basis of the created model the expected modes of the most effective selection of hot water are from a general volume for a day long. It is got danni, that represent the actual volume of the used water at the different modes of selection of water and amount of such selections.

Key words: solar power plant, sun collector, energy of a sun, water-supply, temperature, energy-savings.

У зв'язку з тим, що традиційні види енергії негативно впливають на навколишнє середовище та невпинно наближаються до закінчення, особливу увагу приділяють енергії, що виробляється з відновлювальних джерел, як енергії, що завдає найменшої шкоди довкіллю [1]. Актуальність і злободенність проблеми вимушує вчених та інженерів-теплоенергетиків цікавитися питаннями енергозбереження та альтернативних технологій, які б могли доповнити або навіть замінити традиційну енергетику. Одним з них є використання сонячного випромінювання як природного невичерпного джерела енергії.

Чорноморський державний університет імені Петра Могили розробив та впроваджує власну програму енергозбереження. В межах цієї програми було встановлено сонячні водогрійні колектори на даху будівлі головного корпусу для отримання гарячої води на власні потреби.

Для ефективної роботи водогрійних котлів недостатньо вивчено питання циклічності використання сонячних систем гарячого водопостачання в умовах півдня України. Метою роботи є моделювання режиму роботи системи для отримання найбільшої кількості гарячої води.

Миколаїв знаходиться в південній частині України, у степовій зоні. Клімат міста помірно континентальний з м'якою зимою і жарким літом. Середньорічна температура повітря складає 10°C, найнижча вона у січні (-3,1°C), найвища – в липні (22,3°C). В останні роки температура повітря в Миколаєві має тенденцію до підвищення. Протягом періоду спостереження середньорічна температура повітря підвищилася щонайменше на 1,0°C. Найменша хмарність спостерігається в серпні, найбільша – у грудні [5].

Сонячна система складається з трьох сонячних колекторів загальною адсорбуючою площею 7,5 м². Кут нахилу колекторів – 50°. Об'єм інтегрованого бака-акумулятора – 450 літрів. Для моделювання обрано чотири режими:

- 100-відсотковий забір води, або 450 л/год;
- 75-відсотковий забір води, або 337,5 л/год;
- 50-відсотковий забір води, або 225 л/год;
- 25-відсотковий забір води, або 112,5 л/год.

Забір води відбувається за умови досягнення водою температури 40°C. Після відбору гарячої води в систему одразу ж подається така ж кількість холодної води з температурою 20°, тобто, ми маємо постійне наповнення бака-акумулятора.

Таблиця 1

Сонячна радіація, що надходить у липні на горизонтальну поверхню, Вт/м²[7]

Сонячна радіація, Вт/м ²	Час доби	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
		пряма	розсіяна	0	0	0	8	49	84	99	112	126	128	133	133	128	126	112	99	84	49	8	0	0

Формування якісної залежності об'єму підготовленої гарячої води в залежності від факторів впливу

Якісна залежність об'єму підготовленої гарячої води від факторів впливу має вигляд [4]:

$$V = f(\eta, S, \tau, \varphi, Q, t_1, t_2, \omega, X_m, \Pi, \text{Ч}, j, \text{Ш}),$$

де η – ККД системи, %,

S – площа колекторів, м²,

τ – проміжок часу, год,

φ – кут нахилу колекторів, °,

Q – інтенсивність сонячної радіації, Вт/м²,

t_1 – температура холодної води, °С,

t_2 – температура гарячої води, °С,

ω – широта місцевості,

j – наведена інтенсивність поглинутої сонячної радіації, Вт/м²,

X_m – хмарність, %,

Π – тепловтрати, Вт/м²,

Ч – чистота вакуумних трубок,

Ш – кількість градусів нагріву об'єму 450 л води за годину.

Аналіз методик розрахунку систем сонячного гарячого водопостачання надав змогу обрати найбільш ґрунтовний шлях моделювання [6].

Наведену інтенсивність поглинутої сонячної радіації розраховуємо за формулою:

$$j = 0,96(P_s \theta_s I_s + P_D \theta_D I_D) \quad (1), \quad [2]$$

де Q_s і iQ_d – відповідно наведені оптичні характеристики колектора для прямої та розсіяної радіації. В нашому випадку, $Q_s = 0,63$ і $Q_d = 0,42$;

I_s – інтенсивність прямої сонячної радіації, що падає на горизонтальну поверхню, Вт/м²

I_d – інтенсивність розсіяної сонячної радіації, що падає на горизонтальну поверхню, Вт/м²

P_s, P_d – коефіцієнти положення сонячного колектора для прямої та розсіяної радіації відповідно.

P_d розраховується за формулою:

$$P_d = \cos^2 b / 2 \quad (2),$$

де b – кут нахилу колектору.

Коефіцієнт P_s для півдня України складає 0,81 [2].

Для знаходження загальної поглинутої енергії, $Q_{\text{заг}}$ усією системою колекторів для i -того часу треба значення наведеної інтенсивності поглинутої сонячної радіації i -того часу помножити на загальну площу S .

Знаючи, що для нагріву одного літру на один градус потрібно затратити 1,16 Вт енергії [3], та маючи значення загальної поглинутої енергії усією системою колекторів для кожного часу, ми знаходимо, на скільки градусів у кожний час доби можуть нагрітися 450 літрів води, за таким рівнянням:

$$\text{Ш} = Q_{\text{заг}} / 450 * 1,16 \quad (3),$$

або, якщо узагальнити:

$$\text{Ш}_i = \frac{(0,96(0,81 * 0,63 * I_{s_i} + 0,82 * 0,42 * I_{d_i}) * 7,5}{450 * 1,16} \quad (4)$$

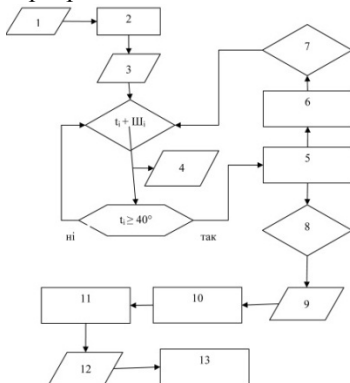
Після відбору гарячої води в систему буде доливатися такий самий об'єм холодної води, яка буде змішуватися з гарячою водою. Для того, щоб дізнатися, якої температури досягне змішана вода, треба використати похідну формулу теплового балансу:

$$t_3 = \frac{m_2 * t_2 + m_1 * t_1}{m_3} \quad (5),$$

де t_3 – це температура та маса води відповідно; коефіцієнти 1, 2, 3 – холодна, гаряча та змішана вода відповідно.

Розробка програми математичного моделювання об'єкта.

Програма математичного моделювання об'єкта наводиться у вигляді блок-схеми (рис 5).



Пояснення до блок-схеми





-  – введення/вивід даних
-  – дія
-  – розрахунок
-  – умова

Рис. 5 Алгоритм проектування

1. Введення початкових даних для розрахунку Π_i (табл. 1, площа системи колекторів, коефіцієнти P_s, P_d, Q_s і Q_d).

2. За формулою (4) розраховуємо значення Π_i для кожної години доби.

3. Отримання таблиці нагрівання води в баці-акумуляторі для кожної години доби.

4. Отримання таблиці зміни фактичної температури води в баці-акумуляторі за добу.

5. Відбір води за обраним режимом.

6. Додавання до бака-акумулятора холодної води ($t = 20^\circ\text{C}$) в кількості, рівній відібраній.

7. Розрахунок температури змішаної води за формулою (5).

8. Кількість відборів за добу *Об'єм відібраної води за один відбір, л/доба.

9. Створення таблиці, що відображає об'єм відібраної води (л/доба) при обраному режимі (100, 75, 50, 25 % відбору).

10. Створення графіку залежності об'єму відібраної води від режиму відбору.

11. Проведення апроксимації кривої.

12. Отримання формули залежності.

13. Перевірка моделі.

За розробленим алгоритмом, з використанням відповідних формул та операцій, було комп'ютеризовано процес розрахування.

На рис. 6, 7, 8, 9 відображені графіки зміни температури води в баці-акумуляторі при 100-, 75-, 50- та 25-відсотковому відборі відповідно.

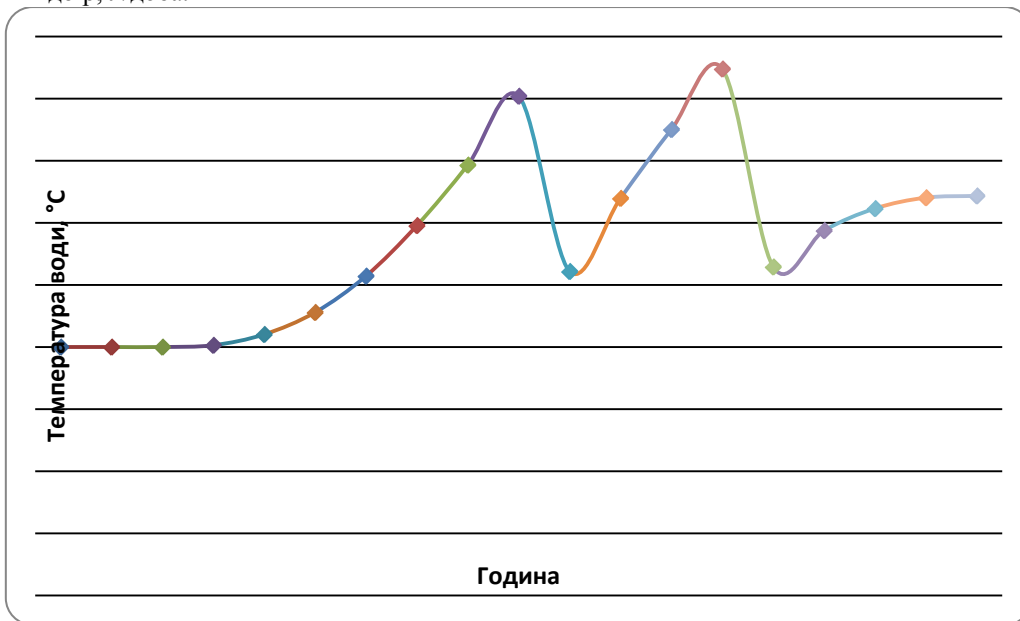


Рис. 6 Графік зміни температури води в баці-акумуляторі при 100%-відсотковому режимі відбору

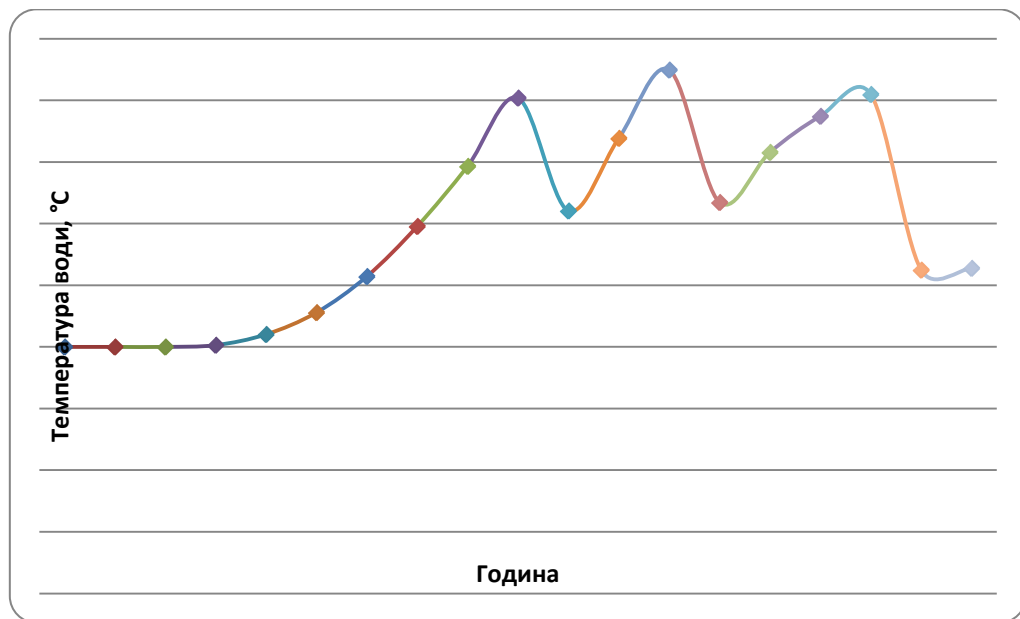


Рис. 7 Графік зміни температури води в баці-акумуляторі при 75%-відсотковому режимі відбору

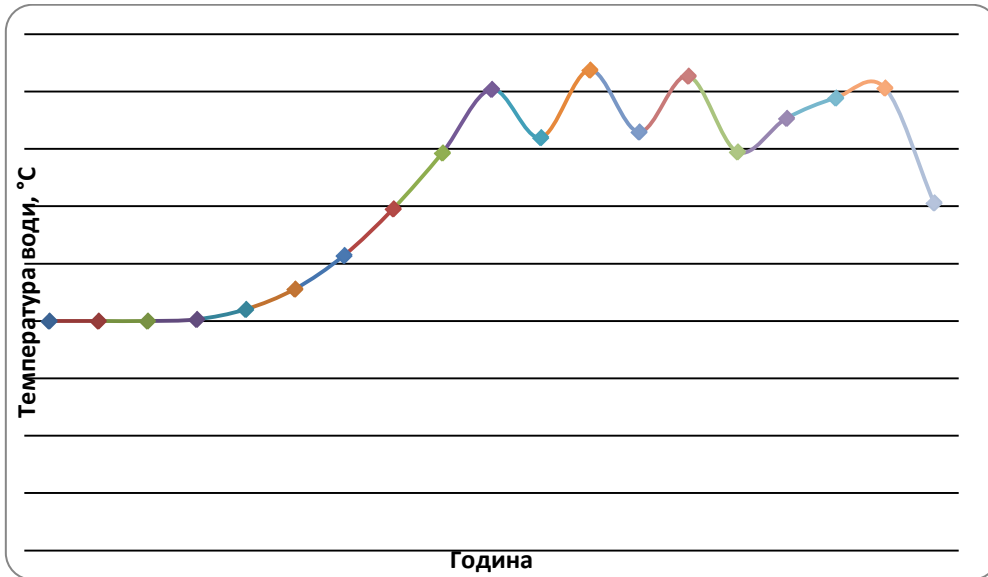


Рис. 8 Графік зміни температури води в баці-акумуляторі при 50%-відсотковому режимі відбору

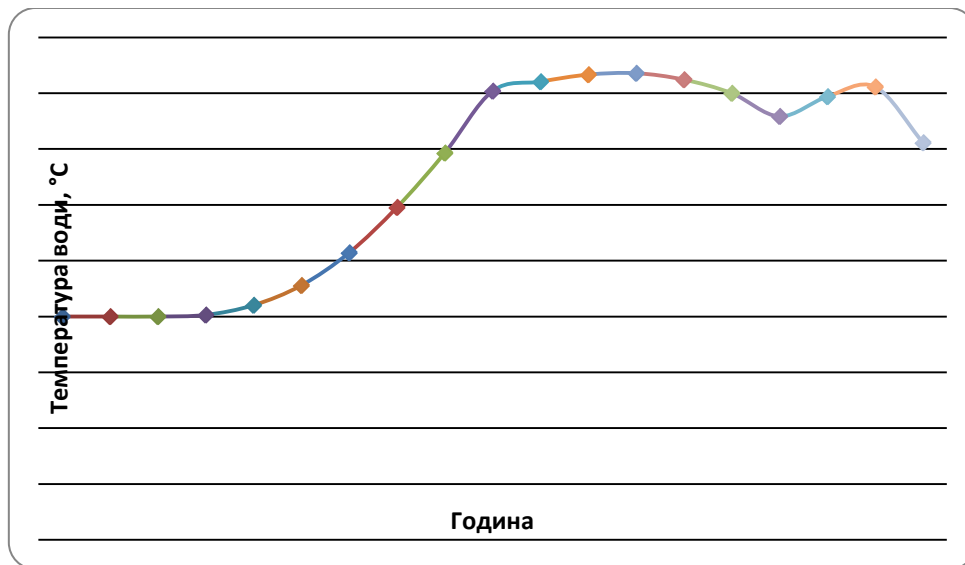


Рис. 9 Графік зміни температури води в баці-акумуляторі при 25%-відсотковому режимі відбору

На основі таблиць зміни фактичної температури води в баці-акумуляторі за добу та графіків, отриманих з цих таблиць, створюємо таблицю, що відображає об'єм відібраної води (л/доба) при обраному режимі (100, 75, 50, 25 % відбору) (табл. 2). При відборі 75 % води з бака за годину при досягненні температури води 40°C спостерігається найбільший об'єм можливої використаної води – 1012,5 л на добу.

Таблиця 2

Об'єм відібраної води за добу, л

Режим відбору за годину, %	Об'єм відібраної води за добу, л
100	900
75	1012,5
50	900
25	787,5

На основі табл. 2 створено графік залежності об'єму відібраної води від режиму відбору та проведено

апроксимацію кривої (рис. 10). Аналітичне представлення графічної залежності має вигляд:

$$y = -0,0024 \times 3 + 0,36 \times 2 - 12 \times x + 900 \quad (6)$$

Значення середньоквадратичного відхилення дорівнює одиниці.

Створена модель надає змоги спрогнозувати, який об'єм води можна використати за добу при заданому режимі відбору.

Для перевірки працездатності моделі необхідно задати проміжне значення режиму відбору. Наприклад, 60%. При 60-відсотковому відборі, підставивши у формулу (6) замість «х», значення «60», ми отримуємо об'єм води, яким ми зможемо відібрати за добу, а саме – 957,6 літрів.

Отримана формула дозволяє визначити, який з режимів може забезпечити найбільший об'єм води, який можна використати за добу. Шляхом перебору різних варіантів, було з'ясовано, що при режимі відбору 79 % за добу буде підігріто 1015,5 літрів води.

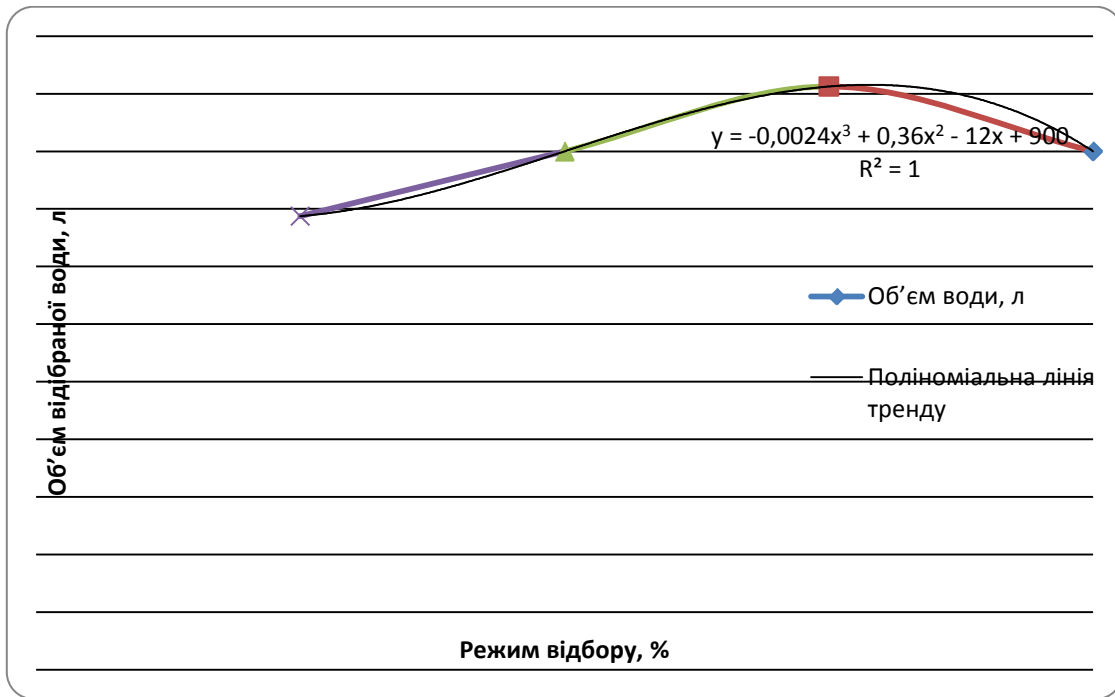


Рис. 10 Графік залежності об'єму відібраної води від режиму відбору

Висновки

1. Розроблено алгоритм, який включає аналіз об'єкта моделювання, умови його функціонування, визначення якісної залежності об'єму підготовленої гарячої води від факторів впливу.
2. Отримано дані, що відображають фактичний нагрів води в баці-акумуляторі системи сонячного гарячого водопостачання на прикладі головного корпусу навчального закладу на півдні України при

різних режимах відбору води та кількості таких відборів.

3. На основі створеної моделі вдалося з'ясувати, що найбільше гарячої води (1015,5 л) можна використати при режимі відбору в 79 % від загального об'єму.
4. Робота може бути продовжена в напрямку пошуку даних та створення залежностей для інших сезонів з метою удосконалення моделі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Возняк О. Т. Енергетичний потенціал сонячної енергетики та перспективи його використання в Україні / О. Т. Возняк, М. Є. Янів // Теорія і практика будівництва : [збірник наукових праць] / відп. ред. З. Я. Бліхарський. – Л. : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2010. – 403 с. : іл. – (Вісник / Національний університет «Львівська політехніка» ; № 664). – С. 7-10.
2. ВСН 52-86 «Установки сонячного гарячого водоснабження. Нормы проектирования»
3. Дж. А. Даффи. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / А. Дж. Даффи, У. А. Бекман. – М. : Мир, 1977. – 410 с.
4. Ляшков В. И. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учебное пособие / В. И. Ляшков, С. Н. Кузьмин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 96 с.
5. Николаев (Николаевская область) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : //http://ru.wikipedia.org/wiki/Николаев_(Николаевская_область). – 05.02.11.
6. Расчет долгосрочных характеристик системы солнечного теплоснабжения : Метод. указания к выполнению расчет. работы по дисциплине «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» / [сост. В. А. Агеев]. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – 17 с.
7. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика.

Рецензенти: **Клименко Л. П.**, д.т.н., професор;
Ризун І. Р., к.т.н., професор.

© Чухлебів О. В., Крєтов Р. О.,
Андрєєва Н. Ю., Голдун В. Ю., 2012

Дата надходження статті до редколегії: 16.03.2012 р.

ЧУХЛЕБОВ Олександр Вікторович – аспірант Чорноморського державного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: відновлювальні джерела енергії, енергозбереження.

КРЕТОВ Руслан Олександрович – студент Чорноморського державного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: альтернативна енергетика.

АНДРЕЄВА Наталія Юрїївна – аспірант Чорноморського державного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: енергозабезпечення відокремлених територій.

ГОЛДУН Віктор Юрїйович – аспірант Чорноморського державного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: трибологія механічних систем, композиційні матеріали, енергозаощадження.