

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІННОВАЦІЙНІ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**



ОДЕСА
2017

Публікуються доповіді, представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

доктор техн. наук, професор

О.Г. Бурдо

Ю.О. Левтринська

Е.Ю. Ананійчук

О.В. Катасонов

Одеська національна академія харчових технологій, 2017 р.

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

Єгоров
Богдан Вікторович
Бурдо
Олег Григорович
Атаманюк
Володимир Михайлович
Васильєв
Леонард Леонідович
Гавва
Олександр Миколайович
Гумницький
Ярослав Михайлович
Долинський
Анатолій Андрійович
Зав'ялов
Владимир Леонідович
Керш
Владимир Яковлевич
Колтун
Павло Семенович
Корнієнко
Ярослав Микитович
Малежик
Іван Федорович
Михайлов
Валерій Михайлович
Паламарчук
Ігор Павлович
Снежкін
Юрій Федорович
Сорока
Петро Гнатович
Тасімов
Юрій Миколайович
Товажнянський
Леонід Леонідович
Ткаченко
Станіслав Йосифович
Ульєв
Леонід Михайлович
Черевко
Олександр Іванович
Шит
Михайл Львович

- голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
- вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
- Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
- Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н., професор
- Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
- Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАНУ
- Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Одеська державна академія будівництва та архітектури, д.т.н., професор
- Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
- Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор
- Вінницький національний аграрний університет, д.т.н., професор
- Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., член-кор. НАНУ
- Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
- Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
- Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
- Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор
- Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ ГЕЛІОПАНЕЛІ ДЛЯ ВИРОБЛЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Козін В. М., канд. техн. наук, Винниченко Б. О., студент
Сумський державний університет, м. Суми

ENHANCEMENT OF HEAT SUPPLY HELIOPANELS FOR THE PRODUCTION OF THERMAL ENERGY

V. Kozin, Cand. Tech. Sciences, Vynnychenko B.O., student
Sumy State University, Sumy

Анотація: Стаття присвячена проблемі підвищення теплонадходження геліопанелі, що працює для вироблення теплової енергії. Такі пристрої можуть використовуватися для отримання гарячої води та у системах опалення «тепла підлога». До переваг таких систем треба віднести їх повну автономність, надійність, простоту конструкції, тривалий термін служби та ін. Однак робота геліопанелі повністю залежить від кількості ефективно засвоєної нею теплової енергії сонця, яка, у свою чергу, залежить як від конструкції та властивостей матеріалів панелі, так і від кількості спрямованого сонячного випромінювання, що визначається географічним розташуванням панелі, періодом року, часом доби та геометрією взаємного розміщення площини панелі і напрямом падіння на неї сонячного променя.

Врахування динаміки кута падіння сонячного променя на геліопанель дозволяє суттєво підвищити її теплозасвоєння та збільшити тривалість сонячного опромінення, а отже, – покращити енергетичну ефективність альтернативного джерела теплової енергії, що особливо актуально при розміщенні панелі у північній та центральній частинах країни, які відносять до четвертої зони з найменшим середньорічним сонячним випромінюванням до 1000 кВт·год/м².

Abstract: Currently acute problem of energy due to the constant growth of tariffs for energy: water, electricity and heat. The situation was reinforced by the lack of sufficient amount of domestic reserves of natural gas, coal and other minerals – energy sources which used in traditional energetics. Therefore, the growing demand for energy in its various forms significantly accelerates the introduction of devices and systems that operate from alternative and renewable sources. This area is developing very actively, but as with all things new, these devices still have a relatively low efficiency.

The article deals with the problem of increase efficiency of solar battery, working to receive of heat energy. These devices can be used for hot water and heating in a "warm floor" systems. The advantages of such systems are full autonomy, reliability, simplicity of design, long life and so on. The action of solar battery depends on solar heat, which effectively completely absorbed by panel. It is depends on the design and properties panels, and on the number of directional solar radiation and it is determined by geographical location of panel, season, time of day and geometry relative placement between panel plane and the direction of fall sunlight.

Taking into account the dynamics of the angle of incidence of sunlight on solar battery to significantly increase its heat absorption and increase the time of the solar radiation, and thus – to improve the energy efficiency of an alternative source of heat. It is especially important when placing panels in the northern and central parts of the country what belongs to the fourth zone with the lowest average annual solar radiation up to 1000 kWh/m².

The use of a turning mechanism by analogy with solar panels working for the generation of electric energy, will allow in dynamic mode during the day to maintain a normal or close to its angle of incidence of sunlight. This will help to maximize the heat production efficiency of solar energy and increase the output power of the solar station. However, the use of a turning mechanism will make it impossible to install solar panels on the sloping roofs of buildings, as can be seen now. Such systems will require free horizontal areas, a strong foundation and additional pay of money, but the growth of heat energy production in the remote time will allow to return part of money by the introduction of this energy efficient measure.

Keywords: solar panel, solar energy, energy efficiency, alternative energy source, heat supply system, solar radiation, panel orientation, heat transfer.

Ключові слова: геліопанель, сонячна енергетика, енергоефективність, альтернативне джерело енергії, система теплопостачання, сонячна радіація, орієнтація панелі, теплонадходження.

Більшість геліостанцій працюють для вироблення електричної енергії, однак енергію Сонця можна використовувати і для вироблення теплової енергії. У цьому випадку променева енергія йде на нагрівання теплоносія, що циркулює у каналах панелі, а отримане тепло акумулюється у теплоізолюваному баці-акумуляторі. Кількість сприйнятої панеллю теплової енергії залежить від багатьох факторів: конструкції та властивостей матеріалів панелі, кількості спрямованого сонячного випромінювання, що визначається географічним розташуванням панелі, періодом року, часом доби та геометрією взаємного розміщення площини панелі і напрямом падіння на неї сонячного променя. Якщо для сонячних панелей, що працюють для вироблення електричної енергії, вже розроблено спеціальні механізми, які дозволяють повертати її за Сонцем, то геліопанелі, що працюють для вироблення тепла, встановлюють стаціонарно з орієнтацією на південь та кутом панелі до горизонту близько 40° [1 – 5]. Такий підхід зменшує початкові капітальні витрати так скорочує термін монтажу, однак призводить до суттєвого зменшення ефективності теплосасвоєння геліопанелі через не коректний кут падіння променів на площину панелі, а також впливає на скорочення тривалості контакту сонячного проміння з панеллю. Отже, стаття присвячена актуальному питанню та дозволяє оцінити втрачений ефект від не використання поворотних механізмів у геліопанелях, що працюють для вироблення тепла на прикладі їх територіального розміщення у м. Суми.

Кількість сонячної енергії, що надходить на горизонтальну поверхню Землі, дуже залежить від широти місцевості (див. рис. 1). Відношення середньомісячних надходжень сонячної радіації у червні і грудні зі збільшенням широти зростає, і на широті 50° пн. ш. воно приблизно дорівнює 13. Ще більше відрізняється надходження сонячної енергії у найсприятливіший і найнесприятливий дні року, при цьому відношення E_{\max} і E_{\min} може досягати 50. Ці дані свідчать про великі зміни протягом року кількості надходження сонячної енергії, а отже, і про подібні зміни теплопродуктивності геліосистеми [8].

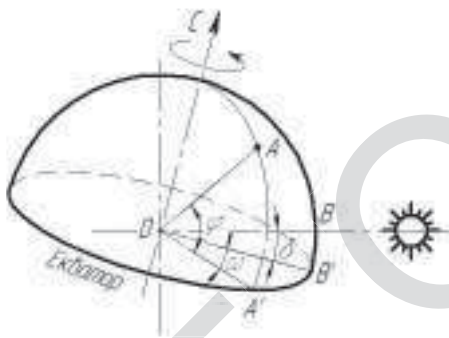


Рис. 1. Схема удаваного руху Сонця по небосхилу

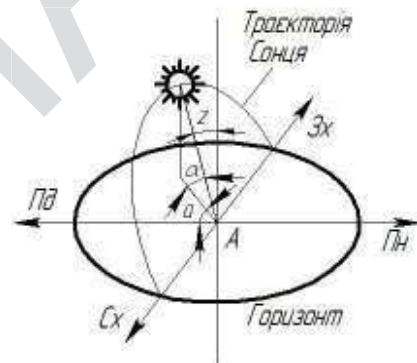


Рис. 2. Кути, які визначають положення точки A на земній поверхні відносно сонячних променів

Для розрахунку наявної кількості сонячної енергії, що надходить на похилу поверхню, необхідно знати кути падіння сонячних променів на похилу і горизонтальну поверхню у даному місці.

Положення деякої точки A на земній поверхні відносно сонячних променів у даний момент часу визначається трьома основними кутами: широтою місця розташування точки φ , годинним кутом ω та схиленням Сонця δ (рис. 1). Разом з трьома основними кутами φ , ω та δ у розрахунках сонячної радіації використовують також зенітний кут z , кут висоти α і азимут a Сонця (рис. 2) [7].

Схилення Сонця у довільний день року визначається за формулою:

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \frac{284 + n}{365} \right), \quad (1)$$

де n – порядковий номер дня, відрахований від 1 січня.

Для розрахунків величину n беруть як порядковий номер середнього розрахункового дня місяця року.

Кут падіння сонячних променів на довільно орієнтовану поверхню, що має азимут a_n і кут нахилу до горизонту β , визначається за формулою:

$$\cos i = \sin \beta [\cos \delta (\sin \varphi \cos a_n \cos \omega + \sin a_n \sin \omega) - \sin \delta \cos \varphi \cos a_n] + \cos \beta [\cos \delta \cos \varphi \cos \omega + \sin \delta \sin \varphi], \quad (2)$$

де φ – широта місцевості; δ – схилення Сонця; ω – годинний кут Сонця.

Азимут вертикальної поверхні a_n в тому випадку, якщо вона орієнтована на південь, дорівнює 0° , на захід 90° , на схід -90° , на північ 180° .

Середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на похилу поверхню сонячного колектора, визначається за формулою:

$$E_n = RE, \quad (3)$$

де E – середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на горизонтальну поверхню, $\text{МДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{доба})$; R – відношення середньомісячних денних кількостей сонячної радіації, що надходить на похилу і горизонтальну поверхні.

Коефіцієнт перерахунку кількості сонячної енергії з горизонтальної поверхні на похилу поверхню сонячного колектора з південною орієнтацією дорівнює сумі трьох складових, які відповідають прямому, розсіяному та відображеному сонячному випромінюванню:

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) R_n + \frac{E_p}{E} \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \frac{1 - \cos \beta}{2}, \quad (4)$$

де E_p – середньомісячна денна кількість розсіяного сонячного випромінювання, яке надходить на горизонтальну поверхню, $\text{МДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{доба})$; E_p / E – середньомісячна денна частка розсіяного сонячного випромінювання; R_n – середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальної на похилу поверхню; β – кут нахилу поверхні сонячного колектора до горизонту; ρ – коефіцієнт віддзеркалення (альbedo) поверхні Землі та оточуючих тіл, який як правило беруть таким, що дорівнює 0,7 для зими та 0,2 для літа; у весняні та осінні місяці цей коефіцієнт беруть таким, що дорівнює 0,45.

Величини E_p та E беруть з довідкової літератури, наприклад, [9].

Середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальної на похилу поверхню з південною орієнтацією знаходять з виразу

$$R_n = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega_{z,n} + \frac{\pi}{180} \omega_{z,n} \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \sin \omega_z + \frac{\pi}{180} \omega_z \sin \varphi \sin \delta}. \quad (5)$$

Годинний кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні

$$\omega_z = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta). \quad (6)$$

Як годинний кут заходу Сонця для похилої поверхні з південною орієнтацією беруть меншу з двох величин: ω_z або величину $\omega_{z,n}$, розраховану за формулою:

$$\omega_{\text{н}} = \arccos[-\operatorname{tg}(\varphi - \beta) \operatorname{tg} \delta]. \quad (7)$$

З метою виявлення впливу повертання геліопанелі за напрямками горизонту, введемо коефіцієнт теплонадходження геліопанелі, який дозволить кількісно оцінити зростання теплонадходження панелі за рахунок її повороту на кут ω відносно півдня:

$$k_{\omega} = \frac{E_{\omega}}{E_{\omega=0}}, \quad (8)$$

де E_{ω} – середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на повернену на деякий кут азимуту α панель при оптимальному куті нахилу $\beta_{\text{опт}}$ МДж/(м²·доба); $E_{\omega=0}$ – середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на південно орієнтовану ($\omega = 0^\circ$) панель при оптимальному куті її нахилу $\beta_{\text{опт}}$ МДж/(м²·доба).

Використовуючи формули (1), (3) – (7), для кожного місяця року було виконано розрахунки середньомісячної фактичної добової сумарної кількості сонячної енергії залежно від кута нахилу геліопанелі β . Результати розрахунків наведені на рис. 3.

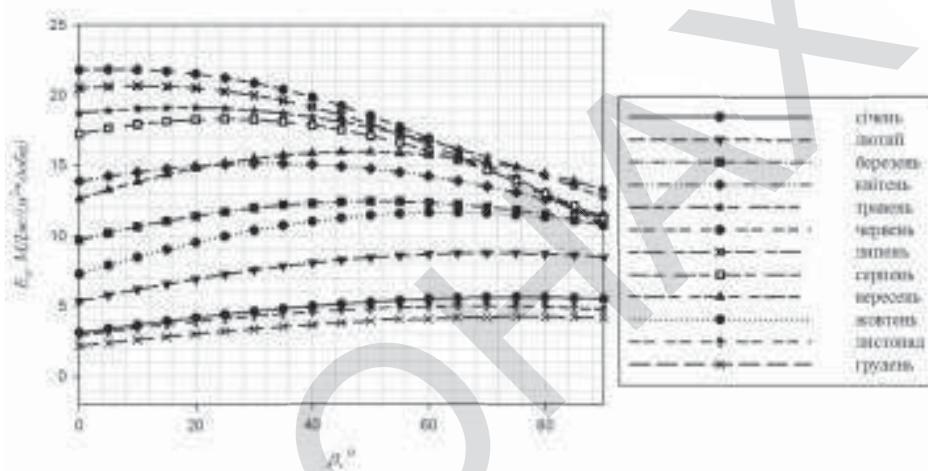


Рис. 3. Вплив кута нахилу геліопанелі до горизонту

Як бачимо з рис. 3 для кожного місяця існує власний оптимальний кут нахилу геліопанелі, який змінюється від $\beta_{\text{опт}} = 5^\circ$ для червня до $\beta_{\text{опт}} = 75^\circ$ для січня. Отже, робимо висновок, що для кожного місяця протягом року необхідно встановлювати власний кут нахилу геліопанелі, який зменшується навесні та зростає восени.

Кількісна залежність кута β та відповідний йому максимум випромінюваної сонячної енергії для $50^\circ 47'$ пн. ш, що відповідає широті розміщення м. Суми, протягом року подані на рис. 4.

З метою оцінювання відносної величини теплонадходження геліопанелі за рахунок його повертання до горизонту відносно рекомендованого значення $\beta = 40^\circ$, використовуючи формули (1), (3) – (7), було виконано порівняльні розрахунки, результати яких наведені на рис. 5.

Як видно з рис. 5, найбільше покращення теплонадходження геліопанелі за рахунок зміни його орієнтації до горизонту спостерігається у найхолодніший та найтепліший місяці року.

Ефективність теплонадходження геліопанелі залежить від кута, утвореного напрямом сонячного променя та нормалі, яка виходить з площини геліопанелі. Цей кут при розрахунках оцінюють за формулою (2). Найоптимальніший кут падіння сонячних променів буде коли ці напрями повністю співпадуть, тобто коли кут $i = 0^\circ$, що відповідає значенню $\cos i = 1$.

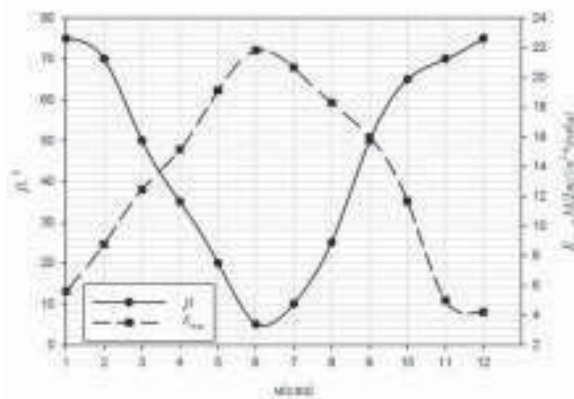


Рис. 4. Оптимальний кут нахилу геліопанелі до горизонту $\beta_{\text{опт}}$ та максимуми випромінюваної сонячної енергії E_{max} для м. Суми

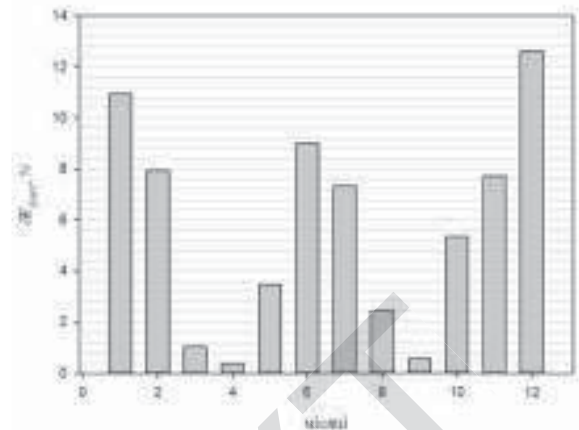


Рис. 5. Відносне зростання теплонадходження геліопанелі протягом року за рахунок його повертання до горизонту на оптимальний кут $\beta_{\text{опт}}$ порівняно з $\beta = 40^\circ$

Використовуючи зазначені вище формули був виконаний варіантний розрахунок величини $\cos i$ для кожного місяця року та часу доби, починаючи зі сходу сонця, до його заходу для отриманих вище оптимальних значень кута нахилу панелі $\beta_{\text{опт}}$. Кут повороту ω варіантно обирався із діапазону $\omega \in [-180^\circ; 180^\circ]$. Причому кут $\omega = 0^\circ$ відповідав спрямуванню панелі на південь, а кути $\omega = -90^\circ$ – на схід, $\omega = 90^\circ$ – на захід.

У результаті розрахунку, використовуючи формулу (2), було отримано максимальні значення коефіцієнта $\cos i$ протягом доби для усіх місяців року (рис. 6).

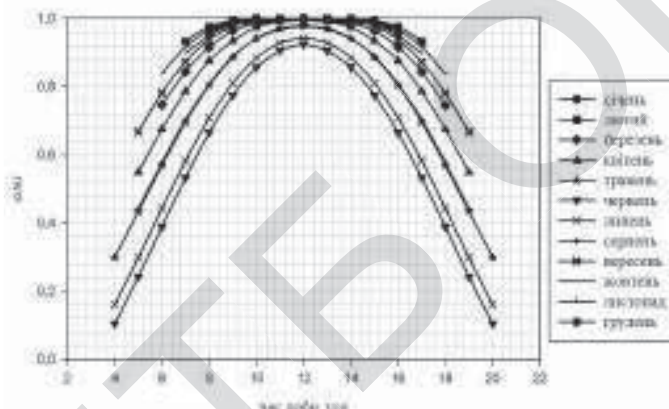


Рис. 6. Максимальні значення коефіцієнта $\cos i$ протягом доби для усіх місяців року

Як бачимо з рис. 6, найкраще співпадіння напрямку сонячних променів та нормалі геліопанелі спостерігається взимку. Це можна пояснити низьким схиленням Сонця та короткою тривалістю світлового дня.

На рис. 7 можемо спостерігати динаміку зміни кута повороту геліопанелі відносно сторін горизонту для різних пір року: повертання геліопанелі протягом доби симетричне відносно полудня коли для всіх пір року геліопанель спрямовується на південь. Найбільша швидкість повертання геліопанелі, тобто зміна кута ω протягом доби спостерігається у літні місяці, а найменша – взимку.

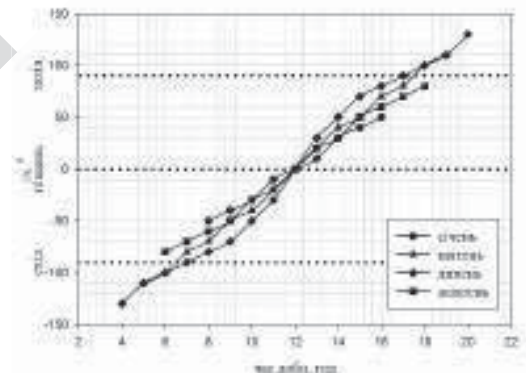


Рис. 7. Порівняльний вплив кута повороту геліопанелі відносно сторін горизонту для різних пір року

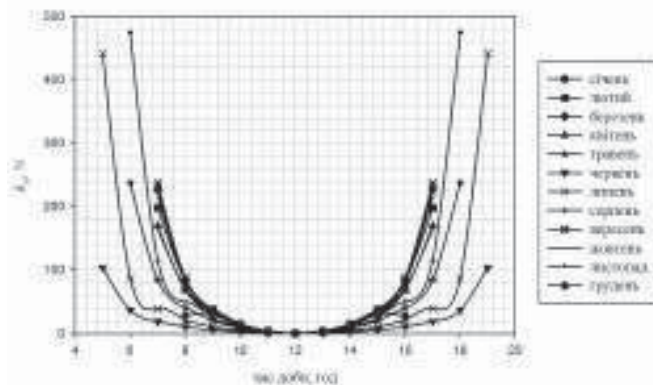


Рис. 8. Збільшення теплонадходження за рахунок повороту панелі відносно сторін горизонту протягом доби для всіх місяців року

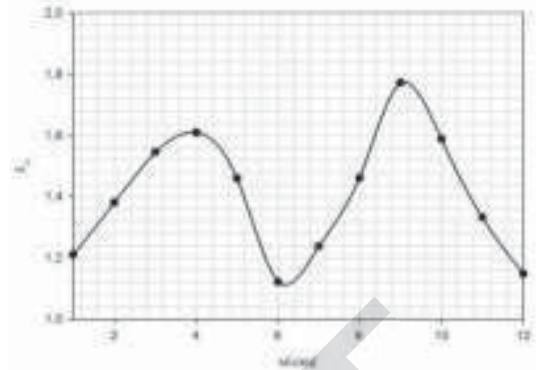


Рис. 9. Зміна середньомісячного коефіцієнта теплонадходження геліопанелі при її повороті відносно сторін горизонту за місяцями

Аналізуючи результати розрахунків коефіцієнта теплонадходження k_w , які показані на рис. 8 та 9, можемо зробити висновки, що найбільше зростання теплонадходження від повороту панелі відносно сторін горизонту (до 4,5 разів) спостерігається вранці та ввечері особливо у літні місяці та найбільш ефективним є використання повороту панелі відносно сторін горизонту буде навесні та восени.

Висновки

Після виконання розрахункових досліджень за поданими у роботі залежностями було отримано такі основні результати:

- 1) для кожного місяця існує власний оптимальний кут нахилу геліопанелі, який змінюється від $\beta = 5^\circ$ для червня до $\beta = 75^\circ$ для січня;
- 2) найбільше покращення теплонадходження геліопанелі за рахунок зміни її орієнтації до горизонту спостерігається у січні та липні; найменший вплив кута β спостерігається у весняні та осінні місяці;
- 3) для всіх пір року, окрім зими, максимальний поворот геліопанелі у години сходу та заходу сонця перевищує 90° , тобто панель необхідно повернути не тільки на схід при сході сонця, але ще й частково на північ;
- 4) найбільша швидкість повороту геліопанелі відносно сторін горизонту спостерігається у літні місяці, найменша – взимку;
- 5) найбільший ефект від використання повороту панелі відносно сторін горизонту спостерігається навесні та восени (до 1,78 рази), вранці і увечері – до 4,5 разів;
- 6) завдяки повороту геліопанелі відносно сторін горизонту збільшується тривалість її роботи: у березні, квітні, липні, червні, серпні, вересні на 2 години (по годині ввечері та зранку), а у травні на 4 години (по дві години під час сходу та заходу сонця).

Отже, можемо зробити загальний висновок, що з метою збільшення загального теплонадходження геліопанелі протягом року необхідно динамічно змінювати її орієнтацію шляхом зміни нахилу та повороту за сторонами горизонту. Найбільший ефект досягається при повороті за сторонами горизонту.

Література

- 1 Thermotech. Солнечное теплоснабжение: техническое пособие. [Текст] — Киев: Thermotech Vostok, 2011. — 26 с.
- 2 Vaillant. Проектирование гелиосистем. [Текст] — Киев: Vaillant, 2008. — 35 с.
- 3 Viessmann. Книга о «Солнце». Руководство по проектированию систем солнечного теплоснабжения [Текст]. — Киев: Злато-Граф, 2010. — 194 с.
- 4 Junkers. Гелиотермотехника. Тетрадь проектанта. [Текст] — Киев: Юнкерс, 2007. — 204 с.
- 5 Дрексель, Р. Сооружение солнечных коллекторов для горячей воды. Практическое руководство [Текст] / Р. Дрексель, Р. Гамисония. — Киев: WECF, 2010. — 28 с.
- 6 Четошникова, Л. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: учебное пособие [Текст] / Л. М. Четошникова. — Челябинск: ЮУрГУ, 2010. — 69 с.

- 7 Харченко, Н. В. Индивидуальные солнечные установки [Текст] / Н. В. Харченко. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 208 с.: ил.
- 8 Харченко, Н. В. Системы гелиотеплоснабжения и методика их расчета [Текст] / Н. В. Харченко, В. А. Никифоров. — Киев: Знание, 1987. — 240 с.
- 9 Справочник по климату СССР. В 34-х вып. / Вып. 10. Украинская ССР. Ч. 1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние [Текст] / Под ред. В. И. Гришко, Л. И. Мисюра. — Л.: Гидрометеоиздат, 1966. — 124 с.

УДК 621.44 + 621.577

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ З ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНО- ТЕПЛОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ ТА ПІКОВИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛОТИ

Остапенко О. П., канд. техн. наук, доцент
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

METHODICAL BASES OF EVALUATION OF THE ENERGY ECONOMIC EFFICIENCY OF ENERGY SUPPLY SYSTEMS WITH COGENERATION HEAT PUMP INSTALLATIONS AND PEAK SOURCES OF HEAT

Ostapenko O. P., Cand. Tech. Sciences, Associate Professor
Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Анотація: Запропоновано методичні основи з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплонасосними установками (КТНУ) різних рівнів потужності та піковими джерелами теплоти (ПДТ), з урахуванням комплексного впливу змінних режимів роботи СЕ, пікових джерел теплоти в СЕ, джерел приводної енергії КТНУ, та з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії.

Abstract: Methodical bases of evaluation of the energy economic efficiency of energy supply systems (ESS) with cogeneration heat pump installations (CHPI) of different power levels and peak sources of heat (PSH) are suggested, with taking into account the complex impact of variable operation modes of ESS, peak heat sources of heat in ESS, sources of drive energy of CHPI, and taking into consideration the energy losses of the process of generation, supply and transformation of electric energy. The suggested methodical bases, aimed at estimation of energy economic efficiency of ESS with CHPI and PSH have a number of advantages: it takes into account the energy efficiency and power levels of the elements of ESS; it takes into consideration the operation modes of steam compressor HPI; it takes into consideration the energy efficiency of PSH and ESS and type of the energy, consumed by them, with the account of energy losses of the process of generation, supply and transformation of electric energy to PSH and ESS; it takes into account the energy efficiency of variable operation modes of ESS with the change of load distribution between steam compressor CHPI and PSH in ESS; it enables to evaluate the complex impact of variable operation modes of ESS, peak sources of heat of ESS, sources of drive energy of steam compressor CHPI with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy in CHPI and ESS; it allows to complex perform the energy economic efficiency evaluation of great number of ESS with CHPI and PSH variants on conditions of variable operation modes; as a result of complex approach to evaluation of ESS energy economic efficiency the most efficient and economic reasonable PSH for certain type of ESS could be chosen; methodical fundamentals, suggested in the given paper, could be

Безбах И. В., Кепин Н. И.	
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЭКСТРАКЦИИ, ИСПОЛЗУЮЩИХСЯ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ	
Недбайло А. Є.	285
КИНЕТИКА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ВОДЫ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ	
Тришин Ф. А., Терзиев С. Г., Орловская Ю. В.	289

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ПОДІБНОСТІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КОНВЕКТИВНО – ТЕРМОРАДІАЦІЙНОГО СУШІННЯ	
Малежик І. Ф., Бурлака Т. В., Дубковецький І. В., Деканський В. Є.	296
ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ КОМІРЧАСТОЇ МОДЕЛІ ІЗ ЗВОРОТНИМИ ПОТОКАМИ В ВІБРОЕКСТРАКТОРАХ	
Мистюра Т. Г., Зав'ялов В. Л., Лобок О. П., Попова Н. В., Запорожець Ю. В.	302
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ІННОВАЦІЙНИХ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ ПОЛІМЕРІВ	
Бухкало С. І.	309
ДОСВІД РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНО - ІНТЕГРОВАНОГО СТЕНДУ ДЛЯ СУПРОВОДУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ В СЕРЕДОВИЩІ МІКРОХВИЛЬОВОГО-ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ	
Яровий І. І.	313
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЕ ПУЗЫРЬКОВОГО КЛАСТЕРА В ПРОЦЕССАХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ	
Иваницкий Г. К.	319
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭКСТРАКТА СТЕВИИ В МИКРОВОЛНОВОМ ВАУУМ-ВЫПАРНОМ АППАРАТЕ	
Бурдо О. Г., Ружицкая Н. В., Резниченко Т. А., Резниченко Д. Н.	322
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ РОЗПЛАВУ КОМПОЗИЦІЇ ПОЛІЕТИЛЕН – КАУЧУК	
Гоцький Я. Г., Двойнос Я. Г.	327
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ	
Бурдо О. Г., Давар Ростами Пур	335
ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ ТА ПІКОВИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛОТИ	
Остапенко О. П.	331
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ТОРФА И БИОМАССЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВ	
Снежкин Ю. Ф., Коринчук Д. Н.	337
ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССА ВЫМОРАЖИВАНИЯ БЛОКА ЛЬДА	
Тришин Ф. А., Трач А. Р.	343
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ	
Бурдо О. Г., Давар Ростами Пур, Масельская Я. А.	347
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МИКРОВОЛНОВОЙ ЛЕНТОЧНОЙ СУШИЛКИ	
Бурдо О. Г., Маренченко Е. И., Пилипенко Е. А., Балагура В. В.	355
АНАЛІЗ ОПОРІВ ПЕРЕНЕСЕННЯ РЕЧОВИНИ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ ПРИ НАНОФІЛЬРАЦІЇ ТА ЗВОРОТНОМУ ОСМОСІ	
Гулієнко С. В.	364
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ В МІКРОХВИЛЬОВОМУ ПОЛІ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОТИТЕЧІЙНОГО ЕКСТРАКТОРА З ПІДВОДОМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕНЕРГІЇ	
Левтринська Ю. О., Зиков А. В., Терзів С. Г.	367
К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КИПЕНИЯ КАПЕЛЬ ХЛАДАГЕНТА В ФИЛЬТРЕ ЭЖЕКТОРЕ	
Когут В. Е., Бушманов В., Хмельнюк М. Г.	374