

УДК: 620.92

ЧИННИКИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕНЕРГІЇ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ

НАКАШИДЗЕ Л.В., к.т.н., с.н.с.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, пр-т Гагаріна, 72, 49050, м. Дніпро, Україна, Україна, тел.. +38 (056) 373-12-78, e-mail: foton_dnu@ukr.net, ORCID 0000-0003-3990-6718

Анотація. Метою роботи є розгляд чинників, які впливають на термічний опір конструкцій споруди при використанні елементів, що сприяють перетворенню енергії сонячного випромінювання, тепла навколишнього середовища в необхідну для споживача теплову енергію. **Методичний** підхід, покладений в основу конструктивного рішення, базується на зменшенні теплових втрат завдяки наявності енергоактивного огороження при одночасному збільшенні технологічності та простоті монтажу. **Результати.** Запропоновано використовувати чинники, що окреслюють особливості теплопереносу в перетворювачах енергії сонячного випромінювання та призводять до певного рівня мікроклімату в приміщеннях. До таких чинників належать: вологісні чинники, величина перепаду температур між температурою зовнішньої сторони енергоактивного огороження (тобто, такою, що контактує із зовнішнім середовищем), температурою базової конструкції в приміщенні. **Наукова новизна** полягає в тому, що наведені основні чинники дозволяють оптимізувати конструкцію перетворювачів енергії відновлюваних джерел для споруд різного призначення та різних умов розміщення. Наведено приклади розміщення прошарків в конструкціях таких перетворювачів сонячного випромінювання як енергоактивне огороження. **Практична значимість** використання запропонованих чинників при розробці конструкції перетворювача відновлюваних джерел сприяє економії традиційних енергоресурсів за рахунок раціонального використання сонячної енергії і може бути використано в новому будівництві і при реконструкції наявного житлового фонду.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії; енергоактивне огороження, геліопристрій; повітряний прошарок; система кліматизації

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

НАКАШИДЗЕ Л.В., к.т.н., с.н.с.

Днепроvский национальный университет имени Олеся Гончара, пр-т Гагарина, 72, 49050. г. Днепр, Украина, тел.. +38 (056) 373-12-78, e-mail: foton_dnu@ukr.net, ORCID 0000-0003-3990-6718

Аннотация. Целью работы является рассмотрение факторов, влияющих на термическое сопротивление конструкций сооружения при использовании элементов, способствующих преобразованию энергии солнечного излучения, тепла окружающей среды в необходимую для потребителя тепловую энергию. **Методический подход,** положенный в основу конструктивного решения, базируется на уменьшении тепловых потерь благодаря наличию энергоактивных ограждения при одновременном увеличении технологичности и простоте монтажа. **Результаты.** Предложено использовать факторы, которые определяют особенности теплопереноса в преобразователях энергии солнечного излучения и приводят к определенному уровню микроклимата в помещениях. К таким факторам относятся: влажностные факторы, величина перепада температур между температурой внешней стороны энергоактивных ограждения (то есть, такой, что контактирует с внешней средой), температурой базовой конструкции в помещении. **Научная новизна** заключается в том, что приведены основные факторы позволяют оптимизировать конструкцию преобразователей энергии возобновляемых источников для сооружений различного назначения и различных условий размещения. Приведены примеры размещения слоев в конструкциях таких преобразователей солнечного излучения как энергоактивне ограждения. **Практическая значимость** использования предложенных факторов при разработке конструкции преобразователя возобновляемых источников способствует экономии традиционных энергоресурсов за счет рационального использования солнечной энергии и может быть использовано в новом строительстве и при реконструкции имеющегося жилого фонда.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии; энергоактивные ограждения, гелиопристрій; воздушная прослойка; система климатизации

FACTORS INFLUENCING THE DEFINITION OF THE DESIGN FEATURES OF RENEWABLE SOURCES ENERGY CONVERTERS

NAKASHYDZE L.V., PhD, senior scientific work

Dnipro national university named after Oles Gonchar, Gagarina ave, 72, Dnipro, 49050, Ukraine, phone. +38 (056) 373-12-78, e-mail: foton_dnu@ukr.net, ORCID 0000-0003-3990-6718

Abstract. The purpose of the work is to consider the factors that affect the thermal resistance of structures in the use of elements that contribute to the transformation of solar radiation energy, the heat of the environment in the heat energy required for the consumer. The **methodical approach**, which is based on a constructive solution, is based on the reduction of heat losses due to the presence of energy-efficient enclosures, while increasing the processability and ease of installation. Results It is suggested to use factors that outline the features of heat transfer in the converters of solar radiation energy and lead to a certain level of microclimate in the premises. These factors include: humidity factors, the temperature difference between the temperature of the outside of the energy-active enclosure (that is, in contact with the external environment), the temperature of the base design in the room. **Scientific novelty** is in the fact that the proposed main factors allow to optimize the design of energy converters of renewable sources for buildings of different purposes and different conditions of placement. Examples of placement of layers in the designs of such converters in the process of decommissioning as energy-activated fences are given. The **practical significance** of the use of the proposed factors in the design of a converter of renewable sources contributes to the conservation of traditional energy resources through the rational use of solar energy and can be used in new construction and reconstruction of existing housing stock.

Keywords: renewable energy sources; energy-active fence, heliocollector; air layer; air-conditioning system

Постановка проблеми

Впровадження в системах енергозабезпечення конструктивних елементів, які призначені для ефективного використання енергії відновлюваних джерел, є основним для широкомасштабного забезпечення енергозберігаючих заходів в житловій, промисловій, аграрній та ін. сферах. На даний час галузь побудови геліоколекторів, сонячних батарей та ін. виходить на новий економічний, соціальний та технічний рівні. Це відповідає „Енергетичній стратегії України на період до 2030 р.” та іншим законодавчим документам, що вказують на заходи, впровадження яких дозволить наблизити сферу послуг енергозабезпечення до вимог європейських країн.

Аналіз досліджень та публікацій

Наявні технології сонячного опалення та охолодження, що застосовуються в житлових і комерційних будівлях, являють собою сформований ринок. Він розподіляється по-різному у більшості країн світу і продовжує зростати темпами близько 16 % на рік. В Європі відповідний обсяг ринку збільшився більш ніж в тричі за останній час. Незважаючи на ці досягнення, в Європі в системах гарячого водопостачання та теплопостачання використання енергії сонячного випромінювання становить відносно невелику частку. Наприклад, у Німеччині в невеликих будівлях доля використання енергії сонячного випромінювання у вказаних вище системах не перевищує 15 % [1]. На цьому ринку починають домінувати вакуумні колектори, які на сьогодні є конструктивно і технологічно довершеними. Основне виробництво вакуумних колекторів розміщено в Європі, Туреччині, Бразилії, Китаї та Індії. Однак при цьому перевагою експортного продукту є комплексні системи енергозабезпечення, а не сонячні колектори. Найбільшими експортерами таких систем є Австралія, Греція, США і Франція [1, 2].

Первагою заходів з енергоефективності є те, що нові матеріали, які часто використовуються для більш ефективного збереження тепла [3], є:

– легкодоступними;

– мають додаткову функцію акумулювання тепла (застосовуються матеріали, у яких використовується теплота фазових перетворень (наприклад, парафін)).

Економічні показники застосування енергії відновлюваних джерел залежать від відповідної конструкції інноваційної системи енергозабезпечення згідно з потребами в енергопослугах.

Інвестиційні витрати на сонячні системи теплопостачання значною мірою відрізняються залежно від складності застосовуваної технології, а також ринкових умов у країні їх експлуатації. Витрати для інноваційних систем водопостачання змінюються в діапазоні від низьких показників у 83 у.о./м² до 1200 у.о./м² (для деяких систем опалення приміщень). Нормована вартість тепла відображає широкий діапазон коливань інвестиційних витрат і залежить від більшого числа змінних величин, включаючи конкретний тип системи, інвестиційні витрати на дану систему, наявне в конкретному місці сонячне випромінювання, ефективність перетворення даної системи, оперативні витрати, стратегії використання системи і дисконтна ставка [4]. Нормована вартість тепла для сонячних теплових систем з урахуванням широкого діапазону вихідних параметрів була розрахована в широко мінливих межах від 9 до 200 у.о./ГДж. Нормована вартість тепла знаходиться в межах від 30 у.о./ГДж до 50 у.о./ГДж в регіонах насамперед деяких районів Центральної і Південної Європи, і доходить майже до 90 у.о./ГДж в регіонах з меншим сонячним випромінюванням. За останнє десятиліття на кожні 50 % збільшення встановленої потужності сонячних нагрівачів води в Європі інвестиційні витрати скоротилися на 20 %. Тенденція до зниження вартості систем енергозабезпечення досягається за рахунок використання більш дешевих матеріалів, більш ефективних виробничих процесів, масового виробництва і безпосереднього включення в конструкцію будівель колекторів в якості багатofункціональних будівельних компонентів і модульних систем, які легко встановлюються [5]. Зниження вартості є ключовою проблемою, пов'язаною з тим, щоб пряма сонячна енергія стала більш вигідною в комерційному плані і змогла претендувати на більшу частку на світовому енергетичному ринку. Потенційне використання залежить від фактичних ресурсів і наявності відповідної технології. У той же час чинна нормативно-правова основа може значною мірою

сприяти або стримувати поширення застосування прямої сонячної енергії. Мінімальні будівельні стандарти щодо орієнтації та ізоляції будівель можуть істотно зменшити енергетичну потребу будівель і підвищити частку пропозиції відновлюваної енергії без збільшення загального попиту. Транспарентні й оптимізовані адміністративні процедури, пов'язані зі встановленням і підключенням джерела сонячної енергії до існуючих мережевих інфраструктур,

у розвинених, так і в країнах, що розвиваються, буде заснований на відновлювальних джерелах енергії. Системи енергопостачання постійно розвиваються з метою збільшення ефективності технологій перетворення енергії відновлювальних джерел [6].

Використання у спорудах комплексних систем енергозабезпечення, до складу яких входять теплові насоси, теплові акумулятори, енергоактивні огороження, є результатом пошуку шляхів найбільш економічних засобів енергозбереження та рекуперації енергетичних потоків об'єктів. Впровадження таких систем сприяє поширенню технічного забезпечення виробництва енергії безпосередньо на об'єкті. Такі системи здатні частково або повністю замінити енергію, що генерується традиційними засобами енергозабезпечення.

Мета статті

Важливим аспектом впровадження технологій енергозбереження є вдосконалення конструкції та теплотехнічних показників перетворювачів відновлюваних джерел енергії (сонячна енергія, тепловий потенціал навколишнього середовища та ін). Розроблені перетворювачі енергії відновлюваних джерел [8, 9] є перспективними в галузі енергозбереження з огляду на їх багатофункціональність. Розроблені елементи перетворення енергії сонячного випромінювання є основним багатофункціональним елементом інноваційної системи енергозабезпечення. Вони забезпечують одночасне генерування, розподіл, надання та акумуляція енергії. Багатофункціональність таких пристроїв зумовлює документах).

Багатошарова конструкція перетворювача енергії відновлюваних джерел, наприклад, енергоактивного огороження, забезпечує значний опір теплопередавання. Завдяки цьому виконується основна функція енергоактивного огороження, така як забезпечення необхідного температури зовнішнього повітря для конструкції певної масивності ($t_n^{розр}$).

Таким чином, основною вимогою розрахунку конструкції перетворювача енергії відновлюваних джерел (як конструкції, що є однорідною в теплофізичному відношенні) є дотримання наступної нерівності:

можуть також знизити витрати на пряму сонячну енергію.

У багатьох країнах розвиток систем енергопостачання протягом десятиліть дав можливість забезпечувати дієвий і економічно ефективний розподіл електроенергії, газу і тепла, а також транспортування енергоносіїв для надання корисних енергетичних послуг кінцевим споживачам. Посилена інтеграція може призвести до того, що повний набір енергетичних послуг для великих і малих населених пунктів як

Для різних країн збільшення використання технологій ВДЕ може сприяти переорієнтації потоків іноземної валюти від імпорту енергоносіїв до імпорту товарів, які не можуть бути виготовлені на місцевому рівні, наприклад, високотехнологічні товари виробничо-технічного призначення [6, 7]. багат шаровість їх конструкції. Наявність конструктивних особливостей побудови цих перетворювачів відновлюваних джерел енергії призводить до необхідності проведення вибіркового пристрою для певних умов експлуатації. Метою даної роботи є визначення чинників, які впливають на визначення конструктивних особливостей перетворювачів енергії відновлюваних джерел.

Виклад матеріалу

Необхідний мінімальний термічний опір конструкції споруди при використанні елементів, які сприяють перетворенню енергії сонячного випромінювання, тепла навколишнього середовища в необхідну для споживача теплову енергію, наприклад, використання сполучення стіна – енергоактивне огороження, дах – енергоактивне огороження, окреслюється вимогами комфортності споживачів. Такі вимоги визначені нормативними документами. До таких чинників належать:

- вологісні чинники,
- величина перепаду температур між температурою зовнішньої сторони енергоактивного огороження (тобто, такою, що контактує із зовнішнім середовищем)
- температурою базової конструкції в приміщенні (необхідно забезпечувати в рамках, наведених нормативних перепаду температур внутрішнього повітря та поверхні стіни, що в приміщенні, тобто величина $t_e - t_{внутрEO}$).

На етапі конструкторської розробки проведення теплофізичних розрахунків перетворювачів енергії відновлюваних джерел, відповідно до [10] базовим значенням доцільно приймати розрахункову

$$R_0 = R_e + \sum \frac{\delta}{\lambda} + R_{зовн} \geq \frac{t_e - nt_{зовн}^{розр}}{t_e - t_{внутрEO}} R_e, \quad (1)$$

Тобто, за наявності інтегрованого до базової конструкції споруди перетворювача енергії відновлюваних джерел, фактичний опір теплопередаванню повинен перевищувати величину

розрахункової конструкції з огляду на нормовані величини температурних перепадів та розрахунок температури навколишнього середовища.

З огляду на практичне виконання та розміщення на спорудах перетворювачів енергії відновлюваних джерел (наприклад, енергоактивних огорожень) необхідно враховувати зниження їх теплозахисних властивостей на конструктивних ребрах, стиках, сполученнях.

На таких окремих ділянках продовжній переріз енергоактивного огороження складається з матеріалів з іншими теплофізичними властивостями (рис.1), що на локальних ділянках змінює її теплозахисні властивості.

У зв'язку з цим при розрахунку теплофізичних властивостей [8, 10] перетворювачів енергії відновлюваних джерел (геліоколекторів, енергоактивних огорожень) доцільно:

– визначення середньої зведеної величини опору теплопередавання (цей показник повинен перевищувати опір, що вимагається нормативними документами);

– визначення необхідних теплозахисних властивостей участків, що найменше захищені (це необхідно для забезпечення температур вище точки роси та виключення умов утворення конденсату).

Визначення такого теплотехнічного показника енергоактивних огорожень, як опір теплопередавання, є більш точним з огляду на врахування неоднорідності таких конструкцій.

При розрахунку загального опору теплопередавання енергоактивних огорожень як неоднорідної системи наявні два підходи [9, 10]. У першому випадку доцільним є визначення впливу на теплофізичні властивості енергоактивного огороження неоднорідних елементів невеликої площі (елементи кріплення, ущільнення та ін.), які мають більшу теплопровідність, ніж основна конструкція.

У даному випадку розраховується площа, яку займають характерні конструктивні неоднорідні елементи в загальній площі енергоактивного огороження (F_1, F_2 та ін.) і за (1, 2) розраховується термічний опір кожного такого конструктивного елемента (R_t, R_{II} та ін.). Відповідно до [10] надалі розраховується середнє зведене значення термічного опору неоднорідної конструкції.

Загальний опір теплопередавання розраховується за (2).

$$R_{\text{розр}} = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_{II}}{R_{II}} + \dots + \frac{F_n}{R_n}}, \quad (2)$$

У другому випадку можливо розглянути конструктив енергоактивного огороження з огляду на неоднорідність в двох вимірах.

Розрахунок теплофізичних властивостей енергоактивного огороження можливо проводити при:

– розрахунку середнього зведеного термічного опору за умовним перерізом конструкції на окремі характерні відрізки площинами, які паралельні основному напрямку потоку тепла.

– розрахунку середнього зведеного термічного опору за умовним перерізом конструкції площинами перпендикулярними основному напрямку потоку тепла, на окремі характерні прошарки (складаються з різних матеріалів).

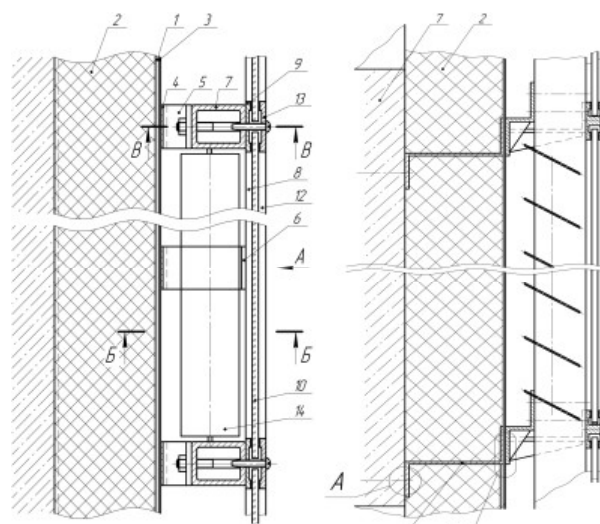


Рис. 1 Загальний вигляд прошарків енергоактивних огорожень / General view of layers of energy-active fencing

1 – Z-подібний профіль; 2 – мінераловатна теплоізоляція; 3 – вітробар'єр; 4 – притискна планка; 5 – кронштейн; 6 – анкерний дюбель; 7 – стіна будинку

Середній зведений коефіцієнт теплопровідності для енергоактивного огороження, прошарки якого виготовлені з різних матеріалів має залежність:

$$\lambda = \frac{\lambda_1 F_1 + \lambda_2 F_2 + \dots + \lambda_n F_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}, \quad (3)$$

де: $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – коефіцієнти теплопровідності матеріалів;

F_1, F_2, \dots, F_n – площі, які займають в енергоактивному огороженні неоднорідні елементи.

Термічний опір однорідних прошарків визначається за (2), а термічний опір конструкції в цілому є сумою опорів окремих прошарків.

В енергоактивному огороженні, що має складу геометричну побудову, розміщеною на фасаді або даху споруди, характерний складний розподіл температур. Тобто наявність різних геометричних форм призводить до викривлення температурних полів, ізотерми можуть змінитись (втратити паралельність), а потік тепла – одномірність. Основною функцією енергоактивних огорожень є

підвищення коефіцієнта теплосприймання споруди через регулювання конвекційних потоків та променевого теплообміну.

Додатковим ефектом наявності інтегрованих в конструкції споруди елементів перетворювання енергії відновлюваних джерел (наприклад, енергоактивних огорожень), особливо на кутах споруди, є можливість контролю за режимом вологості в цих проблемних місцях [9, 10]. Це дозволяє запобігти:

- появі підвищеної вологості в кутах конструкції;
- запобігти додатковим втратам тепла на конструкціях складної топології та ін.

Розподіл температур в енергоактивному огороженні є функцією таких координат [11]:

- направлена від зовнішньої поверхні до внутрішньої перпендикулярно огорожувальній конструкції (виникає завдяки тепловому потоку, що надходить від сонячного випромінювання);
- направлена від поверхні огорожувальної конструкції, що направлена в приміщення, до зовнішньої поверхні;
- направлена паралельно цим поверхням;
- залежність стійкості вибраного матеріалу від температури;

– теплове розширення елементів конструктивних елементів енергоактивного огороження при зміні температури (завдяки зовнішнім та внутрішнім джерелам теплової енергії).

При визначенні крайових умов необхідно враховувати фізико-технічні особливості кожного з прошарків конструкції, тобто:

- коефіцієнт теплопровідності (λ);
- питому теплоємність;
- густину;
- залежність від температури.

Висновки

Теплообмін між будівлею і навколишнім середовищем значною мірою залежить від сумарної теплопровідності стін і перегородок усередині будівлі, від погодних умов і від різниці температури всередині і поза приміщенням. У свою чергу ці фактори знаходяться в тісному зв'язку з видом будівельних матеріалів і їх здатністю поглинати вологу, з типом конструкцій, якістю виконання і розташування будівлі. Звичайно визначальні умови можуть змінюватись в широких межах. Отже, будь-які оцінки теплообміну можуть носити тільки наближений характер. Зазвичай конструкційні елементи будівель представляються виконаними таким чином, що теплові потоки по ним поширюються переважно в паралельних напрямках;

Проектування теплового режиму приміщень в будівлі передбачає розгляд сукупності таких питань:

- 1) теплообмін і аеродинаміка потоків в обмеженому об'ємі приміщень;
- 2) оптимізація та забезпечення необхідних кліматичних умов у приміщенні;
- 3) встановлення характеристик зовнішніх кліматичних впливів на будівлю;
- 4) тепло-, волого-і воздухопередачі через зовнішні огороження, а також в будівлях і інженерних системах забезпечення мікроклімату;
- 5) режим роботи і регулювання системи опалення-охолодження і вентиляції приміщень з урахуванням нестаціонарності процесів у зимові та літні періоди і їх мінливості протягом року.

Процеси які проходять завдяки наявності перетворювачів відновлюваних джерел енергії, обумовлюють мікроклімат приміщень, та залежать від особливостей побудови прошарків цих елементів.

Завдяки конвективному і променистому теплообміну і процесам масопереносу в приміщенні температури його поверхонь і повітря взаємопов'язані.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ливчак В. И. Энергосбережение в системах централизованного теплоснабжения на новом этапе развития / В. И. Ливчак // Энергосбережение. – 2000. – № 2. – С. 4–9.
2. Шарапов В. И. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения / В.И. Шарапов, П. В. Ротов. – М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. – 164 с.
3. Carbonell Daniel. Simulations of Combined Solar Thermal and Heat Pump Systems for Domestic Hot Water and Space Heating / Daniel Carbonell, Michel Y. Haller, Daniel Philippen, Elimar Frank // Energy Procedia. – 2014. – Vol. 48. – P. 524–534.
4. Редько О.Ф. Комбіновані системи теплопостачання з відновлювальними джерелами тепла / О.Ф. Редько, О.М. Тарадай, В.В.Чернокрилюк, Є.С.Єсін // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2014. – №10 (129). – С.42-46.
5. Ганжа Н.Г. Тепловое аккумулирование как способ пльвышения энергетической эффективности систем теплоснабжения / Н.Г. Ганжа, А.В. Хименко// Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2012. – № 3 (97). – С.16-21.
6. Амерханов Р. А. Аккумулирование теплоты в системах теплоснабжения сельского хозяйства / Р. А. Амерханов, А. А. Долинский, Т. В. Морозюк // Промышленная теплотехника. – 2002. – № 1. – С. 106–108.
7. Мацевитый Ю.М. Оценка энергетической эффективности система электротеплоаккумуляционного отопления административных зданий / Ю. М. Мацевитый, Н. Г. Ганжа, А. В. Хименко.// Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2011. – № 10. – С. 9–16.
8. Накашидзе Л.В. Основные элементы инновационной комплексной системы климатизации, с использованием энергии альтернативных источников/ Л.В. Накашидзе, В.А. Габринец//Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия:

Создание высокотехнологических экомкомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития Сб. научн. трудов. – Вып. 68. – Дн-ск: ГВУЗПГАСА, 2013. – С. 240-243.

9. Накашидзе Л.В. Улучшение эксплуатационных характеристик сооружений при использовании энергии альтернативных источников / Л.В. Накашидзе//Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2014. – №23. – С. 84-89.

10. Ильинский В.М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий): уч. пособие для инж-строит. Вузов / В. М. Ильинский. – М.: Высшая школа, 1974. – 320с.

11. Аметистов Е.А. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник / Е.А. Аметистов, В.А. Григорьев, Б.Т. Емцев и др.; Под общ ред. В.А. Григорьева и В.М.Зорина. – М.: Энергоиздат, 1982. – 512 с.

REFERENCES

1. Livchak V. I. *Energoberezhennye v sistemah tsentralizovannogo teplosnabzheniya na novom etape razvitiya* [Energy saving in district heating systems at a new stage of development] // *Energoberezhennye*. 2000. no2. P. 4–9.

2. Sharapov V. I., Rotov P. V. *Regulirovanie nagruzki sistem teplosnabzheniya* [Regulation of the load of heat supply systems]. М.: Izdatelstvo «Novosti teplosnabzheniya», 2007. 164 p.

3. Carbonell Daniel, Haller Michel Y., Philippen Daniel and Frank Elimar. *Simulations of Combined Solar Thermal and Heat Pump Systems for Domestic Hot Water and Space Heating* // *Energy Procedia*. 2014. Vol. 48. P. 524–534.

4. Redko O. F., Taraday O.M., Chernokrilyuk V.V. and Esin E.S. *Kombinovani sistemi teplopostachannya z vidnovlyuvanimi dzherelami tepla* [Combined heat supply systems with heat-hung heaters] // *Energoberezhennye, energetika, energoaudit*. 2014. no10 (129). p.42-46.

5. Ganzha N.G., Himenko A.V. *Teplovoe akumulirovanie kak sposob pvyisheniya energeticheskoy effektivnosti sistem teplosnabzheniya* [Thermal storage as a way to increase the energy efficiency of heat supply systems] // *Energoberezhennye, energetika, energoaudit*. 2012. no 3 (97). p.16-21.

6. Amerhanov R. A., Dolinskiy A. A. and Morozuk T.V. *Akkumulirovanie teploty v sistemahteplosnabzheniya selskogo hozyaystva* [Accumulation of heat in the heat supply systems of agriculture] // *Promyshlennaya teplotekhnika*. 2002. no 1. p 106–108.

7. Matsevityiy Yu.M., Ganzha N. G. and Himenko A. V. *Otsenka energeticheskoy effektivnosti sistema elektroteploakkumulyatsionnogo otopleniya administrativnykh zdaniy* [Evaluation of energy efficiency system of electric heat storage of administrative buildings] // *Energoberezhennye, Energetika, Energoaudit*. 2011. no 10. p. 9–16.

8. Nakashidze L.V., Gabrinets V.A. *Osnovnyie elementy innovatsionnoy kompleksnoy sistemy klimatizatsii, s ispolzovaniem energii alternativnykh istochnikov* [The main elements of the innovative integrated climate system, using alternative energy sources] // *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie*. Vol. 68. Dn-sk: GVUZPGASA, 2013. p. 240-243.

9. Nakashidze L.V. *Uluchshenie ekspluatatsionnykh harakteristik sooruzheniy pri ispolzovanii energii alternativnykh istochnikov* [Improving the operational characteristics of buildings using alternative energy sources] // *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal «Alternativnaya energetika i ekologiya»*. 2014. no 23. p. 84-89.

10. Ilinskiy V.M. *Stroitel'naya teplofizika* [Constructive Thermal Physics] М.: Vysshaya shkola, 1974. 320 p.

11. Ametistov E.A., Grigorev V.A., Emtsev B.T. etc. *Teplotekhnicheskiy eksperiment: Spravochnik* [Heat engineering experiment]. М.: Energoizdat, 1982. 512 p.

Стаття рекомендована до публікації д-ром техн. наук, проф. В.О. Габрінець (Україна); д-ром техн. наук, проф. М.М. Дронь (Україна).

Стаття надійшла до редколегії: 17.08.2017.