

Застосування геліостіни для теплопостачання енергоефективних будівель

Степан Шаповал¹, Василь Желих², Олена Гумен³, Ірина Венгрин⁴

^{1,2,4}Національний університет «Львівська політехніка»
вул. С. Бандери 12, м. Львів, Україна, 79013,
Національний технічний університет України

³«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
пр-т Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056,

¹shapovalstepan@gmail.com, orcid.org/0000-0003-4985-0930

²v_zhelykh@msn.com, orcid.org/0000-0002-5063-5077

³gumens@ukr.net, 0000-0003-3992-895X

⁴iryna.venhryn@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2317-0913

Анотація. В праці проаналізовано оптимальне використання сонячної енергії за умов дефіциту традиційних енергоносіїв на території України. Обсяг традиційної-паливної енергетики в перспективі стає досить незначним і недоступним, тому для теперішнього й майбутнього покоління важливим є впровадження нових прогресивних ідей у підтриманні енергетичної сфери на належному рівні.

Реорганізація технологічної структури промислового та житлово-комунального секторів України за використання науково-технічних розробок дозволить суттєво збалансувати стан споживання органічного викопного палива, збільшивши частку використання відновлюваних джерел енергії.

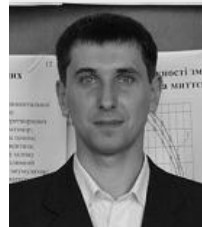
За умов постійного зростання цін на традиційні енергоносії та вичерпання їхніх запасів необхідно шукати альтернативне рішення. Такою альтернативою є застосування відновлюваних джерел енергії на території України.

В статті розглянуто можливість впровадження геліостіни, як альтернативної сонячної установки в існуючі конструкції будівель та для проектування нових удосконалених стін в енергоефективних будівлях. Крім цього, доведено важливість впровадження сонячної енергетики на території України. Проаналізовано результати досліджень зміни густини сонячної енергії на території України.



Василь Желих

д.т.н., професор кафедри «Теплогазопостачання та вентиляція»,
Завідувач кафедри «Теплогазопостачання та вентиляція»



Степан Шаповал

к.т.н., доцент кафедри «Теплогазопостачання та вентиляція»



Олена Гумен

д.т.н., професор кафедри «Нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки»



Ірина Венгрин

Інженер - теплотехнік

Застосування геліоустановок в енергоефективних будинках на території України є основним рішенням для зменшення енергоспоживання будівлями. В статті, розглянуто можливість впровадження геліостіни, як окремої існуючої конструкції енергоефективного будинку та наведено дані зміни температури теплоносія геліостіни, надходжень кількості питомої миттєвої теплової потужності в часі.

Розглянуто можливість застосування експериментальної моделі геліостіни за дії на неї несприятливих факторів. Проведено дослідження ефективності застосування геліоустановки, та встановлено, що запропонована модель геліостіни є достатньо ефективною і може використовуватись в системах сонячного тепlopостачання.

Ключові слова. Сонячна енергія, геліостіна, режим протоку, температура теплоносія, ефективність.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Комфортне існування людини в сучасному світі неможливе без споживання енергії. В 60-их роках ХХ ст. населення споживало $\approx 50\%$ того, що споживає населення в ХХІ ст. Це пов'язано насамперед з тим, що використання енергії, по-перше стало основною ланкою різноманітних процесів, по-друге енергія стала доступнішою для використання. Збільшення використання енергії є однією з причин сучасних екологічних проблем, таких як: дефіцит енергоносіїв, проблема глобального потепління [1, 2, 3]. Це обґрунтовує особливе ставлення до альтернативної енергетики, виводячи її з ряду ексклюзивних напрямків, у ряд необхідних для застосування та розвитку.

В середньому один мешканець планети Земля споживає 2,5 т у.п. енергоресурсів. В перспективі, до 2100 року населення Землі зросте до 10 млрд., а середні питомі енергоресурси – до 10 т у.п., отже в цілому енерговидобування досягне 100 млрд т у.п. [4]. Рівень забруднення атмосфери рік-у-рік невпинно зростає, що спричиняє повільне руйнування біосфери. За твердженнями групи американських інженерів, у 1800 році 1 млн. молекул повітря містив 280 молекул двоокису вуглецю, у 1960 році їхня кі-

лькість становила 315, а на початку ХХІ століття – 370. До кінця цього століття це значення може зрости до 550, що стане причиною підвищення середньої температури від 3 до 6⁰С [5].

За даними Carrington College, у світі можливий розвиток Енергетичної революції. Так, порівнюючи базовий сценарій споживання первинної енергії та з впровадженням відновлюваних джерел до 2050 року, суспільство може скоротити використання традиційного палива практично в 1,5 р. [6].

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Американський науковець Джон Рікардо Коул стверджує, що світ стоїть на порозі «Ери сонячної енергетики» [7].

Відомі різні конструкції геліоустановок, що містять захисне покриття, теплоізоляційний шар та розташований між ними теплопровідний шар [8, 9, 10].

Плоский колектор – найпоширеніший вид сонячних колекторів, в якому зменшенні втрати тепла з боків та задньої поверхні [11, 12]. Плоскі колектори, використовуються у низькотемпературних процесах (до 80⁰С). Для застосування вищих температур необхідні системи з концентраторами [13, 14, 15].

Для ефективного впровадження сонячних теплових установок необхідно оптимізувати енергетичні характеристики зовнішніх огорожень за рахунок правильного встановлення та проектування цих установок за різних орієнтацій зовнішніх огорожень [16].

Відомо, що територія України знаходиться в сприятливих широтах для широкомасштабного впровадження сонячних установок [17]. Підраховано, що південь України отримує приблизно на 17% за рік більше сонячної енергії, ніж північ, оскільки полуднева висота Сонця на півдні щодня вища, ніж на півночі [18, 19]. Літній період характеризується незначною зміною густини потоку сонячної енергії. Було встановлено, що така зміна спостерігається в межах 313-316 Вт/м² [20].

ФОРМУЛЮВАННЯ МЕТИ СТАТТІ

Метою цієї роботи було запропонувати економічно вигідну конструкцію геліосистеми, при цьому не втративши ефективності системи за рахунок зменшення її вартості. Також, встановити теплові характеристики запропонованої конструкції системи сонячного теплопостачання за впливу на неї обраних факторів.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для збереження енергоефективності сонячними системами, інженерним рішенням була запропонована експериментальна установка із конструкцією геліостіни та розрахована на коефіцієнт корисної дії.

Конструкція геліостіни є універсальним рішенням економії традиційних енергоресурсів та коштів споживача, оскільки це

поєднання зовнішнього огородження та сонячного колектора.

Схема експериментальної установки геліостіни в режимі потоку при конструктивних розмірах системи $d = 20$ мм, $\delta = 20$ мм, $V = 20$ л та швидкості теплоносія $0,15$ л/хв зображена на Рис. 1.

Система сонячного теплопостачання працює в режимі потоку. Вода з баку-акумулятора 6 поступає в трубки контуру циркуляції 4, в яких нагрівається за допомогою випромінювача 12 та повертається в бак-акумулятор 6 і можлива для відбору теплоносія через патрубок 7.

Математичну обробку результатів одержаних при вимірюванні фізичних властивостей здійснювали за розробленими спеціальними програмами.

Інтенсивність потоку енергії, що випромінює джерело було виміряно актинометром.

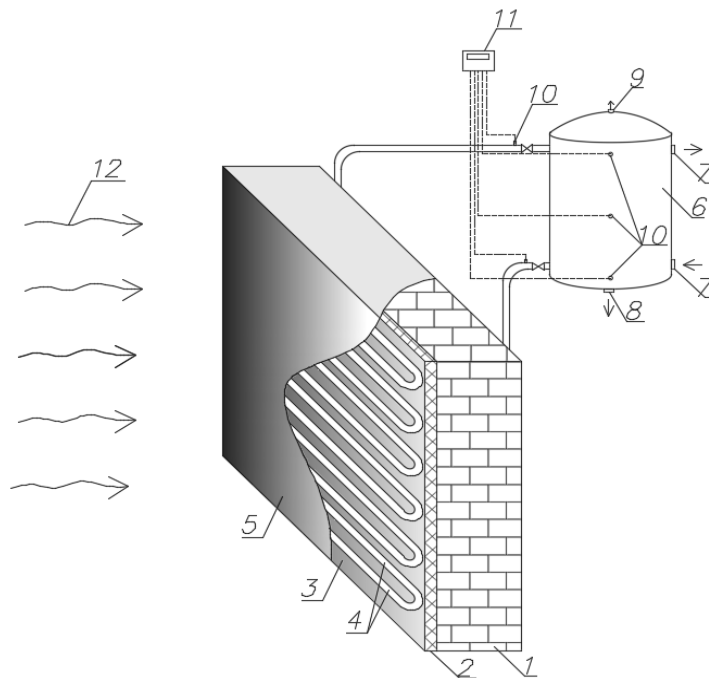


Рис.1. Схема експериментальної установки, де: 1 – геліостіна; 2 – теплоізоляційний шар; 3 – тепловідбиваючий шар; 4 – трубка контуру циркуляції; 5 – тиньк; 6 – бак-акумулятор; 7 – патрубки відбору та надходження теплоносія; 8 – трубка відбору теплоносія; 9 – повітровипускний клапан; 10 – термометри; 11 – дисплей; 12 – джерело випромінювання.

Fig.1. The experimental setup, where: 1 – solar wall; 2 – thermal insulation layer; 3 – heat reflecting layer; 4 – tube circuit (serpentine heat absorber); 5 – plaster; 6 – storage tank; 7 – pipes for selection and flow of heat carrier; 8 – the discharge pipe of the heat carrier; 9 – air outlet valve; 10 – thermometer; 11 – display; 12 – radiation source.

Температуру теплоносія на вході й виході у сонячний колектор та в бакові-акумуляторі було заміряно термоперетворювачами опору 50М, що працюють з регулятором-вимірювачем типу РТ-0102.

Температуру навколишнього повітря та його швидкість вимірювали термоелектроанемометром TESTO 405 – V1.

Визначення коефіцієнта корисної дії системи сонячного тепlopостачання в цілому, за кількістю енергії, отриманої баком-акумулятором Q_{omp} розраховували за формулою (1):

$$\eta_{сст} = \frac{Q_{omp}}{Q_{пром}} \cdot 100\% \quad (1)$$

де, Q_{omp} – кількість тепла, що отримав бак-акумулятор за час, визначалась експериментально; $Q_{пром}$ – кількість променевого тепла, що надійшла на поверхню геліостіни за той самий проміжок часу.

Температура теплоносія змінювалась протягом експериментів в залежності від факторів, що впливали на неї, так за інтенсивності сонячної енергії 600 Вт/м^2 температура на виході геліостіни становила $15,1^\circ\text{C}$ та поступово збільшувалась зі стабілізацією системи (Рис. 2).

У дослідженнях було проаналізовано усереднений приріст температури теплоносія за інтенсивності 600 Вт/м^2 . Встановлено, що температура в сонячному колекторі, тобто в геліостіні, приймає зростаючу функцію, та досягає 2°C за 90 хв опромінення (Рис. 3).

Миттєві значення питомої теплової енергії для системи сонячного тепlopостачання, які наведені на Рис. 4 набувають параболічної форми, що може бути пов'язано зі стабілізацією системи у часі.

На Рис. 5 наведено ефективність роботи експериментального сонячного колектора $\eta_{СК}$ за інтенсивності випромінювання $I = 600 \text{ Вт/м}^2$ та об'єму бака-акумулятора $V = 0,02 \text{ м}^3$ в системі.

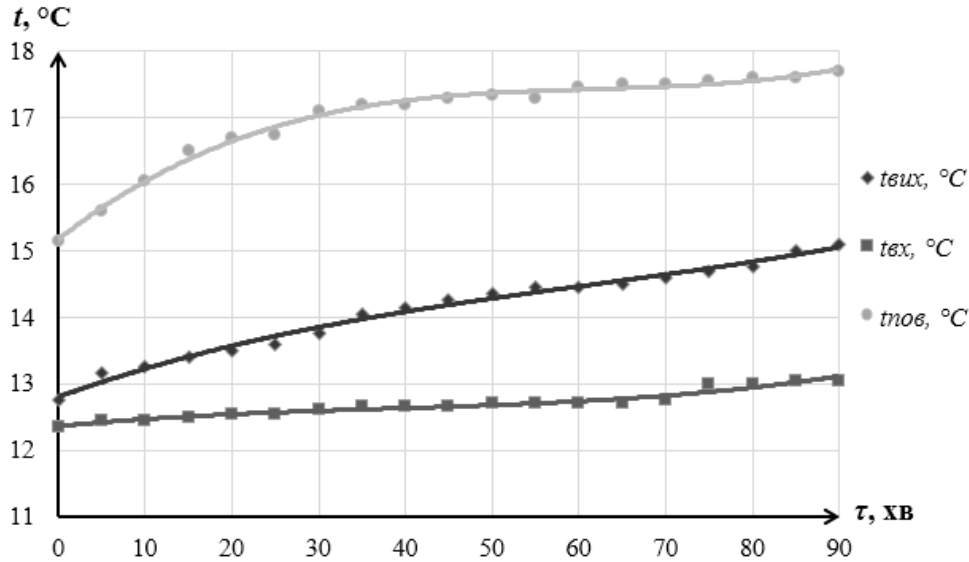


Рис.2. Температура теплоносія в системі сонячного тепlopостачання та температура оточуючого повітря впродовж експерименту в режимі потоку, де: $t_{вх}$, °C – температура на вході в геліостіну; $t_{вих}$, °C – температура на виході з геліостіни; $t_{нов}$, °C – температура оточуючого середовища.

Fig.2. The temperature of the heat carrier due to the research of solar walls with the serpentine heat absorber in the flow mode at the entrance $t_{вх}$, °C and outlet $t_{вих}$, °C the solar collector and the ambient temperature $t_{нов}$, °C during the experiment.

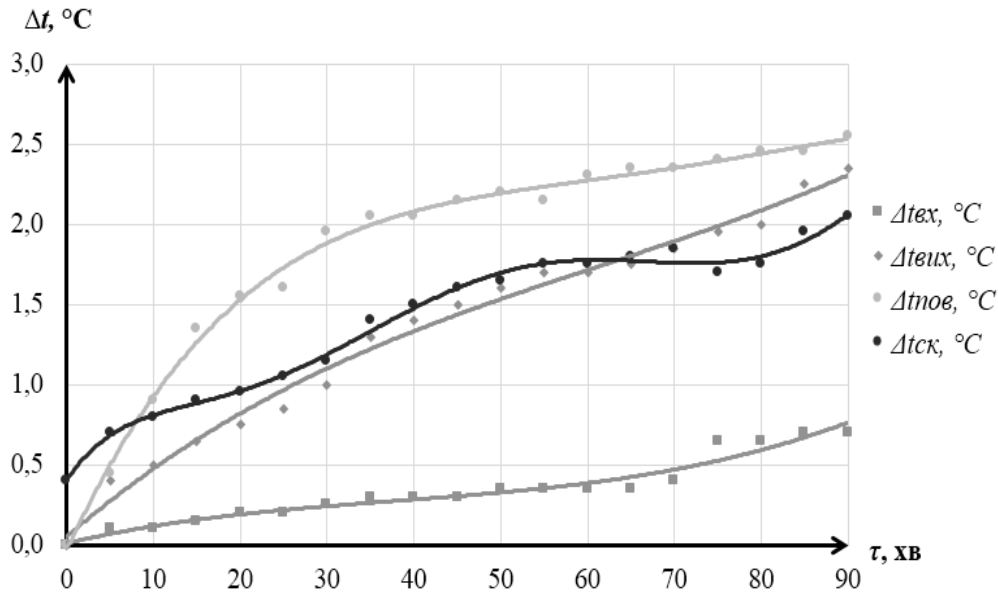


Рис.3. Приріст температури теплоносія в системі сонячного теплопостачання та температури оточуючого повітря впродовж експерименту в режимі потоку, де: Δt_{ex} , °C – приріст температури теплоносія на вході в геліостіну; Δt_{oux} , °C – приріст температури теплоносія на виході з геліостіни; $\Delta t_{нов}$, °C – приріст температури оточуючого повітря; $\Delta t_{ск}$, °C – приріст температури теплоносія в сонячному колекторі, тобто геліостіні.

Fig.3. Increase in temperature Δ of the heat carrier due to the research of solar wall in the flow mode at the entrance Δt_{ex} , °C and outlet Δt_{oux} , °C of the solar collector; the ambient temperature $\Delta t_{нов}$, °C and the temperature in solar wall $\Delta t_{ск}$, °C as the solar collector during the experiment.

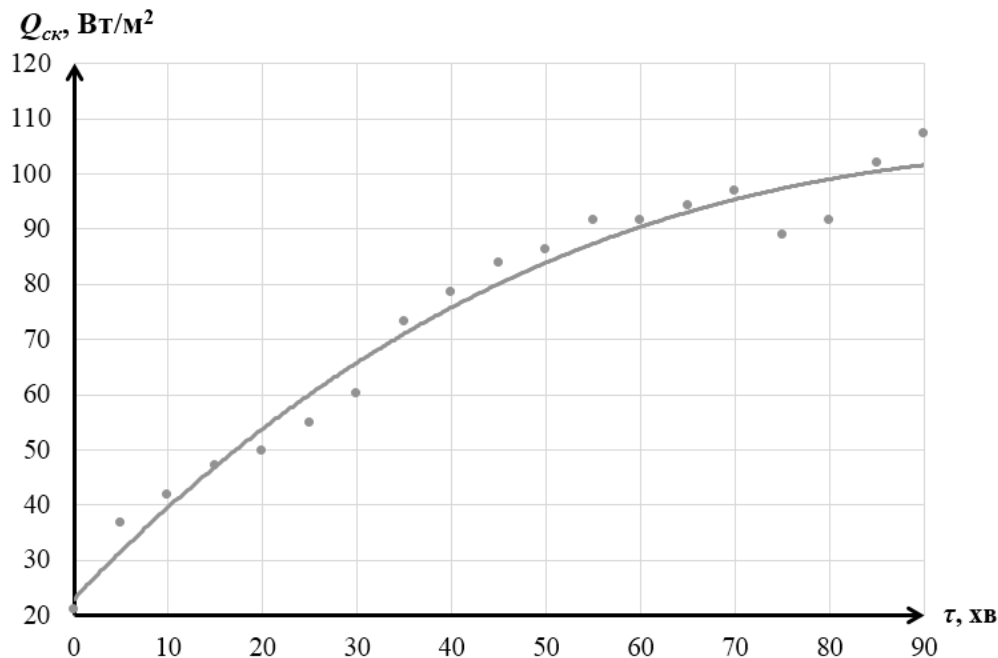


Рис.4. Питома миттєва теплова потужність геліостіни в якості сонячного колектора $Q_{ск}$, Вт/м² в режимі потоку при $I = 600$ Вт/м².

Fig.4. The instantaneous values of specific heat capacity for the solar collector $Q_{ск}$, W/m² under intensity 600 W/m² in the flow mode during the experiment.

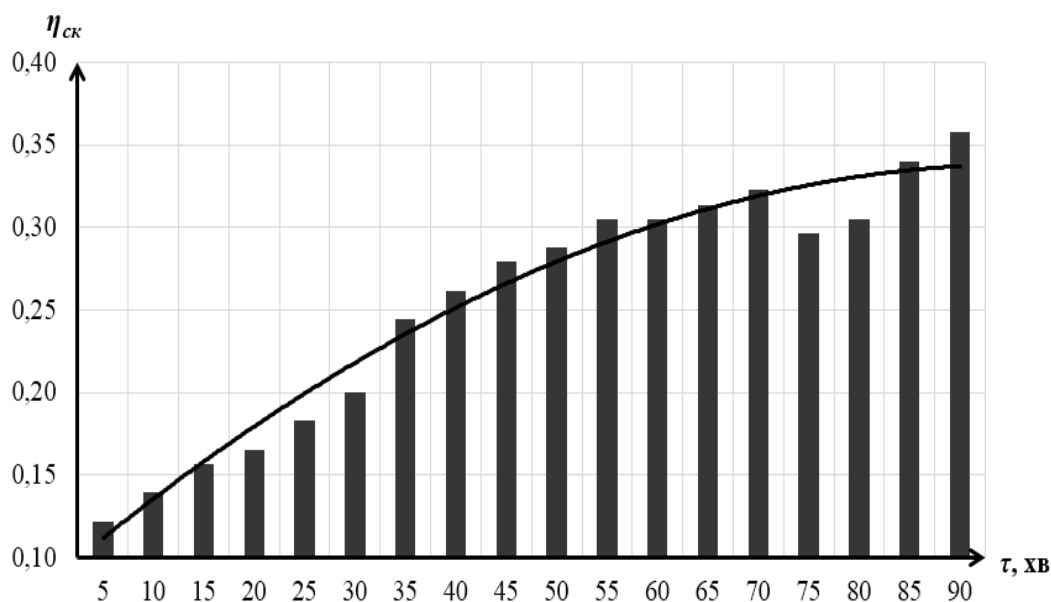


Рис.5. Варіювання коефіцієнта корисної дії геліостіни в якості сонячного колектора $\eta_{СК}$ в режимі потоку при сталій $I = 600 \text{ Вт/м}^2$.

Fig.5. The coefficient of performance of the solar collector under intensity 600 W/m^2 in the flow mode during the experiment.

ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Запропонована конструкція геліостіни, за умов встановлення в існуючу стіну буде доступною споживачу в економічному аспекті. Ефективність геліостіни впродовж експерименту в режимі потоку досягла 36%. Цей показник є достатнім для суміщеного гарячого водопостачання чи попереднього нагріву теплоносія системи опалення за інтенсивності сонячного випромінювання 600 Вт/м^2 . Температура теплоносія в конструкції геліостіни досягала 15°C за швидкості теплоносія $0,15 \text{ л/хв}$, що є достатньою умовою для попереднього нагріву теплоносія в режимі потоку.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Войтюк С.Д.** Питання екології відновлюваних джерел енергії. *Наук. вісн. Національного ун-ту біоресурсів і природокористування України*. 2010. Вип. 144, 1. С. 117 – 125.
2. **Hazami Mejd, Kooli Sami, Lazaar Meriam, Farhat Abdelhamid, Belghith Ali.** Thermal Performance of a Solar Heat Storage Accumulator Used For Greenhouses Conditioning. *Amer. J. of Environmental Sciences*. 2005. № 1 (4). P. 270-277.
3. **Maria van der Hoeven.** Solar Energy Perspectives. Paris, France: International Energy Agency, 2011. 234 p.
4. **Шидловський А.К., Випанасенко С.І., Іванов О.Б.** Енергетичні ресурси України. Навч. посібник. Д.: Націонал. гірн. ун-тет, 2003. 178 с.
5. **Шведа Е.** Trading wind and sun. *Зелена енергетика*. 2009. №3. С. 5–6.
6. **Renewable Energy** [Електронний ресурс]. Carrington College. URL : <http://visual.ly/renewable-energy>.
7. **Світ стоїть на порозі «Ери сонячної енергетики»** [Електронний ресурс]. SmartEco. 2016. URL : <https://smarteco.biz.ua>.
8. **Girerd S., Greer, Burns & Crain, Ltd.** Solar cell panel and solar energy collecting device. Пат. 6513518 США. N 09/674030; Опубл. 02.04.2003.
9. **Ronc M., Bacon & Thomas.** Solar energy absorbing roof. Пат. 4201193 США. N 05/887938; Опубл. 6.05.1980.
10. **Neumann F., Patschke M., Schoennenbeck M., Cherin E.S. & Mellott, LLP.** Heliothermal flat collector module having a sandwich structure. Пат. 7610911 США. N 10/530384; Опубл. 11.03.2009.
11. **Installation Guide.** In Roof Flat Plate Solar Collector Mounting – UK : Baxi Heating, 2007. 20 p.

12. **Wiśniewski G., Gołębiowski S., Grzciuk M. and other.** Kolektorz Słoneczne: energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i d-robnzm pryemyśle. W. : Medium, 2008. 201 p.
13. **Брюнер К., Бухмайер Ю., Флюш Ю., Мюстер-Славич Б.** Використання сонячної теплової енергії в промисловості. К. : Гляйсдорф, 2015. 80 с.
14. **Hantula R.** Science in the Real World: How Do Solar Panels Work? NY : Chelsea House Publishers, 2010. 32 p.
15. **Grassmann H., Huaman Aguilar J. J., Kapllaj E.** First Measurements with a Linear Mirror Device of Second Generation. *Smart Grid and Renewable Energy*. 2013. №4. P. 253–258.
16. **Желих В.М. Шаповал С. П., Венгрин І. І.** Потенціал променистої енергії в Україні та її використання для низькотемпературних сонячних колекторів. Львівської політехн. 2014. 80 с.
17. **Мисак Й.С., Возняк О.Т., Дацько О. С., Шаповал С. П.** Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія. Л. : Львів. політехн., 2014. 340 с.
18. **Шаповал С.П., Венгрин І. І.** Аспекти використання традиційних та нетрадиційних джерел енергії на території. *Наук. техн. зб. «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві»* В. : Енергоефективність в будівництві. Вип. 17, №2. 2014. С. 155-160.
19. **Shapoval S., Venhryn I.** The efficiency of the solar collector in gravity mode in the southern orientation. *5th International youth science forum 'Litteries et artibus'*. Lviv Polytechnic, 2016. P. 124-126.
20. **Шаповал С. П., Савченко О. О., Венгрин І. І.** Ефективність комбінованої системи сонячного теплопостачання за умов західної орієнтації. *Наук. техн. зб. «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві»*. В. : Енергоефективність в будівництві. Вип. 19, №2. 2015. С. 147–152.
- tioning. *American Journal of Environmental Sciences*, 1(4), 270–277.
3. **Maria van der Hoeven (2011).** Solar Energy Perspectives. Paris, France: International Energy Agency, 234.
4. **Sydlovikj A., Vypanasenko S., Ivanov O., (2003).** Energy resources of Ukraine. Teaching manual. Dnipro : National Mining University, 178 (in Ukrainian).
5. **Sveda E. (2009).** Trading wind and sun. *Green energy*, 3, 5–6.
6. **Renewable Energy.** Electronic resource: *Carrington College*. URL : <http://visual.ly/renewable-energy>.
7. **The world is on the verge of "Era Solar Energy" (2016).** Electronic resource: *SmartEco*. URL : <https://smarteco.biz.ua> (in Ukrainian).
8. **Stéphane Girerd, Greer, Burns & Crain, Ltd (2003).** Solar cell panel and solar energy collecting device. *Patent 6513518 USA*. N 09/674030.
9. **Michel Ronc, Bacon & Thomas (1980).** Solar energy absorbing roof. *Patent 4201193 USA*. N 05/887,938.
10. **Neumann F., Patschke M., Schoennenbeck M., Eckert Seamans Cherin & Mellott, LLP, (2009).** Heliothermal flat collector module having a sandwich structure. *Patent 7610911 USA*. N 10/530384.
11. **Installation Guide (2007).** In Roof Flat Plate Solar Collector Mounting. UK : *Baxi Heating*, 20.
12. **Wiśniewski G., Gołębiowski S., Grzciuk M. and other (2008).** Solar collectors: solar energy in housing, hotel industry and small industry. *Warszawa : Medium*, 201 (in Polish).
13. **Briuner K., Buchmajjer Ju., Fliui Ju., Miuster-Slavyc B. (2015).** Use of solar thermal energy in industry. Kyiv : Hlyaysdorf, 80 (in Ukrainian).
14. **Hantula R. (2010).** Science in the Real World: How Do Solar Panels Work? NY : Chelsea House Publishers, 32.
15. **Grassmann H., Huaman Aguilar J., Kapllaj E. (2013).** First Measurements with a Linear Mirror Device of Second Generation. *Smart Grid and Renewable Energy*, 4, 253–258.
16. **Zhelykh V., Shapoval S., Venhryn I. (2014).** Potential of radiant energy in Ukraine and its use for low-temperature solar collectors. *NU 'LP'*, 80 (in Ukrainian).
17. **Mysak J., Vozniak O., Dacko O., Sapoval S. (2014).** Solar Energy: Theory and Practice: Monograph. Lviv : Publishing House of Lviv

REFERENCES

1. **Vojtiuk S. (2010).** The issue of ecology of renewable energy sources. *Scientific herald of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine*, 144(1), 117–125 (in Ukrainian).
2. **Mejdi Hazami, Sami Kooli, Meriam Lazaar, Abdelhamid Farhat, Ali Belghith (2005).** Thermal Performance of a Solar Heat Storage Accumulator Used For Greenhouses Condi-

Polytechnic, 340 (in Ukrainian).

18. **Shapoval S., Venhryn I. (2014).** Aspects of the use of traditional and non-traditional energy sources in the territory. *Scientific and Technical Collection 'Modern Technologies, Materials and Structures in Construction'*. Vinnytsya: Energy Efficiency in Construction, 17(2), 155-160 (in Ukrainian).
19. **Shapoval S., Venhryn I. (2016).** The efficiency of the solar collector in gravity mode in the southern orientation. 5th International youth science forum 'Litteries et artibus'. Lviv Pol-ytechnic, 124–126.
20. **Shapoval S., Savchenko O., Venhryn I. (2015).** Efficiency of the combined solar heat supply system in the conditions of the western orientation. *Scientific and Technical Collection 'Modern Technologies, Materials and Structures in Construction'*. Vinnytsya : Energy Efficiency in Construction, 19(2), 147–152 (in Ukrainian).

The use of solar wall for heat supply of energy efficient buildings

*Stepan Sapoval, Vasyl Zhelykh,
Olena Gumen, Iryna Venhryn*

Summary. This paper analyzes the optimal use of solar energy in the conditions of shortage of traditional energy carriers in the territory of Ukraine. The volume of traditional fuel energy in the long term becomes very small and inaccessible, that is why for current and future generations important is the introduction of new progressive ideas in keeping the energy sector at the appropriate level.

Reorganization of the technological structure of industrial and housing-communal sectors of Ukraine for the use of scientific and technical developments will significantly balance the state of consumption of fossil fuels, increasing the share of renewable energy.

In the conditions of constant growth of prices for traditional energy sources and the exhaustion of their reserves, it is needed to look for an alternative solution. Such an alternative is the use of renewable energy sources on the territory of Ukraine.

In the article is shown the possibility for implementation of solar walls as an alternative solar installation in existing structures and for designing new and improved walls in energy-efficient buildings. In addition, it is proved the importance of the implementation of solar energy on the territory of

Ukraine. It was analyzed the results of studies of changes in density of solar energy on the territory of Ukraine.

The use of solar installations in energy efficient houses in the territory of Ukraine is the main solution to reduce energy consumption of buildings. The article considers on the possibility of implementing a solar wall as a separate existing design energy-efficient homes and the data of temperature change of the heat carrier of the solar wall, the specific instantaneous heat capacity for the solar collector during the experiment.

The possibility of applying the experimental model of the solar wall for the actions on it of adverse factors. After the studying of the effectiveness of solar installation was found that the proposed model of the solar wall is enough effective and can be used in systems of solar heat supply.

Key words. Solar energy, the solar wall, the flow mode, the heat carrier temperature, the efficiency.