



ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 621.311

Брич В.Я.,
д.е.н., професор, проректор з науково-педагогічної роботи
Гевко Б.Р.,
аспірант
Тернопільський національний економічний університет

ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В СФЕРІ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

Brych V.Ya.,
dr.sc.(econ.), professor, vice rector for
scientific and pedagogical work
Hevko B.R.,
graduate student
Ternopil National Economic University

THE PROBLEMS OF THE USE OF SOLAR ENERGY IN THE SPHERE OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Постановка проблеми. Житлово-комунальне господарство (ЖКГ) України є одним із найбільш енерговитратних серед галузей господарського комплексу. Проведені дослідження [1; 2] показали, що лише для освітлення місць загального користування витрачається близько 350 тис. кВт/год. Це призводить до зростання навантаження на внутрішньобудинкові електромережі та збільшення квартплати мешканців будинків. Крім цього забезпечення мешканців електроенергією залежить від генеруючих компаній (монополістів) і зовнішніх умов (пошкодження ліній електропередач, енергоукомплектування).

Перспективним напрямом, що здатний забезпечити споживачів електроенергією, є застосування поновлюваних джерел енергії, які широко використовуються в розвинених країнах світу [3]. Водночас освоєння в Україні поновлюваних джерел енергії можна розглядати як один із шляхів підвищення рівня енергетичної безпеки країни та зниження антропогенного впливу на довкілля. Серед різних видів поновлюваних джерел енергії найбільшу увагу привертає сонячна енергетика, оскільки за допомогою фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) відбувається трансформація енергії оптичного випромінювання в електричну енергію [4]. Світовий досвід підтверджує те, що зусилля науковців і спеціалістів, в основному, направлені на розробку енергоощадливих технологій із застосуванням у виробничій сфері сонячної енергії [3-6].

З огляду на це, дослідження можливості застосування сонячної енергетики у сфері ЖКГ є дуже актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання щодо окремих аспектів застосування сонячної енергії у житловій сфері висвітлено у наукових працях вітчизняних та закордонних науковців, таких як В. Кожем'яко, О. Домбровський, Ю. Дзядикевич, В. Жердецький, В. Маліновський, Г. Притуляк, Э. Бекиров, В. Брич, М. Forst, D. Fraile, M. Latour та інші. В роботах [1-10] автори досліджували характеристики пристроїв, які сприяють максимальному використанню сонячної енергії в промисловому виробництві. Це зумовлює необхідність проведення досліджень, з метою виявлення можливостей ефективного застосування сонячної енергетики в сфері ЖКГ.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є аналіз стану сонячної енергетики та її складових, виявлення можливостей її застосування в сфері ЖКГ, а також розробка відповідних рекомендацій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Завдяки невичерпним можливостям світлового випромінювання Сонця та найменшого його впливу на екологію довкілля, сонячні енергетичні системи дозволяють одержати значні обсяги електричної та теплової енергії. Сонячна енергетика активно розвивається в багатьох країнах світу, зокрема в США, Великобританії, Японії, Німеччині, Кореї, Китаї та інших [3-6]. Швидкі темпи розвитку сонячної енергетики обумовлені необхідністю стабільного забезпечення енергетичної та екологічної безпеки країн і постійним коливанням цін на традиційні енергоресурси.

Сонячна електроенергетика – це перетворення спектрального випромінювання Сонця в електричну енергію за допомогою напівпровідникових фотоелектричних перетворювачів, які механічно об'єднані в спеціальні конструкції – сонячні батареї [3-7]. Їх основною характеристикою є коефіцієнт корисної дії (ККД), який на сьогоднішній день досягає 18% [8].

Переваги використання сонячних батарей наступні:

- джерелом енергії є доступне та невичерпне сонячне випромінювання;
- екологічно безпечні для освітлення;
- економічні у використанні;
- висока надійність у роботі (до 50 років);
- потребують мінімального технічного обслуговування.



Поряд із перевагами сонячні батареї мають і недоліки, а саме:

- їх ефективне функціонування залежить від пори року, погоди та часу доби, що призводить до нестабільності енергетичних характеристик;
- потребують акумулювання електроенергії;
- необхідно періодично очищати поверхні батарей від пилу та атмосферних опадів;
- висока вартість батарей (до 3 дол. США на 1 Вт потужності, але ці показники постійно знижуються).


Хоча сонячні батареї мають недоліки, однак переваги від процесу одержання сонячної електроенергії є значно вагомішим. На сьогоднішній день широке застосування отримали сонячні батареї на основі різного виду кремнію монокристалічного, полікристалічного та аморфного (тонкоплівкового). Найбільш високий ККД мають сонячні батареї на основі монокристалічного кремнію – 18,7% [4]. Кожний із трьох видів матеріалів сонячних батарей має свої переваги і недоліки, які представлені в табл.1.

Таблиця 1

Переваги і недоліки типів фотоелектричних перетворювачів

Тип ФЕП	Переваги	Недоліки	Сфера використання
1	2	3	4
<p>ФЕП на основі монокристалічного кремнію Si</p> 	<p>- високий ККД (17-19%); - висока надійність (25-50 років роботи); - стабільність параметрів протягом тривалого часу (падіння потужності до 80% від максим. за 25 років експл.)</p>	<p>- більш висока вартість (2.5-3.3\$/Вт); - менша технологічність; - вища чутливість до рівня та кута джерела світла - висока вартість отримання та енергозатратність технології виготовлення</p>	<p>1) професійні сонячні енергосистеми; 2) сонячні електростанції; 3) системи живлення космічних апаратів; 4) високоякісні приватні сонячні системи</p>
<p>ФЕП на основі полікристалічного кремнію</p> 	<p>- нижча вартість (2.1-2.8\$/Вт); - висока технологічність; - стабільність параметрів (падіння пот. до 80% від максим за 25 років експл.)</p>	<p>- дещо нижчий ККД (15-17%); - менша стабільність параметрів</p>	<p>1) широко поширені якісні сонячні енергосистеми; 2) малі електростанції; 3) покриття дахів будинків; 4) фотоелектричні побутові пристрої (зарядні пристрої моб. тел., ноутбуків, вимірювальна техніка)</p>

продовження табл. 1

1	2	3	4
Тонкоплівкові ФЕП на основі аморфного кремнію 	- висока технологічність - низька вартість (1.5-2.4\$/Вт)	- низький ККД (7-11%); - нестабільність параметрів; - низька надійність (строк служби 5-8 років)	1) поширені більш дешеві приватні сонячні енергосистеми; 2) системи світлодіодного побутового освітлення;

Джерело: розроблено та складено авторами за даними [9]

Промислові батареї складаються з окремих елементів, які з'єднані між собою, і для захисту розташовуються між скляними пластинами та полімерними плівками.

За даними Європейської Асоціації Фотовольтаїки, до 2012 року вартість електроенергії, виробленої промисловими сонячними батареями, знизилась до рівня менш ніж 0,1 євро за 1 кВт/год, а для житлових будинків не перевищувала 0,15 євро за 1 кВт/год. [10].

Світова практика показує, що для промислового і побутового використання найчастіше застосовуються сонячні батареї з монокристалічним або полікристалічним кремнієм.

Для одержання 1 кВт електроенергії необхідно використати сонячну батарею монокристалічного кремнію площею від 6 до 9 м², а у випадку полікристалічного кремнію від 7,5 до 10 м². При застосуванні батарей із тонкоплівкового кремнію їх площа сягатиме 20 м² [4].

Таким чином, для одержання електроенергії як для промислового, так і побутового призначення найбільш економічно вигідним є використання сонячних батарей на основі монокристалічного кремнію.

З метою забезпечення електричною енергією місць загального користування житлових будинків, нами розроблена схема використання сонячних батарей (рис. 1), які встановлюються на даху багатоквартирного будинку та перетворюють сонячну енергію в електричну, що накопичується в акумуляторних батареях і подається до джерел освітлення [11].

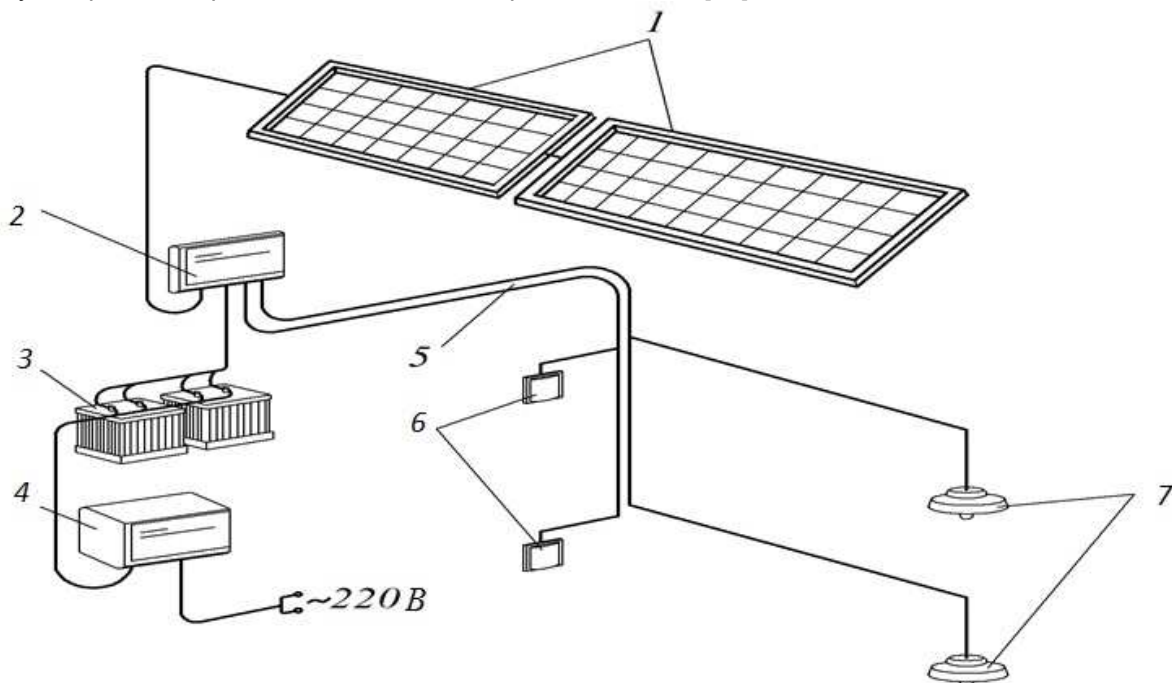


Рис. 1. Схема живлення електричною енергією місць загального користування:

1 - сонячні колектори; 2 – розподільник енергії; 3 – акумуляторні батареї; 4 – інвертор-перетворювач напруги; 5 – шини; 6 – датчики руху; 7 – лампочки освітлення нанолайт.

Джерело: розроблено та складено авторами

Додатково до електричної схеми під'єднані розподільник енергії та датчик руху, які подають електроенергію до джерел освітлення тільки при виникненні рухомого об'єкта. Інвентор забезпечує перетворення постійного струму напругою 12-45 В у змінний з напругою 220 В., з промисловою частотою 50 Гц. Джерелом освітлення слугують лампочки нанолайт. Вони генерують світло яскравістю більше 1600 люменів, яке еквівалентне 100 Вт лампочці розжарювання. Лампочки нанолайт випромінюють яскраве барвисте світло в усіх напрямках. Це забезпечує рівномірний розподіл світла та максимальне освітлення. Крім цього, лампочки нанолайт випромінюють на 50% менше теплової енергії, ніж світлодіодні та є безпечним для використання в закритих світлотехнічних пристроях [12].

Для забезпечення побутових приладів електричною енергією, що виробляється сонячними батареями, необхідно збільшувати їх площу. Нами вперше запропоновано розташовувати сонячні батареї на бокових відкосах віконних блоків, а також на торцевій поверхні стіни будинку рівномірно навколо вікна (рис. 2).

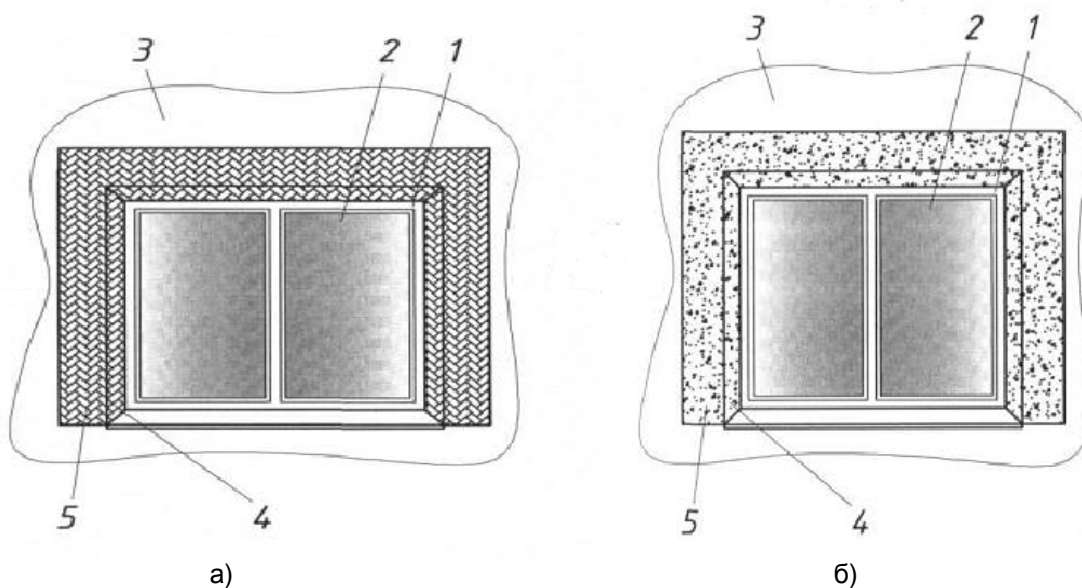


Рис. 2. Сонячна панель віконного блока з різним орнаментом панелей

1 – віконна рама; 2 – склопакет; 3 – віконний отвір стіни будинку; 4 – бокові сонячні панелі; 5 – торцеві сонячні панелі;

Джерело: розроблено та складено авторами

Інноваційне рішення підтвержене патентом на корисну модель № 97086 «Сонячна панель віконного блока» [13].

На прикладі одного із будинків мікрорайону міста Тернополя нами запропоновано встановити систему автономного освітлення на базі сонячного фотомодуля, з метою забезпечення електроенергії для освітлення місць загального користування. Для того щоб запропонувати ефективну систему потрібної потужності, автори протягом року досліджували обсяг споживання електричної енергії в місцях загального користування багатоповерхового будинку (табл. 2).

Таблиця 2

Споживання електроенергії у багатоповерховому будинку для освітлення місць загального користування

№ п/п	Адреса об'єкта	Загальна к-ть спожитої електроенергії протягом року, кВт	Вартість спожитої електроенергії протягом року, грн.	Загальна к-ть спожитої електроенергії світлодіодним датчиком протягом року, кВт	Окупність встановлення автономної системи, роки.
1.	Пр-т Бандери, 96 Ст.	24484,8	19098,1	95	3

Примітка:

1) Потужність джерела освітлення на кожному поверсі будинку – 60 Вт.

2) Вартість 1 кВт години електроенергії станом на 01.09.2015 становить - 0,78 грн.

Джерело: розроблено та складено авторами

Одержані результати показали, що для освітлення місць загального користування об'єкту, який досліджується протягом року витрачається 24484,8 кВт електроенергії. Попередньо проведені нами

дослідження дали змогу переконатись, що при встановленні світлодіодних світильників із вмонтованими датчиками руху можна зекономити значну кількість електроенергії [14]. При використанні світлодіодних світильників з вмонтованими датчиками руху для обраного будинку обсяг споживання зменшиться до 95 кВт в рік, що дасть змогу використати автономну систему освітлення з потужністю фотомодуля 100 Вт. Протягом року дана система виробляє 100 кВт електроенергії, що дозволяє забезпечити електроенергією освітлення місць загального користування.

Проведені нами економічні розрахунки показали, що затрати на встановлення системи з фотоелектричним перетворювачем та світлодіодними світильниками з вмонтованими датчиками руху окупляться через 3 роки.

Аналіз робіт, присвячених даній проблемі, дозволив розробити метод економії електроенергії загального користування мешканцями міста. Він охоплює річні витрати електричної енергії загального користування без використання технічних заходів регулювання та сумарне споживання електроенергії мешканцями міста при застосуванні новітніх технічних заходів, зокрема використання світлодіодних датчиків руху.

На прикладі багатоквартирного будинку мікрорайону міста, що знаходиться за адресою Проспект Степана Бандери № 96 (9 поверхів і 9 під'їздів), авторами запропоновано метод стимулювання економії електроенергії загального користування мешканцями мікрорайону міста шляхом зменшення оплати за послуги, що надаються підприємствами ЖКГ, який визначається за формулою 1.

$$Cч = V_1 - V_2 / N, \quad (1)$$

де: $Cч$ – стимулюючий чинник, грн;

V_1 – річна вартість електроенергії з використанням лампочки розжарювання, грн.;

V_2 – річна вартість електроенергії з використанням світлодіодних датчиків руху, грн.;

N – кількість квартир, шт.

Таким чином, заощаджені кошти (58,7 грн. для однієї квартири) будуть направлені керівництвом житлово-комунального підприємства на зменшення квартплати, що є особливо вагомим для малозабезпечених верств населення.

З огляду на це, розроблений метод стимулювання економії електричної енергії загального користування дозволить зекономити 24389,7 кВт електроенергії, вартість якої станом на 01.09.2015 року сягає 19023,9 грн. за один календарний рік. Водночас суттєва економія електричної енергії для освітлення площадок та входів у під'їзди сприяє розвантаженню внутрішньобудинкових електромереж.

Висновки з даного дослідження. Таким чином, для підвищення рівня енергетичної безпеки та зменшення антропогенного впливу на довкілля перспективним є використання сонячної енергетики. На основі аналізу складових сонячної енергетики встановлено, що сонячні батареї можуть бути ефективним джерелом енергії не тільки для промислового виробництва, але і для ЖКГ. Найбільш ефективним є застосування сонячних батарей на основі монокристалічного кремнію, оскільки вони мають найкращі техніко-економічні показники. Запропоновано схему забезпечення електроенергією місць загального користування з використанням сонячних батарей, які можуть бути розташовані як на даху будинку, так і на бокових відкосах віконного блока та його торцевій поверхні. На прикладі одного із будинків мікрорайону міста Тернополя рекомендовано встановити систему автономного освітлення на базі сонячного фотомодуля, а також використовувати розроблений метод стимулювання економії електроенергії загального користування мешканцями мікрорайону міста.

Література

1. Дзядикевич Ю.В. Споживання електроенергії в житлово-комунальній сфері / Ю.В. Дзядикевич, Б.Р. Гевко, Ю.С. Никеруй // Энергосбережение, Энергетика, Энергоаудит. – 2011. – № 1. – С. 20-23.
2. Дзядикевич Ю.В. Шляхи економії електроенергії загального користування в сфері ЖКГ / Ю.В. Дзядикевич, Б.Р. Гевко, Ю.С. Никеруй // Энергосбережение, Энергетика, Энергоаудит. – 2011. – № 6. – С. 21-24.
3. Michael Forst. Germany's module industry poised for growth / Michael Forst. // SUN end Wind Energy. – 2011. – Vol. 5. – pp. 256-263.
4. Аналітичний огляд сучасних технологій фотоелектричних перетворювачів для сонячної енергетики / В.П. Кожем'яко, О.Г. Домбровський, В.Ф. Жердецький, В.І. Маліновський, Г.В. Питуляк // Оптико-електронні пристрої та компоненти в лазерних і енергетичних технологіях. – 2011. – № 2. – С. 141-157.
5. Бекиров Э.А. Компьютерное моделирование сложных энергосистем с концентраторами солнечной энергии / Э.А. Бекиров, А.П. Химич // Відновлювана енергетика. – 2011. – № 1. – С. 74-81.
6. Солнечная энергетика: обзор отрасли [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nitolsolar.com/rusolarenergy>.

7. Енергетичний менеджмент : підручник / Ю.В. Дзядикевич, Р.Б. Гевко, М.В. Буряк, Р.В. Розум. – Тернопіль : Підручники і посібники, 2014. – 336 с.
8. Eckart von Malsen. Opportunities for large-scale projects // *SUN end Wind Energy*. – 2011. – Vol. 5. – pp. 254-255.
9. Solar energy / Wikipedia [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy). (дата доступу 20.12.2015)
10. Photovoltaic energy, Electricity from the SUN [Електронний ресурс] / Daniel Fraile, Marie Latour, Adel El Stammal u.a. // EPJA Publications. – 2010. – V. 50. – Режим доступу: <http://www.epia.org/publications/photovoltaic-publications-global-market-outlook.html>. (дата доступу 20.12.2015)
11. Дзядикевич Ю.В. Патент України на корисну модель № 79185 від 10.04.2013, бюл. № 7 / Ю.В. Дзядикевич, Б.Р. Гевко // Спосіб живлення електричною енергією місць загального користування.
12. Hevko B. Promising Projects of Energy Saving in Housing and Communal Services of Ukraine // *The Advanced Science Journal*. – 2015. – Jssuel. – pp. 103-105.
13. Патент України на корисну модель № 97086 від 25.02.2015, бюл. № 4 / А.І. Крисоватий, Б.Р. Гевко, Ю.В. Дзядикевич, В.Я. Брич, І.Г. Ткаченко / Сонячна панель віконного блока.
14. Гевко Б.Р. Економія електроенергії загального користування та шляхи її досягнення / Б.Р. Гевко // *Сталий розвиток економіки*. – 2014. – № 3. – С. 212-215.

References

1. Dziadykevych, Yu.V., Hevko, B.R. and Nykerui, Yu.S. (2011), "Electricity consumption in the housing and communal sphere", *Energoberezhniye, Energetika, Ergoaudit*, no. 1, pp. 20-23.
2. Dziadykevych, Yu.V., Hevko, B.R. and Nykerui, Yu.S. (2011), "Ways of electricity savings of general use in the sphere of housing and communal services", *Energoberezhniye, Energetika, Ergoaudit*, no. 6, pp. 21-24.
3. Forst, Michael (2011), "Germany's module industry poised for growth", *SUN end Wind Energy*, Vol. 5, pp. 256-263.
4. Kozhemiako, V.P., Dombrovskiy, O.H., Zherdetskiy, V.F., Malinovskiy, V.I. and Prytuliak, H.V. (2011), "Analytical review of current technologies of photoelectric converters for solar power engineering", *Optyko-elektronni prystroi ta komponenty v lazernykh i enerhetychnykh tekhnolohiyakh*, no. 2, pp. 142-157.
5. Bekirov, E.A. and Khimich, A.P. (2011), "Computer modelling of complex power systems with concentrators of solar energy", *Vidnovlyuvana energetika*, no. 1, pp. 74-81.
6. "Solar power engineering: overview of the industry", available at: <http://nitolsolar.com/rusolarenergy>.
7. Dziadykevych, Yu.V., Hevko, B.R., Buriak, M.V. and Rozum, R.V. (2014), *Enerhetychnyi menedzhment* [Energy management], textbook, Pidruchnyky i posibnyky, Ternopil, Ukraine, 336 p.
8. Malsen, von Eckart (2011), "Opportunities for large-scale projects", *SUN end Wind Energy*, Vol. 5, pp. 254-255.
9. "Solar energy", Wikipedia, available at: [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy). (access date December 20, 2015).
10. Fraile, Daniel, Latour, Marie, Stammal, Adel El u.a. (2010), "Photovoltaic energy, Electricity from the SUN", *EPJA Publications*, V. 50, available at: <http://epia.org/publications/photovoltaic-publications-global-market-outlook.html>. (access date December 20, 2015).
11. Dziadykevych, Yu.V. and Hevko, B.R. (2013), "The method of power supplies with electricity for places for general use", The patent of Ukraine for a utility model no. 79185 from 04.10.2013, *Bulletin no. 7*.
12. Hevko, B. (2015), "Promising Projects of Energy Saving in Housing and Communal Services of Ukraine", *The Advanced Science Journal*, Jssuel, pp. 103-105.
13. Krysovatiy, A.I., Hevko, B.R., Dziadykevych, Yu.V., Brych, V.Ya. and Tkachenko, I.H. (2015), "Solar Panel of the window block", The patent of Ukraine for a utility model no. 97086 from 25.02.2015, *Bulletin no. 4*.
14. Hevko, B.R. (2014), "Electricity savings of general use and ways of its achievement", *Sustainable development of economy*, no. 3, pp. 212-215.

Рецензент: д.е.н., професор
Тернопільського національного економічного університету П.П. Пуцентайло