

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

УДК 667.

Кравченко Володимир Петрович, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри атомних електричних станцій Тел. +38-048-705-83-41. E-mail: vpkrav@rambler.ru ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7557-3327>

Кравченко Єгор Володимирович, аспірант кафедри атомних електричних станцій E-mail: evksst@gmail.com ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Бондар Інна Володимирівна, бакалавр, студентка, Тел. +38-098-387-28-81. E-mail: inna0983872881@yandex.ru ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Одеський національний політехнічний університету, м. Одеса, Україна. Просп. Шевченка, 1, м. Одеса, Україна, 65044.

ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ІНСОЛЯЦІЇ В РАЙОНІ М. ОДЕСИ

Використання сонячних установок (СУ) знижує споживання органічного палива і, відповідно, антропогенне навантаження на довкілля. Основним параметром при проектуванні СУ є величина інсоляції. В роботі за вимірами метеостанції уточнено середньо місячну та середньо рокову інсоляцію в м. Одесі. Проведено співставлення отриманих величин з літературними даними. Проведено розрахунок приведених витрат при використанні сонячної установки чи котла на природному газі для гарячого водопостачання. Показано, що з урахуванням податків за викиди шкідливих речовин приведені витрати для сонячної установки на 31 % більші.

Ключові слова: інсоляція, сонячні установки, приведені витрати.

Кравченко Владимир Петрович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедры атомных электрических станций Тел. + 38-048-705-83-41. E-mail: vpkrav@rambler.ru ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7557-3327>

Кравченко Егор Владимирович, аспирант кафедры атомных электрических станций E-mail: evksst@gmail.com ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Бондарь Инна Владимировна, бакалавр, студентка, Тел. +38-098-387-28-81. E-mail: inna0983872881@yandex.ru, ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Одесский национальный политехнический университет, г. Одеса, Украина. Проспект Шевченко, 1, г. Одеса, Украина, 65044

ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНСОЛЯЦИИ В РАЙОНЕ Г. ОДЕССЫ

Использование солнечных установок (СУ) снижает потребление органического топлива и, соответственно, антропогенную нагрузку на окружающую среду. Основным параметром при проектировании СУ является величина инсоляции. В работе по замерам метеостанции уточнена среднемесячная и среднегодовая инсоляция в г. Одессе. Проведен расчет приведенных затрат при использовании солнечной установки или котла на природном газе для горячего водоснабжения. Показано, что с учетом налогов за выбросы вредных веществ приведенные затраты для солнечной установки на 31 % больше.

Ключевые слова: инсоляция, солнечные установки, приведенные затраты

Kravchenko Vladimir Petrovich, DrSc., prof., Head of the Department of nuclear power plant Tel. +38-048-705-83-41. E-mail: vpkrav@rambler.ru ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7557-3327>

Kravchenko Iegor Vladimirovich, master, graduate student of Department of nuclear power plant E-mail: evksst@gmail.com, ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Bondar Inna Vladimirovna, bachelor, student, Tel. + 38-098-387-28-81. E-mail: inna0983872881@yandex.ru ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Odessa National Polytechnic University. Odessa, Ukraine, Shevchenko avenue, 1, Odessa, Ukraine, 65044

INSTRUMENTAL DETERMINATION OF INSOLATION FOR CITY ODESSA

Use of the solar installations (SI) reduces consumption of organic fuel and, respectively, anthropogenic load on the environment. Key parameter for design of SI is insolation size. The geographical position and climatic conditions of the South Ukraine are favorable for use of solar energy. Clarification of average monthly and annual amount of sunny energy falling on a horizontal surface is carried out in this article. In the analysis, data of measurements of a meteorological station of the Odessa national polytechnic university from March, 2012 till April, 2015 were used. Average daily values of insolation for every month, and also total amounts of the energy falling for every month and for all year are defined. The analysis of comparison of the received results to literary data showed that in summer months measured values of insolation exceed theoretical, in cold months measured values of insolation are slightly lower than the theoretical. The total amount of energy per year, which falls on a horizontal surface is less than 7,4 % in the literature. The value of coefficient that takes into account the decline of insolation from a cloudiness is specified. The economic justification of solar installation use for hot water supply is carried out. The annual economic charges for solar installation and a boiler room on natural gas are defined. The analysis of comparison showed that at the

accounting of a payment for harmful substances emissions in environment, economic charges for SI on 31% more than for boiler.

Keywords: *insolation, solar installations, the economic charges*

Вступ

Одним із перспективних напрямів відновлювальних джерел енергії, що в останні роки дуже активно впроваджуються в світову промисловість і побут – є сонячна енергетика. Розробки і промислова продукція в цій області на сьогодні дуже активно розвиваються в таких країнах як Німеччина, США, Великобританія, Японія, Корея та Китай і становлять вагомий відсоток енергетичного виробітку в світі [1, 2]. Використання сонячних установок на півдні України є одним з перспективних вже сьогодні методів видобутку електроенергії і тепла, які на відміну від традиційних методів (спалювання вуглеводнів, застосування атомної енергії та ін.), не сильно поширені, але становлять інтерес через свою екологічність та відновлюваність [3]. Впровадження та екологічне обґрунтування сонячних установок (СУ) вимагає знання інсоляції в регіоні. За спостереженнями за кліматом, впливає, що клімат змінюється в бік збільшення температури [4], отже використання СУ буде більш виправдано. Тому була поставлена задача уточнити середньомісячні та середньорічне значення енергії, отриманої від сонця.

Аналіз літературних даних

Інсоляція змінюється в залежності від координат місцевості. При проектуванні СУ кількість сонячної енергії, яка надходить до неї, має велике значення. Точне значення сонячної інсоляції має використовуватися також у техніко-економічному розрахунку, що є обґрунтуванням доцільності її впровадження.

Визначенням та уточненням значення інсоляції займаються в багатьох країнах. Так робота [5] присвячена досліджуванню інсоляції в Ірані. В результаті аналізу за значенням річної інсоляції Іран був поділений на п'ять районів. Але відсутній аналіз використання СУ для умов цієї країни. В [6] приводяться дані щодо прямої та розсіяної складових інсоляції, але лише для теплої половини року, що не дає змогу розрахувати річну кількість інсоляції через недостатню кількість даних. Достатньо ретельно визначене це питання для Німеччини. У Німеччині практично в кожному регіоні створені можливості для ефективного використання енергетичного потенціалу сонця. Хоча річна інсоляція знаходиться в межах від 900 до 1200 кВт·год/м² [7], це менше приблизно на 100 кВт·год/м²·рік ніж в нашому найтеплішому регіоні. Отже на півдні України СУ буде вигідніше використовувати ніж в Німеччині. В [8, 9] наводиться сумарна кількість сонячної енергії, що поступає на горизонтальну поверхню, немає даних щодо прямої і розсіяної складових, а це не дозволяє розрахувати інсоляцію в залежності від кута нахилу колектора.

Відносно України слід відмітити наступне. В [10] наводиться, що інсоляція в Україні коливається в діапазоні від 900 до 1300 кВт·год/м²·за рік. В [11] карта України в залежності від значення інсоляції за рік поділена на чотири зони (I зона 1350 кВт·год/м², II зона 1250 кВт·год/м², III зона 1150 кВт·год/м², IV зона 1000 кВт·год/м²). Тобто, значення інсоляції підвищилися на 100 кВт·год/м². Територіальні зони достатньо великі і представляється, що наведені значення потребують уточнення.

Мета та задачі дослідження

Метою роботи є уточнення інсоляції для м. Одеси та економічне обґрунтування використання сонячної установки для гарячого водопостачання.

Для досягнення цієї мети потрібно вирішити наступні задачі:

1. Зібрати дані замірів метеостанції. Визначити середньо місячну та середньо рокову інсоляцію.
2. Порівняти отримані в результаті обробки дані з наведеними в літературі.
3. Розрахувати річні приведені витрати для сонячної установки і котельної на природному газі для гарячого водопостачання (ГВП).

Визначення середньомісячної та середньорічної інсоляції

Інсоляція вимірювалася за допомогою метеостанції Davis 6162EU, яка встановлена на даху головного навчального корпусу Одеського національного політехнічного університету. Були проаналізовані наявні дані з березня 2012 по серпень 2015 року (з 12.03.12 по 31.08.15),. Метеостанція наводить результати вимірювання інсоляції у двох одиницях:

- E = Solaren (Langley) – кількість сонячної енергії за годину, 1 Langley = 41,84 кДж/м²;
- R = Solarrad – середньо годинна потужність сонячного випромінювання, Вт/м².

Наведені значення двох параметрів корелюють друг з другом.

Подальші розрахунки виконувалися за допомогою вимірів потужності сонячного випромінювання R, оскільки кількість сонячної енергії за годину численно дорівнює сонячному випромінюванню у Вт·год.

Розрахунки середньомісячних та середньорічного значення інсоляції проводилися звичайними методами. Особливістю є наявність не повних таблиць. Тобто на початку та кінці розглянутого періоду часу були не повні місяці та доби. Тому усереднення спочатку проводилося за відповідними годинами та добами різних років.

Результати розрахунків наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Середньо годинні значення інсоляції за кожний місяць, кВт·год/м²

Години/Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень
5:00:00	0	0	0	0	0	0,03393
6:00:00	0	0	0,17857	0,55	10,0363	20,4619
7:00:00	0	0	7,72235	24,2333	77,9345	101,192
8:00:00	0,08602	0,5119	47,8045	112,35	188,796	217,73
9:00:00	3,49966	20,631	135,801	231,05	316,323	347,361
10:00:00	33,5444	75,8929	239,04	356,708	435,166	480,272
11:00:00	82,5565	137,238	330,313	466,433	555,907	591,148
0:00:00	120,644	192,25	403,324	533,825	646,43	677,643
13:00:00	138,669	227,357	418,691	570,775	679,38	711,501
14:00:00	137,845	236,095	397,442	581,208	671,525	714,39
15:00:00	117,683	214,81	361,108	564,875	639,591	627,344
16:00:00	82,4553	171,738	288,155	471,775	565,131	535,288
17:00:00	35,7715	105,286	199,525	346,533	445,272	433,67
18:00:00	3,70867	30,6905	86,7254	213,083	307,739	317,533
19:00:00	0	1,55952	14,7081	92,6417	164,541	193,828
20:00:00	0	0	0,20968	14,1333	50,2684	81,7917
21:00:00	0	0	0	0	2,64819	12,4714
22:00:00	0	0	0	0	0	0,10833
23:00:00	0	0	0	0	0	0
Всього за день	756,464	1414,06	2930,75	4580,18	5756,69	6063,77
За місяць	23,4504	39,5937	90,8532	137,405	178,457	181,913
Години/Місяць	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
5:00:00	0	0	0	0	0	0
6:00:00	8,1754	1,03226	0,17778	0	0	0
7:00:00	58,5212	33,6237	7,43333	0,08602	0	0
8:00:00	147,307	137,097	71,5444	16,5914	0,68889	0
9:00:00	246,448	265,376	186,833	83,9785	19,1444	2,70084
10:00:00	347,324	385,312	312,3	163,892	62,0778	30,9935

Продовження таблиці 1						
11:00:00	453,031	495,656	425	247,774	113,389	73,9935
0:00:00	548,054	597	500,656	306,011	149,256	108,868
13:00:00	605,865	636,495	557,233	339,097	166,7	130,869
14:00:00	644,804	619,634	545,322	335,57	169,211	126,055
15:00:00	640,739	580,29	508,944	294,183	141,411	101,98
16:00:00	592,062	504,118	412,544	216,215	98,2222	64,124
17:00:00	523,154	390,387	292,944	119,086	36,6333	18,828
18:00:00	432,24	259,151	146,011	24,8925	2,45556	0,3533
19:00:00	315,419	133,118	37,4778	1,47312	0	0
20:00:00	195,626	30,9677	1,54444	0	0	0
21:00:00	113,643	0,67742	0	0	0	0
22:00:00	79,879	0	0	0	0	0
23:00:00	47,4435	0	0	0	0	0
Всього за день	6058,73	5469,94	4005,97	2148,85	959,189	658,765
За місяць	187,672	167,168	120,179	66,6143	28,7757	20,4217

За цими усередненими даними було отримано середньорічне значення інсоляції, яке дорівнює 1242,48 кВт·год/м².

Зіставлення заміряних даних з літературними значеннями інсоляції

Для порівняння заміряних даних з наявними в літературі визначимо інсоляцію, Вт·год/м², на горизонтальну поверхню в безхмарний день для широти м. Одеси за літературними даними. В [8] приведені дані по сумарному прямому і розсіяному випромінюванню, на горизонтальну поверхню залежно від широти місцевості. Звідси шляхом лінійної інтерполяції було визначено відповідні дані для широти м. Одеса (табл. 2).

Таблиця 2
Сумарна інсоляція, на горизонтальну поверхню в безхмарний день
для широти м. Одеси ($\varphi=46,47^\circ$), кВт·год/м² [8]

Місяць	Інсоляція за місяць, кВт·год/м ²	Середньо денна інсоляція, кВт·год/м ²
Січень	63,249	2,040
Лютий	94,365	3,3708
Березень	160,990	5,193
Квітень	197,342	6,578
Травень	240,509	7,758
Червень	245,574	8,185
Липень	244,569	7,889
Серпень	207,509	6,693
Вересень	166,805	5,560
Жовтень	119,060	3,8406
Листопад	76,305	2,543
Грудень	56,435	1,820
Ітого за рік	1872,717	61,474

Визначимо інсоляцію, в реальних умовах хмарності для широти м. Одеса. Згідно з даними НАСА [9] річна реальна інсоляція у м. Одесі дорівнює 1298,2 кВт·год/м². Визначимо коефіцієнт хмарності, який враховує реальні погодні умови (табл. 3) відношенням інсоляції в реальних умовах хмарності до інсоляції при безхмарному небі (табл. 2).

Отриманий за допомогою даних табл. 3 коефіцієнт хмарності не відповідає даним, наведеним в [6]. Помилка становить 3,8 %.

Порівняємо значення інсоляції, заміряні метеостанцією, з теоретичними (табл. 4). З представлених даних, видно що теоретична інсоляція за рік більша за заміряні дані з метеостанції. Заміряні дані менші на 55,77 кВт·год/м² за теоретичні (4,3 %).

З табл. 4 видно, що заміряні та теоретичні дані інсоляції, в літні місяці майже сходяться, а весною заміряні дані вищі за теоретичні (в квітні відмінність на 6,01 кВт·год/м² (4,37 %), в травні – на 3,3 кВт·год/м² (1,85 %), в червні – на 6,4 кВт·год/м² (3,51 %), в липні – на 0,43 кВт·год/м² (0,22 %), в серпні – 1,93 кВт·год/м² (1,1 %), в вересні 2,28 кВт·год/м² (1,83 %). В зимні місяці та березень місяць заміряні дані сонячної інсоляції нижчі за теоретичні. Максимальна відмінність заміряних результатів від теоретичних в лютому [на 19,5 кВт·год/м² (49 %)] та в листопаді [на 13,3 кВт·год/м² (46 %)]. Отже, клімат все ж таки змінюється в сторону збільшення інсоляції, хоч лише в літні місяці, але все одно буде більш вигідно використовувати СУ, так як теплова потужність для гарячого водопостачання повністю покривається в літні місці, в зимній же час потужність сонячної енергії не покриває всю кількість теплоти, яка потрібна. Недостатня кількість теплоти взимку забезпечується вторинним паливом, наприклад, природним газом.

Таблиця 3

Інсоляція в реальних умовах хмарності, кВт/м², та коефіцієнт хмарності

Місяць	Інсоляція при безхмарному небі за місяць, кВт·год/м ²	Інсоляція в реальних умовах хмарності, кВт·год/м ²	Коефіцієнт хмарність
1	63,25	38,75	0,6126
2	94,37	59,08	0,6261
3	160,99	95,48	0,5931
4	197,34	131,4	0,6658
5	240,51	175,15	0,7282
6	245,57	175,5	0,7146
7	244,57	187,24	0,7656
8	207,51	165,23	0,7963
9	166,81	117,9	0,7068
10	119,06	78,12	0,6561
11	76,31	42,16	0,5525
12	56,44	32,24	0,5713
Всього за рік	1872,73	1298,25	

Таблиця 4

Середньомісячна та середньорічна інсоляція на горизонтальну поверхню, кВт·год/м²

Місяць	Теоретична інсоляція		Заміряна інсоляція	
	місячна	річна	місяць	річна
Січень	38,75	1298,25	23,45	1242,48
Лютий	59,08		39,59	
Березень	95,48		90,85	
Квітень	131,4		137,41	

продовження таблиці 4

Травень	175,15		178,46	
Червень	175,5		181,91	
Липень	187,24		187,67	
Серпень	165,23		167,16	
Вересень	117,9		120,18	
Жовтень	78,12		66,61	
Листопад	42,16		28,77	
Грудень	32,24		20,42	

Техніко-економічне обґрунтування використання сонячної установки для гарячого водопостачання (ГВП)

Для співставлення даних щодо зменшення техногенного навантаження за рахунок зниження використання природних ресурсів та викидів продуктів згорання визначимо витрати сонячних установок та котельних на ГВП та плату за викиди та порівняємо їх.

Визначення приведених витрат для котельної установки на природному газі

Визначимо розрахункові приведені витрати котельної на природному газі:

$$Z_k = e_n \cdot K + I, \quad (1)$$

де e_n – нормативний коефіцієнт окупності, $e_n = 0,15$ [12].

K – капітальні витрати.

Під номінальною потужністю СУ будемо приймати найвищу середньодобову теплову потужність, що приймається сонячною установкою в літній день липня місяця (табл. 4): $187/(31 \cdot 16) = 0,4$ кВт. Для порівняння різних енергетичних установок вони повинні мати однакові потужності, тому потужність котла має бути теж 0,4 кВт. Вартість котла визначається пропорційно його потужності [13] і буде дорівнювати 380 грн;

I – експлуатаційні річні витрати в розглянутій установці. Експлуатаційні витрати враховують вартість палива, амортизаційні витрати, зарплатню та екологічну складову. Зарплатню в даному випадку можна не враховувати. Екологічна складова визначається через плату за викиди, які вміщують платежі за викиди CO_2 відповідно Кіотському протоколу та Податковому кодексу України. Таким чином:

$$I = p \cdot K + g_{\text{ПГ}} \cdot C_{\text{ПГ}} + Z_{\text{вик}}, \quad (2)$$

де p – коефіцієнт амортизації, $p=0,06$;

K – капіталовкладення;

$g_{\text{ПГ}}$ – кількість природного газу, м^3 ;

$C_{\text{ПГ}}$ – вартість природного газу. Прийнято $C_{\text{ПГ}} = 7,18$ грн/ м^3 [14];

$Z_{\text{вик}}$ – плата за викиди забруднюючих речовин, грн.

Отримана енергія за рік від сонця розраховується за формулою:

$$Q_{\text{рік}} = \sum_1^{12} g_{\text{МС}}, \quad (3)$$

де $g_{\text{МС}}$ – енергія сонця, яка була отримана кожного місяця, Дж.

$Q_{\text{рік}} = 1242$ кВт·год/ м^2 (табл.4).

Ця енергія і економиться та може бути отримана від котельної.

Необхідна кількість енергії від котла розраховується за формулою:

$$Q_{\text{КОТ}} = \frac{Q_{\text{рік}}}{\eta_{\text{КОТ}}} = \frac{1242 \cdot 3600}{0,898} = 4979 \text{ МДж}, \quad (4)$$

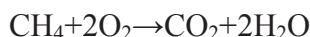
де $\eta_{\text{КОТ}}$ – КПД котла. Прийнято $\eta_{\text{КОТ}} = 89,8\%$ [15].

Відповідна кількість природного газу:

$$g_{\text{ПГ}} = \frac{Q_{\text{КОТ}}}{Q_{\text{Н}}^{\text{P}}} = \frac{4979}{35} = 142 \text{ м}^3 \quad (5)$$

де $Q_{\text{Н}}^{\text{P}}$ – теплота згоряння природного газу. Прийнято використання природного газу Шебелинського родовища $Q_{\text{Н}}^{\text{P}} = 35 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3}$ [16].

При спалюванні природного газу утворюється CO_2 , NO_x , згідно з Податковим кодексом України (ст. 243) здійснюється плата за викиди цих речовин. В подальших розрахунах $C_{\text{CO}_2} = 0,26$ грн/т CO_2 та $C_{\text{NO}_x} = 1553,79$ грн/т NO_x [17]. При спалюванні 1 м^3 природного газу (CH_4) згідно рівнянню:



виходить

$$1 \text{ м}^3 \text{ CH}_4 = \frac{12 + 32}{22,4} = \frac{44}{22,4} = 1,964 \text{ кг} = 0,001964 \text{ т CO}_2.$$

При спалюванні 1 м^3 природного газу утворюється $0,00078 \text{ т NO}_x$ [18].

Таким чином, плата за викиди при спалюванні 1 м^3 природного газу:

$$Z_{\text{ВИК}} = g_{\text{CO}_2} \cdot (C_{\text{CO}_2} + C_{\text{kiot}}) + NO_x \cdot C_{\text{NO}_x} \quad (6)$$

$$Z_{\text{ВИК}} = 0,001964 \cdot (0,26 + 15 \cdot 23) + 0,00078 \cdot 1553,79 = 0,80 \text{ грн},$$

де C_{kiot} – плата за викиди CO_2 відповідно Кіотському протоколу. Значення змінюється в від 15 до 50 \$/т CO_2 . Прийнято $C_{\text{kiot}} = 15$ \$/т = 345 грн./т CO_2 .

При спалюванні 142 м^3 плата за викиди:

$$Z_{\text{ВИК}} = 0,8 \cdot 142 = 113,67 \text{ грн/м}^3.$$

Експлуатаційні річні витрати:

$$И = 0,06 \cdot 380 + 142 \cdot 7,18 + 113,67 = 1156,03 \text{ грн/рік}$$

Розрахункові приведені витрати в котельній установці:

$$Z_{\text{К}} = 0,15 \cdot 380 + 1156 = 1213 \text{ грн/рік}$$

Визначення приведених витрат для сонячної установки

Капітальні витрати в цьому випадку - це вартість 1 м^2 сонячної установки. Для аналізу прийнято використання плоских сонячних колекторів «Акватех» (м. Сімферополь). Вартість колектора становить 7514 грн [20]. При корисній площі колектора $1,8 \text{ м}^2$ питома вартість колектора складе $K_{\text{CV}} = 7514/1,8 = 4174 \text{ грн/м}^2$. Оскільки сонячна установка включає ще багато інших експлуатаційних елементів, прийнято $K_{\text{CV}} = K_{\text{CV}} \cdot 2 = 4174 \cdot 2 = 8348 \text{ грн}$

Експлуатаційні річні витрати для сонячної установки враховують тільки амортизаційну складову. Таким чином приведені витрати:

$$Z_{\text{CV}} = (0,15 + 0,06) \cdot 8348 = 1753 \text{ грн/рік}.$$

Отже, витрати у разі застосування сонячних установок вищі за витрати для котельної на природному газі на 31 %. Не вважаючи на це альтернативні джерела енергії мають розвиватися через екологічну чистоту та перспективність за рахунок серійного виробництва та підвищення ККД.

Висновки

1. Визначено середньомісячну та річну кількість сонячної інсоляції за проміжок часу з березня 2012 по серпень 2015 року. Кількість інсоляції усереднена за чотири не повних роки – $1242,48 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2$.

2. Зіставлено отримані значення інсоляції за вимірами метеостанції з наявними в літературі даними. Отримано, що вимірний тепловий потік ($1248,9 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2$), який падає на горизонтальну поверхню, менший за теоретичні дані ($1298,25 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2$) на $50,77 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2$ (4,3 %). Уточнено значення коефіцієнта, що враховує зниження інсоляції через хмари.

3. Розраховано річні приведені витрати для котельної на природному газі та сонячної установки однаковою продуктивністю, яка відповідає кількості теплоти, що виробляє 1 м² сонячного колектора за рік. Була врахована екологічна складова приведених витрат, яка складається з плати за викиди відповідно Податковому кодексу України та Кіотському протоколу. Частка екологічної складової в експлуатаційних витратах дорівнює 10 %. Приведені витрати у разі застосування сонячних установок вищі за затрати для котельної на природному газі лише на 31 %.

Список використаної літератури:

1. Michael Forst. Germany's module industry poised for growth // SUN & Wind Energy. –Vol.5. – 2011. – . P. 256–263.
2. Бекиров Э. А. Компьютерное моделирование сложных энергосистем с концентраторами солнечной энергии / Э. А. Бекиров, А. П. Химич // Відновлювана енергетика – №1(24). –2011. – С. 74–80.
3. Украина и Россия: обзоры рынка фотовольтаики, август 2011: [Электронный ресурс] / О.Е. Гадалова, С. Г. Симоненко, Б. Л. Эйдельман, В. М. Звероловлев, Д. Лукомский, М. Черевко, и др. //Открытый отчет информационно-аналитического агенства Cleandex PV – Режим доступа World Wide Web: http://www.cleandex.ru/cleanwatch/2011/08/29/Russia_and_Ukraine_photovoltaic_market_report_2011
4. Глобальное изменение климата [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://temperatures.ru/articles/global_climate_change-01.01.2010.
5. M. Saligheh, F. Sasanpour, Z. Sonboli & M. Fatahi Department of Geography, Tehran Tarbiat Moallem University, Iran The Spatial Analysis of Insolation in Iran Received: June 13, 2011 Accepted: July 12, 2011 Published: December 31, 2011 doi:10.5539/eer.v1n1p157 URL: <http://dx.doi.org/10.5539/eer.v1n1> . – P. 157–162
6. Гершкович В. Ф. Энергосберегающие системы жилых зданий. Пособие по проектированию. Часть.6: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.journal.esco.co.ua/cities/2013_3/art118.html.
7. Гелиотехника Logasol для горячего водоснабжения и поддержки отопления. Издание: 02/2005 А6.01.1 стр. 118 http://esco.co.ua/journal/cities/2013_7/art203.pdf
8. СНиП 23-01-99* Строительная климатология. - М. 2003. [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://gostrf.com/norma_data/7/7001/
9. Эффективность солнечных батарей в теплоснабжении / <http://www.teploenergo.od.ua/index.php?page=solnechnye-batarei> (Дата обращения 09.08.2015)
10. Специальная серия. Солнечные системы. Viessman, 05/2008. – 28 с. http://www.viessmann.ua/content/dam/internetua/pdf_dokumente/projektanleitung/vitosol/book.pdf
11. Книга о солнце. Руководство по проектированию систем солнечного теплоснабжения. Viessmann. – К.: «Злато-Граф», 2010. – 194 с.
12. Кругликов П. А. Техничко-экономические основы проектирования ТЭС и АЭС/ П. А Кругликов. – С-П.: Северо-западный государственный заочный технический университет, 2003. – 118 с.
13. Газовый котел Гелиос: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://teplovod.dp.ua/kotli-gelios.html>
14. Постановление НКРЭ от 03.03.2015 № 583 «Об утверждении Розничных цен на природный газ, который используется для потребностей населения»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nerc.gov.ua/?id=14329> на 03.03.2015
15. Теплотехнический справочник. Т.1 /Под ред. В. Н. Юренева, П. Д. Лебедева. – М.: Энергия, 1975. – 744 с.
16. Газовый котел GAZ5000-zwe-24-5-MFK. Каталог оборудования: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://klimat-s.com.ua/kotli/bosch/gaz-5000---zwe-24-5-mfk>
17. Податковий кодекс України: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2755-17/page29> на 11.06.2015
18. Научно-технологичний центр «Реактивелектрон» Національної академії наук України. ГДК 34.02.305-2002. Викиди забруднюючих речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення: [Електронний ресурс]. □ Режим доступа: <http://www.eco.com.ua/content/vikidi-zabrudnyuvalnih-rechovin-u-atmosferu-vid-energetichnih-ustanovok-metodika>. Чинний від 01.07.2002 – 40 с.
19. Плоский солнечный коллектор AFL-AL. Каталог товаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://simferopol.prom.ua/p19227458-ploskij-solnechnyj-kollektor.html> 20.12.2015

References:

1. Michael Forst. Germany's module industry poised for growth // SUN & Wind Energy. –Vol.5. – 2011. – P. 256–263.
2. Bekirov E. A. Computer design of difficult grids with the concentrators of sun energy / E. A. Bekirov, And. P. Khimich // Vidnovlyuvana energetika [Kompiutornoe modelirovanieslozhnykh energosistem s kontsentratorami solnechnoy energii / E. A. Bekirov, A. P. Khimich // Bidnovliuvana energetika]– № 1 (24). –2011. – P. 74–80.
3. Ukraine and Russia: reviews of market of fotovol'taiki, August 2011: [Elektronniy resource] / O.E. Gadalova, P. Simonenko, á. L. Eydel'man, V. of M. of Zverolovlev, D. Lukomskiy, M. of Cherevko, and other is a //Otkrytyy report of informacionno-analiticheskogo agenstva. [Ukraina I Rossiya: obzory rynka fotovoltaiki, avgust 201:

- [Elektronny resurs]/ O. E. Gadalova, S. G. Simonenko, B. L. Eydelman, V. M. Zverolovlev, D. Lukomsriy, M. Cherevko I dr./ Otryty otchet informatsionno-analiticheskogo agenstva Cleandex PV – Rezhim dostupu World Wide Web: http://www.cleandex.ru/cleanwatch/2011/08/29/Russia_and_Ukraine_photovoltaic_market_report_2011
4. Global change of climate [Electronic resource] – Access mode: [Globalnoe izmenenie klimata [Elektronny resurs]] / Rezhim dostupa: http://temperatures.ru/articles/global_climate_change_01.01.2010.
5. M. Saligheh, F. Sasanpour, Z. Sonboli & M. Fatahi Department of Geography, Tehran Tarbiat Moallem University, Iran The Spatial Analysis of Insolation in Iran Received: June 13, 2011 Accepted: July 12, 2011 Published: December 31, 2011 doi:10.5539/er.v1n1p157 URL: <http://dx.doi.org/10.5539/er.v1n1p157-162>
6. Gershkovich B. F. Energysaving systems of dwellings buildings. Manual on planning. Chast'6: [Electronic resource]. – Access mode: [Energoberegayushchie sistemy zhilykh zdaniy. Posobie po proektirovaniyu. Chast 6: [Elektronny resurs]]. – Rezhim dostupa:] http://www.journal.esco.co.ua/cities/2013_3/art118.html.
7. Solar radiation engineering Logasol for a hot water-supply and support of heating. Edition [Geliotekhnika Logasol dla oryachego vodosnabzheniya I podderzhki otopeniya. Izdanie: 02/2005 A6.01.1 P. 118 [Elektronny resurs]]. – Rezhim dostupa:] http://esco.co.ua/journal/cities/2013_7/art203.pdf
8. SNiP 23-01-99* the Build climatology. it is M. 2003. [Electronic resource] / Access mode: SNiP 23-01-99* Stroitel'naya klimatologiya. – M. – 2003. [Elektronny resurs]. – Rezhim dostupa:] http://gostrf.com/norma_data/7/7001/
9. Efficiency of sun batteries is in teplosnabzhenii [Effektivnost solnechnykh batarey v teplosnabzhenii] / <http://www.teploenergo.od.ua/index.php?page=solnechnye-batarei> (Data obrashcheniya).08 2015)
10. Special series. Planetary systems. [Spetsial'naya seriya. Solnechnye sistemy]. Viessman, 05/2008. – 28 c. http://www.viessmann.ua/content/dam/internetua/pdf_dokumente/projektanleitung/vitosol/book.pdf
11. Book on sonce. Guidance on planning of the systems of sun teplosnabzheniya [Kniga o solntse. Rukovodstvo po proektirovaniyu sistem solnechnogo teplosnabzheniya.] Viessmann.– K.: «Zlato- Graf», 2010. – 194 c.
12. Kruglikov P. A. Tekhniko-ekonomicheskie bases of planning of TES and AES [Tekhniko ekonomicheskie osnovy proektirovaniya TES I AES] / P. A. Kruglikov. – S-P.: Severo-zapadny gosudarstvenny zaachny technicheskij universitet] , 2003. – 118 p.
13. Gas caldrion Gelios: [Electronic resource]. – Access mode. [Gazovy kotel Gelios: [Elektronny resurs]]. – Rezhim dostupa:] <http://teplovod.dp.ua/kotli-gelios.html>
14. Decision of NKRE from 03.03.2015 ¹ 583 «O claim of the Suggested retail prices on natural gas which is used for the necessities of population»: [Electronic resource]. – Access mode: [Postanovlenie NKRE ot 03.03.2015 N 583 " Ob utverzhenii Roznichnykh zen na prirodny gaz, kotory ispolzuetsya dla potreboatey naseleniya/. : [Elektronny resurs]]. – Rezhim dostupa:] <http://www.nerc.gov.ua/?id=14329> na 03.03.2015
15. Heating engineering reference book. T.1 /Pod red. V. of N. Yureneva, , P. D. Lebedeva [Teplotekhnicheskij spravochnik. T.1 /Pod. red. V. N. Jureneva, P. D. Lebedeva. – M.: Enerdgy, 1975. – 744 p.
16. Gas caldrion of Gaz5000-zwe-24-5-mfk. Catalogue of equipment: [Electronic resource] –Access mode: [Gazovy kotel GAZ5000-zwe-24-5-MFK. Katalog oborudovaniya: [Elektronny resurs]]. – Rezhim dostupa:] <http://klimat-s.com.ua/kotli/bosch/gaz-5000---zwe-24-5-mfk>
17. Internal revenue code of Ukraine: [Electronic resource]. – Access mode: [Podatkovy kodeks Ukrainy [Elektronny resurs]] – Rezhim dostupa:] <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2755-17/page29> na 11.06.2015
18. Scientifically technological center of «Reaktivelektron» of the National academy of sciences of Ukraine. GDK 34.02.305-2002. Extrass of contaminants are in an atmosphere from the power settings. Method of determination: [Electronic resource]. - Access mode: Naukovo-tekhmologichny zentr "Reaktivelektron" Natsionalny akademii nauk Ukrainy GDK 34.02.305-2002. Vykydy zabrudniyuyuchykh rehovyn u atmosferu vid energetychnykh ustanovok. Metodyka vyznachennya.: [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.eco.com.ua/content/vikidi-zabrudnyuvalnih-rehovin-u-atmosferu-vid-energetichnih-ustanovok-metodika>. Чинний від 01.07.2002 – 40 c.
19. Flat sun collector of AFL-AL. [Electronic resource]. – Access mode: [Catalogue of commodities Ploskiy solnechniy kollektor AFL-AL. Katalog tovarov [Elektronny resurs]] – Rezhim dostupa:] <http://simferopol.prom.ua/p19227458-ploskij-solnechnyj-kollektor.html> 20.12.2015

Поступила в редакцию 05.09 2015 г.