

6. Trimm H. H. Analytical Chemistry: Methods and Applications / CRC Press. – 2011. – 380P.
7. Потапов В. О. До питання розрахунку внутрішніх джерел теплоти під час мікрохвильової обробки харчових продуктів / В. О. Потапов, В. В. Качалов, С. В. Михайлова // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. - 2013. - Вип. 1(2). - С. 73-81.
8. Kostas E. T. The application of microwave heating in bioenergy: A review on the microwave pre-treatment and upgrading technologies for biomass. / E. T. Kostas, D. Beneroso, J. P. Robinson // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – 77. – P. 12-27.
9. Meda V. Microwave heating and the dielectric properties of foods / V. Meda, V. Orsat, V. Raghavan // The Microwave Processing of Foods (Second Edition) / V. Meda, V. Orsat, V. Raghavan. – Sawston: Woodhead Publishing, 2017. – P. 23-43.

References

1. Matsuska, O. V., Paranyak, R. P., Gumnytskyu, YA. M. (2011). "Purification of effluents from natural proteins by natural sorbents", Naukovyy visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterinaryanoi medytsyny ta biotekhnolohiy im. Gzhytskoho, vol. 13, № 2 (2), pp. 255-261.
2. Gumnytskyu, YA. M., Hyvlyud, A. M., Sabadash, V. V. (2015). "Kinetics of albumin adsorption by natural sorbent", Naukovi pratsi Odes'koyi natsional'noyi akademiyi kharchovykh tekhnolohiy, vol. 47 (1), pp. 133-137.
3. Beszédes, S., Szabó, G., Gécsi, G. (2012). Application of thermal and microwave pre-treatments for dairy wastewater sludge, Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara, vol. 10(3), pp. 231-235.
4. Sabadash V.V. (2018). "Purification of sewage in the field of ultrahigh-frequency radiation", Ucheni zapiski TNU named after V.I. Vernadsky Series: Engineering, vol. 29 (68), No 1, pp. 184-188.
5. Prates, L. L., Lei, Y., Refat, B., Zhang, W., Yu, P. (2018). Effects of heat processing methods on protein subfractions and protein degradation kinetics in dairy cattle in relation to protein molecular structure of barley grain using advanced molecular spectroscopy. Journal of Cereal Science, 80, 212-220.
6. Trimm, H. H. (Ed.). (2011). Analytical Chemistry: Methods and Applications. CRC Press.
7. Potapov, V. O., Kachalov, V. V., Mykhaylova, S. V. (2013). "To the question of calculation of internal sources of heat during microwave processing of food products", Prohresyivni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnystv restorannoho hospodarstva i torhivli, vol. 1 (2), pp. 73-81.
8. Kostas, E. T., Beneroso, D., Robinson, J. P. (2017). The application of microwave heating in bioenergy: A review on the microwave pre-treatment and upgrading technologies for biomass. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 77, 12-27.
9. Meda, V., Orsat, V., Raghavan, V. (2017). Microwave heating and the dielectric properties of foods. In The Microwave Processing of Foods (Second Edition), pp. 23-43.

Отримано в редакцію 17.05.2018
Прийнято до друку 30.06.2018

Received 17.05.2018
Approved 30.06.2018

УДК 662.997

DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/swonaft.v82i1.1012>

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ

Селихов Ю.А., канд. техн. наук., профессор, Коцаренко В.А., канд. техн. наук., профессор,
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

***Аннотация.** Европейские страны демонстрируют высокие возможности простого преобразования солнечной энергии в тепловую энергию, которая может успешно использоваться для обеспечения различного рода технологических, отопительных и бытовых потребностей. Кроме того, ввод в эксплуатацию солнечных установок улучшает экологическую ситуацию района потребления тепловой энергии за счет снижения объемов выбросов загрязняющих веществ, к которым относятся продукты сгорания органического топлива, используемого для производства тепловой энергии. В настоящее время в южных районах Украины уже используются солнечные установки для горячего водоснабжения и отопления. Однако, внедрение новых энергетических и экономически выгодных установок идет медленными темпами, что объясняется довольно высокими стоимостными показателями, как отечественных, так и зарубежных установок. Таким образом, на наш взгляд, является актуальной концепция создания новых солнечных установок, наиболее привлекательных для потенциального потребителя. Реализация данной концепции возможна при таком варианте исполнения солнечных установок, когда затраты на выработку тепловой энергии с помощью этих установок будут ниже уровня суммарных затрат на получение тепловой энергии традиционными способами (в частности, в котельных установках). Одновременно с этим, срок окупаемости солнечных установок должен быть соизмерим с гарантийным сроком их эксплуатации. Для выполнения поставленных условий представляется целесообразным разработка таких конструкций солнечных коллекторов, которые позволяли бы минимизировать затраты на их изготовление, монтаж и обслуживание. Это может достигаться за счет использования дешёвых отечественных материалов, выпуск которых гарантирован в достаточных объемах на протяжении длительного срока. Разработка, изготовление и внедрение двухконтурных солнечных установок позволило круглогодично эксплуатировать солнечный коллектор, но капитальные и эксплуатационные затраты при этом были на таком уровне, что для полной окупаемости солнечной установки могло потребоваться более*

пяти лет, так как солнечные коллектора изготавливались из металла. В рамках сформулированной задачи нами был разработан и изготовлен солнечный коллектор из полиэтиленовой пленки.

Предлагается двухконтурная солнечная установка для горячего водоснабжения и отопления, у которой солнечные коллектора изготовлены из полиэтиленовой пленки. Такая установка разработана, изготовлена и запущена в эксплуатацию в одном южном регионе Украины. На установке были получены экспериментальные результаты работы установки в разных режимах в течение года. После обработки этих данных были получены обобщающие зависимости: плотности теплового потока от температуры теплоносителя в коллекторе, времени работы установки в течение светового дня и расхода теплоносителя; коэффициента полезного действия от плотности теплового потока; максимального коэффициента полезного действия от максимальной плотности теплового потока; количества теплоты при конвекции от скорости натекания ветрового потока от 1 до 6 м/с на внешнюю поверхность солнечного коллектора. Зависимости получены при разных объемных расходах V от 0,5 до 3,0 м³/ч теплоносителя. Максимальная погрешность проведенных расчетов не превышает 5 %.

Ключевые слова: интеграция, солнечные установки, двух контурные установки, возобновляемые источники энергии, солнечный коллектор.

INTEGRATION OF HEAT TRANSFER PROCESS IN SUN INSTALLATION

Selikhov Yu.A., PhD in Tech.Sci., professor, Kotsarenko V.A., PhD in Tech.Sci., professor
National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov, Ukraine

Abstract. European countries demonstrate high opportunities for simple conversion of solar energy into thermal energy, which can be successfully used to provide various types of technological, heating and domestic needs. In addition, the commissioning of salt plants improves the ecological situation in the area of consumption of thermal energy by reducing emissions of polluting substances, which include combustion products of organic fuel used for the production of thermal energy. At present, solar installations for hot water supply and heating are already used in the southern regions of Ukraine. However, the introduction of new energy and economically advantageous plants is proceeding slowly, which is explained by rather high cost indices, both domestic and foreign installations. Thus, in our opinion, the concept of creating new solar installations that are most attractive to a potential consumer is relevant. Implementation of this concept is possible with such an option of solar installations, when the cost of generating thermal energy using these facilities will be lower than the total cost of obtaining thermal energy by traditional methods (in particular, in boiler plants). However, with this, the pay-back period of solar installations should be commensurate with the warranty period of their operation. To fulfill the set conditions it is advisable to develop such designs of solar collectors that would allow to minimize the costs of their manufacture, installation and maintenance. This can be achieved through the use of cheap domestic materials, the release of which is guaranteed in sufficient quantities over a long period. The development, production and implementation of dual-circuit solar installations allowed the solar collector to be operated year-round, but the capital and operating costs were at such a level that it would take more than five years to fully pay for the solar installation, since the solar collectors were made of metal. Within the framework of the formulated task, we developed and manufactured a solar collector made of polyethylene film. A double-circuit solar installation is proposed for hot water supply and heating, in which the solar collectors are made of polyethylene film. Such an installation is designed, manufactured and commissioned in one southern region of Ukraine. Experimental results of the installation in different modes during the year were obtained at the plant. After processing of these data, generalizing dependencies were obtained: the heat flux density from the coolant temperature in the collector, the operating time of the installation during the daylight and the flow of the coolant; coefficient of efficiency from the density of heat flow; the maximum efficiency from the maximum heat flux density; the amount of heat in convection from the rate of leakage of the wind flow from 1 to 6 m / s on the outer surface of the solar collector. Dependencies were obtained at different volumetric flows V from 0.5 to 3.0 m³ / h of the heat carrier. The maximum error in the calculations does not exceed 5%.

Keywords: integration, solar installations, two circuit installations, renewable energy sources, solar collector.

Постановка проблеми. Интенсивное использование традиционных источников энергии в мире привело к появлению ряда экологических проблем, наиболее острыми из которых являются: увеличение выбросов в атмосферу углекислого газа и уменьшение толщины озонового слоя. Сегодня, когда растет стоимость традиционных источников энергии, а запасы их исчерпываются, первоочередным вопросом является использование альтернативных или нетрадиционных источников энергии, таких как солнечная, ветровая, геотермальная, биоэнергия и фотосинтез. Наиболее мощным источником энергии для человечества является Солнце, большая активность которого будет сохраняться еще по меньшей мере 3-4 миллиарда лет. Количество солнечной энергии, которая попадает на землю, почти в 15000 раз превышает

потребу населення нашої планети, однак лише незначительна її частина використовується на господарські потреби. Самим простим і ефективним способом використання енергії Сонця є її перетворення в теплову енергію в сонячних колекторах. На даний час розроблено і використовується значительна кількість сонячних колекторів різних конструкцій, що відрізняє їх за техніко-економічними показателями. Переважає більшість сонячних колекторів виготовляються в формі плоских конструкцій, площа поверхні яких є визначальним фактором при оцінці кількості падаючої на неї сонячної енергії, так і ефективності перетворення її в теплову енергію [1]. Тому, розвиток і удосконалення нетрадиційних способів отримання теплової енергії, впровадження сонячних установок для отримання теплової низькопотенціальної енергії, яка використовується для гарячого водопостачання і опалення об'єктів різного призначення, а також покращення екологічної обстановки регіону, в якому використовуються сонячні установки, – є актуальними завданнями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сонячні колектори виготовляються з різних матеріалів: звичайний чорний метал, нержавіюча сталь, алюміній, мідь і полімерні матеріали [2, 3], які, як правило, призначені для конкретних геліотехнічних установок і відрізняються за технологічними, експлуатаційними і техніко-економічними параметрами. Ми провели аналіз роботи існуючих сонячних установок і виявили їх недоліки. Вони були враховані при розробці нової конструкції сонячної установки. Хоча принцип роботи сонячних колекторів простий, розроблено велику кількість різних конструкцій сонячних колекторів з різних металів, а в технічній літературі наведено багато експериментальних досліджень роботи сонячних колекторів, виготовлених з різних металів, в різних регіонах з різною сонячною активністю. Однак узагальнюючих залежностей, які описують взаємозв'язок основних параметрів ефективності сонячних установок для колекторів, виготовлених з полімерних матеріалів: залежність густоти теплового потоку від температури теплоносія і часу роботи сонячної установки при різних витратах теплоносія; залежність коефіцієнта корисної дії (ККД) від густоти теплового потоку при різних витратах теплоносія в колекторі; залежність максимального коефіцієнта корисної дії від максимальної густоти теплового потоку при різних витратах теплоносія, ми не зустрічали.

Ціль статті. В цій роботі авторами пропонується розроблена, виготовлена і запущена в експлуатацію двоконтурна сонячна установка в одному південному регіоні України. В результаті експлуатації установки нами були отримані експериментальні результати роботи установки в різних режимах. Установка представлена на рисунку 1.

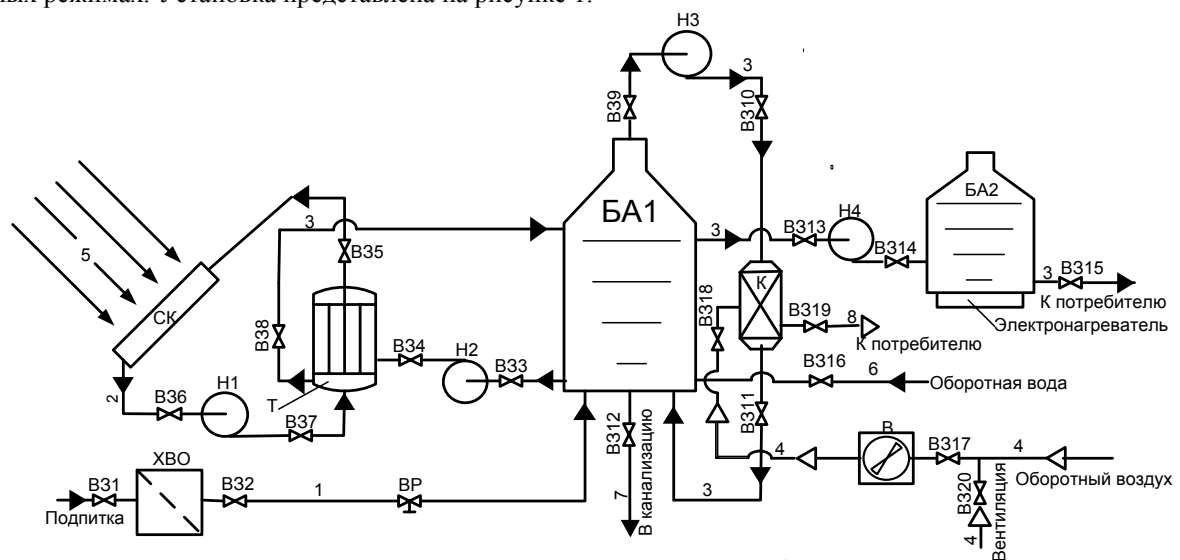


Рис. 1. Принципіальна технологічна схема двоконтурної сонячної установки для опалення приміщень СК – сонячний колектор; БА1, БА2 – баки-акумулятори; Н1, Н2, Н3, Н4 – циркуляційні насоси; ВР – вентиль регулювальний; В31–В334 – вентилі запорні; К – калорифер; В – вентилятор; Т – теплообмінний апарат; ХВО – апарат хімоводоочистки; 1, 3, 6, 7 – холодний теплоносієць; 2 – антифриз; 4,8 – повітря; 5 – сонячне випромінювання.

Сделаємо опис варіантів роботи нової технологічної схеми, яка представлена на рис.1. Сонячна установка може працювати як сезонно, так і круглодобово. Сезонна робота. По першому варіанту антифриз з першого контуру теплообмінника Т через вентилі запорні В37, В36 і В35 циркуляційним насосом Н1 подається в сонячний колектор СК, де він нагрівається до необхідної температури і повертається в перший контур теплообмінника Т. Нагрітий антифриз віддає своє тепло

во втором контуре теплообменника Т теплоносителю (воде), подающемуся циркуляционным насосом Н2 через вентили запорные В33, В34 и В38 из бака-аккумулятора БА1 в теплообменник Т и далее поступает обратно в теплообменник Т. В третьем варианте холодный теплоноситель из сетевого трубопровода через вентиль запорный В31 подается в аппарат химводоочистки ХВО, где теплоноситель очищается от многих солей и далее через вентиль запорный В32 и вентиль регулировочный ВР поступает и наполняет бак-аккумулятор БА1. В выбранном нами баке-аккумуляторе происходит накопление и прямое аккумулялирование тепла, поскольку аккумулирующей и теплообменной является одна и та же среда. В случае аварийной ситуации есть возможность выпустить теплоноситель в канализацию через вентиль запорный В312.

Для круглогодичной работы. В четвертом варианте теплоноситель (горячая вода) из бака-аккумулятора БА1 через вентили запорные В39 и В310 циркуляционным насосом Н3 подается в калорифер К и далее через вентиль запорный В311 обратно в бак-аккумулятор БА1. В пятом варианте холодный воздух из приточной вентиляции через вентили запорные В320 и В317 вентилятором В через вентиль запорный В318 подается в калорифер К, где нагревается горячей водой и через вентиль запорный В319 подается для нагрева помещения. Когда необходимо нагреть теплоноситель до более высокой температуры в работу включается шестой вариант.

Теплоноситель через вентили запорные В313 и В314 циркуляционным насосом Н4 направляется в бак-аккумулятор БА2, где нагревается электронагревателями до необходимой температуры и далее через вентиль запорный В315 подается к потребителю (на отопление помещений, на кухню). Обратная вода через вентиль запорный В316 возвращается обратно в бак-аккумулятор БА1. Мы также заменили плоские металлические коллектора на гибкие полимерные, двухконтурные теплообменные аппараты на скоростные пластинчатые аппараты.

Рассмотренный солнечный коллектор СК выполнен из полиэтиленовой пленки черного матового цвета [4] специальной конструкции, которая уложена в теплоизолированный со всех сторон пенополистиролом толщиной 30 мм металлический корпус [5]. Площадь тепловоспринимающей поверхности солнечного коллектора равна – 210 м² и состоит из 21 секции. То есть, в 21 металлическом корпусе находится 21 секция гибкого полимерного коллектора.

Сверху каждый металлический корпус закрыт оконным стеклом толщиной 4 мм и фиксируется к корпусу с помощью прижимных планок. Испытания проводились при разных объемных расходах теплоносителя, в качестве которого применялась вода. Контроль и сбор информации о параметрах теплоносителя (расход, температура) осуществлялся системой автоматизированного управления солнечной установкой. Конструкция солнечного коллектора позволяет производить ремонт посекционно, не отключая всей установки. А в случае закупоривания проходных сечений коллектора накипью, которая образуется в каналах, т.к. температура теплоносителя повышается до 90 °С, секция коллектора отключается автономно, очищается и устанавливается на прежнее место или заменяется новым коллектором.

В настоящей статье также рассматривается вопрос обобщения экспериментальных данных, полученных для различных постоянных расходов теплоносителя (V): с целью получения зависимостей: плотности теплового потока (q) от температуры теплоносителя (t) в коллекторе и времени работы установки в течение светового дня (τ); КПД (η) от плотности теплового потока (q); максимального

КПД (η) от максимальной плотности теплового потока; количества теплоты (Q), уносимого ветровым потоком с внешней поверхности стекла солнечного коллектора от скорости ветрового потока (V).

Одной из основных характеристик эффективности работы солнечного коллектора является изменение плотности теплового потока (q) от температуры теплоносителя (t) в коллекторе и времени работы установки в течение светового дня (τ) при разных объемных расходах (V) теплоносителя, которое представлено на рис. 2. Нами был выполнен анализ экспериментальных данных при изменении постоянного расхода V теплоносителя от 0,5 до 3,0 м³/ч (1 – 0,5; 2 – 1; 3 – 1,5; 4 – 2; 5 – 2,5; 6 – 3,0) и получены обобщающие зависимости вида $q = f(t, \tau)$ при $V = const$. Номера в скобках соответствуют номерам на кривых рис. 2.

Нами были выполнены теплотехнические расчеты экспериментальных данных при изменении расхода V теплоносителя от 0,5 до 3,0 м³/ч и получены обобщающие зависимости вида $q = f(t, \tau)$ при $V = const$. При анализе экспериментальных данных с целью представления в аналитическом виде функциональной зависимости, т. е. в подборе формулы, описывающей результаты эксперимента, были использованы возможности надстройки среды Excel (пакет анализа), а именно регрессионный анализ [6].

Инструменты регрессионного анализа позволяют анализировать большие совокупности данных не только для получения основных статистических характеристик и построения соответствующих кривых зависимости (линии регрессии) для визуальной оценки, но и найти уравнение, которое наилучшим образом отображает множество данных, которые математически описывают влияние ряда независимых переменных на ожидаемый результат.

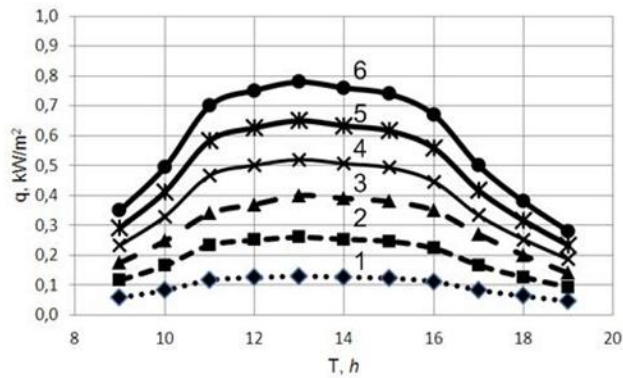


Рис. 2. Изменение плотности теплового потока.

Ниже приведены функциональные зависимости вида $q = f(t, \tau)$ для постоянных значений V .

$$q = 0,010339 \cdot 1,027805^t \cdot 1,01145^\tau \quad (1)$$

$$q = 0,02069 \cdot 1,021806^t \cdot 1,011405^\tau \quad (2)$$

$$q = 0,026081 \cdot 1,02701^t \cdot 1,032366^\tau \quad (3)$$

$$q = 0,041415 \cdot 1,021796^t \cdot 1,011428^\tau \quad (4)$$

$$q = 0,051707 \cdot 1,027809^t \cdot 1,011443^\tau \quad (5)$$

$$q = 0,06211 \cdot 1,0278^t \cdot 1,011416^\tau \quad (6)$$

Еще одной характеристикой эффективности работы солнечного коллектора является изменение коэффициента полезного действия при изменении плотности теплового потока, которое представлено на рисунке 3.

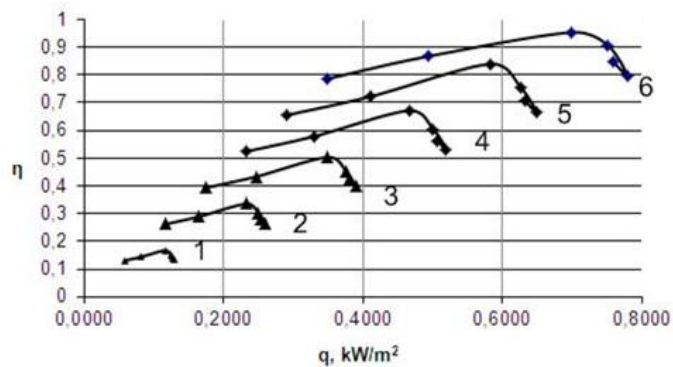


Рис. 3. Изменение коэффициента полезного действия при изменении плотности теплового потока. при $V (\text{м}^3/\text{ч}) = \text{const}$: 1 – 0,5; 2 – 1; 3 – 1,5; 4 – 2; 5 – 2,5; 6 – 3,0.

Нами был выполнен анализ экспериментальных данных, представленных на рисунке 3, и получены обобщающие зависимости вида $\eta = f(q)$ при $V = \text{const}$. Номера в скобках соответствуют номерам на кривых рис. 3.

Ниже приведены уравнения, которые описывают $\eta = f(q)$ при $V = \text{const}$:

$$\text{КПД}(\eta) = 0,68 - 1022q^3 + 264,99q^2 - 21,4q \quad R^2 = 0,98 \quad (1)$$

$$\text{КПД}(\eta) = 1,3 - 255,04q^3 + 132,45q^2 - 21,39q \quad R^2 = 0,98 \quad (2)$$

$$\text{КПД}(\eta) = 2,04 - 113,45q^3 + 88,28q^2 - 21,4q \quad R^2 = 0,98 \quad (3)$$

$$\text{КПД}(\eta) = 2,72 - 63,83q^3 + 66,22q^2 - 21,4q \quad R^2 = 0,98 \quad (4)$$

$$\text{КПД}(\eta) = 3,4 - 40,8q^3 + 52,92q^2 - 21,38q \quad R^2 = 0,98 \quad (5)$$

$$\text{КПД}(\eta) = 2,95 - 19,72q^3 + 30,94q^2 - 14,34q \quad R^2 = 0,95 \quad (6),$$

где R^2 – коэффициент корреляции.

Как видно, при анализе коэффициентов корреляции погрешность расчетов не превышает 5 %. Сделав анализ зависимостей на рисунке 3, мы построили зависимость максимального коэффициента полезного действия от максимальной плотности теплового потока при разных объемных расходах теплоносителя, которая представлена на рисунке 4.

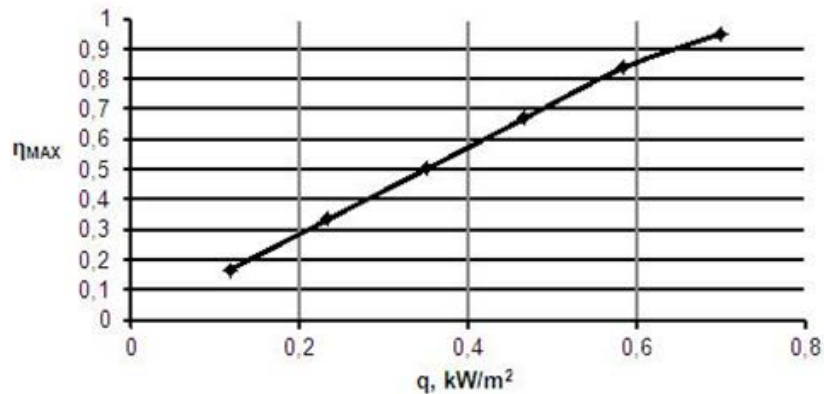


Рис. 4. Изменение максимального коэффициента полезного действия от максимальной плотности теплового потока при разных объемных расходах V от 0,5 до 3,0 м³/ч.

Как видно из рисунка 4 зависимость максимального коэффициента полезного действия (η) от максимальной плотности теплового потока (q) носит линейный характер и может быть представлена уравнением: $\text{КПД}(\eta) = 1,37 \cdot q + 0,018$, с коэффициентом корреляции $R^2=0,99$, это показывает, что погрешность расчетов не превышает 1 %.

Обобщенное уравнение количества теплоты (Q , кВт), уносимого ветровым потоком с внешней поверхности стекла солнечного коллектора от скорости ветрового потока (V , м/с) представлено уравнением

$$Q = 165,27 \cdot \ln(V) + 69,445,$$

где $R^2=0,99$, это показывает, что погрешность расчетов не превышает 1 %.

Выводы. 1. Разработана, изготовлена и запущена в эксплуатацию новая солнечная установка из новых материалов. 2. Получены обобщающие зависимости: плотности теплового потока от температуры теплоносителя в коллекторе, времени работы установки в течение светового дня и расхода теплоносителя; коэффициента полезного действия от плотности теплового потока; максимального коэффициента полезного действия от максимальной плотности теплового потока; количества теплоты, уносимого ветровым потоком с внешней поверхности стекла солнечного коллектора от скорости ветрового потока. Зависимости получены при разных объемных расходах V от 0,5 до 3,0 м³/ч теплоносителя. Максимальная погрешность проведенных расчетов не превышает 5 %. 3. Проведенные исследования показали, что для всех типов полимерных материалов при разных объемных расходах V от 0,5 до 3,0 м³/ч теплоносителя можно рассчитать: плотность теплового потока по условиям теплообмена на входе в коллектор; максимальный коэффициент полезного действия по максимальной плотности теплового потока и расходу теплоносителя; количество теплоты, которое теряется во время работы солнечной установки. 4. Натурные испытания показали, что коллектор из полимерного материала наиболее полно поглощает тепло солнечного излучения, это приводит к нагреву теплоносителя до более высоких температур (90 °С) по сравнению с конструкциями солнечных коллекторов, изготовленных из разных металлов (63 °С). 5. Применение солнечных коллекторов из полимерных материалов позволяет уменьшить: себестоимость получаемой тепловой энергии; материалоемкость солнечной установки; срок окупаемости солнечной установки; упростить схему ее работы; усовершенствовать действующие солнечные установки.

Литература

1. Концепция государственной энергетической политики Украины на период до 2020 г. // Информационное приложение. – 2001. – № 10. – 8 с.
2. Даффи Дж., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир, 1977. – 420 с.
3. Селихов Ю.А., Ведь В.Е., Бухкало С.И., Костин В.М. Конструкционные особенности увеличения эффективности работы гелиоустановок. Экологические и ресурсосбережение. – Киев: Типография НАН Украины, № 3, 2004. – С. 70–75.
4. Полімерна композиція: пат. 72078 А Україна. №2003088001 ; заявл. 27.08.2003 ; опубл. 17.01.2005, Бюл. № 1. 110 с.
5. Геліоводонагрівник: пат. 75178 Україна. № 2004021010 ; заявл. 12.02.2004 ; опубл. 15.03.2006, Бюл. № 3, 120 с.
6. Коцаренко В.О., Селихов Ю.А., Горбунов К.О. Розрахунки в середовищі Excel: навч. посіб. – Харків: Вид-во «Підручник НТУ «ХП»», 2011. – 272 с.

References

1. (2001) Kontsepsiya gosudarstvennoy energeticheskoy politiki Ukrainy na period do 2020 g. *Informatsionnoe prilozhenie*. 10. 8.
2. Daffi Dzh., Bekman U.A. (1977) Teplovye protsesy s ispolzovaniem solnechoy energii. Moscow Mir, 420.
3. Selikhov Yu. A., Ved V.E., Bukhhalo S. I., Kostin V. M. (2004) Konstruktsionnye osobennosti uvelicheniy effektivnosti raboti gelioustanovok. *Ekotekhnologii i resursosberezhenie*. Kiev: Tipografiya NAN Ukrainy. 3. 70-75.
4. Polimerna kompozitsiya: pat. № 72078 A Ukrainy. №2003088001 ; zayavl. 27.08.2003 ; opubl. 17.01.2005, Byul. № 1. 110 .
5. Geliiodonagrivnyk: pat. № 75178 Ukrainy. № 2004021010 ; zayavl. 12.02.2004 ; opubl. 15.03.2006, Byul. № 3, 120 s.
6. Kotsarenko V.O., Selikhov Yu. A., Gorbunov K.O. (2011) Rozrakhky v seredovyschi Excel: navch. Posib. – Kharkiv: Vyd-vo «Pidruchnyk NTU «KhPI», 272.

Отримано в редакцію 28.04.2018
Прийнято до друку 30.06.2018

Received 28.04.2018
Approved 30.06.2018

УДК 631.8

DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/swonaft.v82i1.1013>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КОМПОСТУВАННЯ ХАРЧОВОЇ СКЛАДОВОЇ ТВЕРДИХ МУНІЦИПАЛЬНИХ ВІДХОДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК

**Крусір Г.В., д.т.н., професор, Сагдєєва О.А., Чернишова О.О., асистент, Мадані М.М., к.т.н., доцент,
Гаркович О.Л., к.б.н., доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса**

***Анотація.** Ефективне управління твердими муніципальними відходами є першочерговим завданням у сфері міжнародної та національної екологічної безпеки. В Україні воно фактично вирішується через зберігання сотень тисяч відходів на керованих та некерованих звалищах та полігонах.*

Оскільки до 40% твердих муніципальних відходів відноситься до органічних, що легко розкладаються (харчові відходи, відходи ринків, домогосподарств, міських зелених господарств, муніципальної мережі харчування), вилучення цієї частини відходів зі звалищ за рахунок компостування суттєво зменшить навантаження на фактично розміщені та потенційно заплановані звалища.

Аеробне компостування є однією з найкращих найбільш доступних технологій для інтегрованої системи управління відходами за рахунок мінімізації антропогенного впливу на довкілля, відповідності новітнім вітчизняним та зарубіжним розробкам, економічності та практичної прийнятності технології.

Метою експериментального дослідження було вивчення можливості прискорення процесу компостування харчової складової твердих муніципальних відходів за рахунок внесення мінеральних добавок для впровадження в якості природоохоронної технології на звалищах.

У статті представлено результати дослідження впливу мінеральної добавки на перебіг процесів компостування харчової складової твердих муніципальних відходів з метою його прискорення в мезофільному і термофільному температурних режимах з керованими параметрами. Для підвищення ефективності процесу компостування та порівняння особливостей перебігу процесів в якості мікробіологічного інокуляту використовували ґрунт, в якості мінеральної добавки – розчини мінеральних солей.

Показано, що мінеральний комплекс прискорює процес компостування харчової складової твердих побутових відходів в 2,2 рази за термофільного режиму і в 1,4 рази за мезофільних умов проведення процесу компостування, що свідчить про ефективність його використання в процесах переробки твердих муніципальних відходів з метою підвищення загального рівня екологічної безпеки.

Ключові слова: компостування; відходи; суміш, що компостується; мінеральна добавка; мезофільний і термофільний режими компостування