

9. Долинский А. А., Иванецкий Г. К. Теоретическое обоснование принципа дискретно-импульсного ввода энергии. II. Исследование поведения ансамбля паровых пузырьков. Пром. теплотехника. 1996. Т. 18, №1. С. 3-20.

10. Стебновский С. В. Импульсное диспергирование как предельный режим разрушения жидкого объема // Физика горения и взрыва. 2008. Т. 44, №2. С. 117-128.

#### References

1. Novgorodskiy, E. E., Beschetyiy, V. V. (2010). Proektirovanie energosberegayuschih ustanovok teplogeneratov pri ispolzovanii rekuperativnyih kondensatsionnyih teplouutilizatorov: Metodicheskie ukazaniya k prakticheskim zanyatiyam po kursu "Energoberezenie". Rostov n/D: Rost. gos. stroit. un-t, 43.

2. Dolinskiy, A. A., Shurchkova, Yu. O., Tselen, B. Ya. (2015). Bezreahentna nejtralizacija kysloho kondensatu produktiv zhorjannja pryrodnoho hazu ta obladnannja dlja jiji nejtralizaciji. Mikro- i nanourovnevyie protsessy v tehnologiyah DIVE: Tematicheskij sbornik statey / pod obschey red. A.A. Dolinskogo; Institut tehnicheckoy teplofiziki NAN Ukrainyi, Kyiv, Akademperiodika, 464.

3. Bunkin, N. F., Bunkin, F. V. (2013). Bubston Structure of Water and Aqueous Solutions of Electrolytes. Physics of Wave Phenomena, 21(2), 81-109.

4. Seddon, J., Lohse, D., Ducker, W., Craig, V. (2012). A deliberation on nanobubbles at surfaces and in bulk. Chemphyschem, 13(8), 2179-87.

5. Dolinskiy, A. A., Tselen, B. Ya., Hartvih, A. P., Konyk, A. V., Radchenko, N. L., Shchepkin, V. I. (2016). Utvorennya kysloho kondensatu pry hlybokij utylizaciji teply produktiv zhorjannja pryrodnoho hazu i obladnannja dlja joho nejtralizaciji. Naukovi pratsi ONAKhT, 80(1), 4-8.

6. Pavlenko, A. N., Koverda, V. P., Reshetnikov, A. V., Mazheiko, N. A., Surtaev, A. S., Zhukov, V. E. (2010). Peculiarities of superheated liquid discharging under strong and weak nonequilibrium conditions. J. Eng. Thermophys., 19(4), 289-305.

7. Ishmatov, A. N. (2011). Evolyutsiya melkdispersnyih kapel pri vzryivnom raspyilenii zhidkosti. Avtoref. diss. na soisk uch. step. kand. f.-m. nauk. po spets. 01.02.05, Biysk, 48.

8. Dolinskiy, A. A., Ivanitskiy, G. K. (1995). Teoreticheskoe obosnovanie printsipa diskretno-impulsnogo vvoda energii. I. Model dinamiki odinochnogo parovogo puzyirka. Prom. teplotehnika, 17(5), 3-28.

9. Dolinskiy, A. A., Ivanitskiy, G. K. (1996). Teoreticheskoe obosnovanie printsipa diskretno-impulsnogo vvoda energii. II. Issledovanie povedeniya ansamblya parovyih puzyirkov. Prom. teplotehnika, 18(1), 3-20.

10. Stebnovskiy, S. V. (2008). Impulsnoe dispergирование как predelnyiy rezhim razrusheniya zhidkogo ob'ema. Fizika goreniya i vzryiva, 44(2), 117-128.

УДК 662.997

## ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

Селихов Ю. А., к. т. н., профессор, Коцаренко В. А., к. т. н., профессор, Давыдов В. А., аспирант  
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

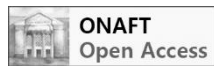
## USING RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE HEAT-ENERGY INSTALLATION

Selikhov Yu. A., Cand. Tech. Sci., Professor, Kotsarenko V. A., Cand. Sc. Tech. Sci., Professor,  
Davydov V. A., graduate student  
National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute"

Copyright © 2017 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**Аннотация.** Предложена теплоэнергетическая система снабжения: электроэнергией, горячей водой и отоплением, в которой совместно с ветроэлектрогенератором, двухконтурной солнечной установкой, используется геотермальный грунтовый тепловой насос «грунт-вода», аккумуляторы электроэнергии и теплоты. Эта система позволяет: уменьшить себестоимость тепловой энергии за счет снижения материалоемкости и расходов на оборудование, которое используется; экономить органическое топливо; производить электроэнергию и излишек ее отдавать в государственную электросеть; уменьшить тепловую нагрузку и загрязнение окружающей среды. Система разработана, изготовлена и установлена на одном частном подворье в Харьковской области после реконструкции коттеджа. Работа теплоэнергетической системы управляется и контролируется в автоматическом режиме с автоматизированного рабочего места. Двухконтурная солнечная установка обеспечивает горячее водоснабжение коттеджа. Тепловой насос обеспечивает отопление в холодное время года и кондиционирование в теплое время года. Ветроэлектрогенератор вырабатывает электроэнергию для работы электрооборудования коттеджа, а излишки элект-

роенергии направляются в электроаккумуляторы либо в государственную электросеть. Тепловое аккумулярование осуществляют баки-аккумуляторы.

**Abstract.** *The reserves of fossil fuels, which are a traditional source of energy, are not unlimited. This leads to the need to seek new, and preferably unconventional and renewable sources of energy. In all likelihood, the combination of several energy sources - solar, wind energy and a geothermal heat pump as the most "clean" from an ecological point of view, than the energy sources of traditional energy will be proved to be most useful. It should be noted that the experience accumulated by different countries in the use of solar collectors and heat pumps, as well as wind generators, demonstrates the high possibilities of simple transforming these types of energy into thermal energy and electricity, which can be successfully used for supply: electricity, hot water, hot air, heating in premises of public and private households, as well as providing various kinds of technological and domestic needs not only in different industries, but also including enterprises of the agro-industrial complex of Ukraine. In Ukraine, the installation of solar heat and cold supply, heat pumps and wind generators at civil and industrial construction sites has not yet been widely implemented. This is associated with relatively low prices for traditional energy sources and insufficient market preparedness compared to other countries, and it is constrained by high metal content and the cost of solar collectors and heat pumps, and unpreparedness of our market for the production of wind power generators. Therefore, in our opinion, the concept of creating such new heat and power systems, in which renewable sources of energy will be used as energy sources, is topical. For such heat-and-power systems, new designs for solar installations, heat pumps and wind generators will be constructed, when the cost of generating heat and electricity through these facilities is lower than the total cost of generating heat and electricity by traditional methods (in particular, in boiler plants). Simultaneously, the payback period of such heat and power systems should be commensurate with the warranty period of their operation. This can be achieved through the use of cheap domestic materials, the release of which is guaranteed in sufficient quantities for a long period in Ukraine. Therefore, the use of non-traditional and renewable energy sources, the saving of organic fuel, which is necessary for heating the coolant from 8 to 95 ° C, the improvement of the ecological situation in the region of consumption of thermal energy by reducing the emissions of pollutants, which includes the combustion products of traditional types of energy, fuel, which is used for the production of thermal energy in boiler equipment, electricity generation by means of wind generators are actual tasks. Before reconstruction in the heating system of the cottage, a boiler with a black oil burner was used. The cost of fuel oil with delivery and pumping into a container at the location and use all year round is about one hundred thousand hryvnia per year. Further, the fuel oil is supplied to the boiler by gravity. However, the ignition of fuel oil in the boiler is carried out at a temperature of 90 ° C. Therefore, the fuel oil must be heated before being fed into the boiler. Burning of fuel oil in the boiler leads to emissions of harmful substances into the atmosphere, and the number of heating batteries in the house increases the metal capacity of the heating installation. It was decided to replace the boiler with a fuel oil burner with a heat-and-power system: providing private home ownership with hot water using a two-circuit solar water heating system, heating with a geothermal ground-water heat pump, and installing a wind generator to generate electricity for the whole electrical equipment of the cottage. For this purpose, a new technological scheme was developed for the heat-energy system of hot water supply and heating of the cottage. In ground heat pumps, heat energy is used, which is stored in the soil by heating it with the sun or other sources. Soil has the ability to store solar heat for a long time, which leads to a relatively uniform level of heat source temperature throughout the year, and this ensures the operation of a heat pump with a high conversion factor. The wind power generator generates electricity for the operation of the electrical equipment of the cottage, and surplus electricity is sent to the electric accumulators or to the state power grid. The operation of the heat power plant is controlled and monitored automatically from an automated workstation. In the case of an increase in the outdoor temperature to the uncomfortable mark, the solar installation is switched off and the conditioning mode is activated in the heat pump. A heat-and-power supply system is proposed: electric power, hot water and heating, in which a geothermal ground-water heat pump, electric power and heat accumulators are used in conjunction with a wind-electric generator, a two-circuit solar installation. This system allows: to reduce the cost of thermal energy by reducing the material consumption and the cost of equipment that is used; to save organic fuel; produce electricity and surplus it into the state power grid; reduce heat load and environmental pollution. The system is designed, manufactured and installed on one private farmstead in the Kharkov region after the reconstruction of the cottage. The operation of the heat-and-power system is controlled and controlled automatically in an automated workplace. Two-circuit solar installation provides hot water supply to the cottage. The heat pump provides heating in the cold season and air conditioning in the warm season. If the water temperature is lower than the automatic one, the water is supplied from the storage tank to the second circuit of the condenser and cooler of the geothermal groundwater heat pump "soil-water", heated to the required temperature and delivered to the consumer. The wind power generator generates electricity for the operation of the electrical equipment of the cottage, and surplus electricity is sent to the electric accumulators or to the state power grid. Thermal accumulation is carried out by accumulator tanks.*

**Ключевые слова:** ветроэлектрогенератор, солнечная установка, тепловой насос, возобновляемые источники энергии.

**Keywords:** wind generator, solar installation, heat pump, renewable energy sources.

**Формулировка проблемы.** В конце 70-х г.г. стало ясно, что запасы ископаемого топлива, которое относится к традиционному источнику энергии, не беспредельны. Это приводит к необходимости изыскивать новые, и предпочтительно нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. По всей вероятности, наиболее полезным окажется сочетание нескольких источников энергии – солнечной, энергии ветра и геотермального теплового насоса как наиболее «чистых» с экологической точки зрения, чем источники энергии традиционной энергетики [1].

Отметим, что опыт, накопленный разными странами в использовании солнечных коллекторов и тепловых насосов, а также ветроэлектрогенераторов демонстрирует высокие возможности простого превращения этих видов энергии в тепловую энергию и электроэнергию, которые могут успешно использоваться для снабжения: электроэнергией, горячей водой, горячим воздухом, отоплением в помещениях государственных и частных домовладений, а также обеспечению разного рода технологических и бытовых потребностей не только в разных отраслях промышленности, но и в том числе на предприятиях агропромышленного комплекса Украины [2, 3].

**Анализ последних исследований и публикаций.** В Украине установки солнечного тепло- и холодо-снабжения, тепловые насосы и ветроэлектрогенераторы на объектах гражданского и промышленного строительства пока не получили широкого внедрения, что связано с относительно низкими по сравнению с другими странами ценами на традиционные энергоносители и недостаточной подготовленностью рынка, а также оно сдерживается высокой металлоемкостью и себестоимостью солнечных коллекторов и тепловых насосов, и не подготовленностью нашего рынка к выпуску ветроэлектрогенераторов.

Поэтому, на наш взгляд, актуальной является концепция создания таких новых теплоэнергетических систем, в которых в качестве источников энергии будут использованы возобновляемые источники энергии. Для таких теплоэнергетических систем будут сконструированы новые конструкции солнечных установок, тепловых насосов и ветроэлектрогенераторов, когда расходы на выработку тепловой энергии и электроэнергии с помощью этих установок будут ниже уровня суммарных расходов на получение тепловой энергии и электроэнергии традиционными способами (в частности, в котельных установках).

Одновременно с этим срок окупаемости таких теплоэнергетических систем должен быть соизмерим с гарантийным сроком их эксплуатации. Это может достигаться за счет использования дешевых отечественных материалов, выпуск которых гарантирован в достаточных объемах в течение длительного срока в Украине. Поэтому использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, экономия органического топлива, которое нужно для нагревания теплоносителя с 8 до 95 °С, улучшение экологической ситуации района потребления тепловой энергии за счет снижения объемов выбросов загрязняющих веществ, к которым относятся продукты сгорания традиционных видов энергии, - органического топлива, которое используется для производства тепловой энергии в котельном оборудовании, производство электроэнергии с помощью ветроэлектрогенераторов являются актуальными задачами.

**Цель статьи.** В данной работе авторами предлагается теплоэнергетическая система снабжения: электроэнергией, горячей водой и отоплением, которая была смонтирована на одном частном дворе в Харьковской области при реконструкции коттеджа. Ранее в системе отопления коттеджа применялся котел с мазутной горелкой. Стоимость мазута с доставкой и перекачкой в емкость по месту расположения и использования круглый год составляет порядка ста тысяч гривен за год. Далее, подача мазута в котел осуществляется самотеком. Однако, возгорание мазута в котле осуществляется при температуре 90 °С. Поэтому, мазут необходимо подогреть до подачи в котел.

Сгорание мазута в котле приводит к выбросам в атмосферу вредных веществ, а количество батарей отопления в доме к увеличению металлоемкости установки отопления. Нами было принято решение о замене котла с мазутной горелкой на теплоэнергетическую систему: обеспечивающую частное домовладение горячей водой с помощью двухконтурной солнечной водонагревательной установки [4], отопление с помощью геотермального грунтового теплового насоса «грунт-вода» [5] и установке ветроэлектрогенератора для выработки электроэнергии для работы всего электрооборудования коттеджа.

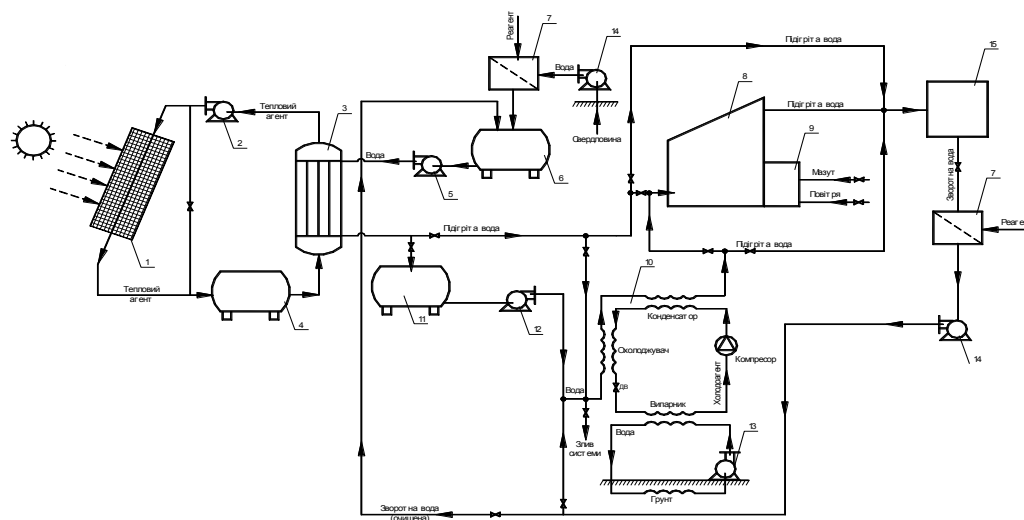
Нами была разработана новая технологическая схема теплоэнергетической системы горячего водоснабжения и отопления коттеджа. Работа новой технологической схемы, которая представлена на рис. 1, следующая.

Новая теплоэнергетическая установка может работать как сезонно, так и целый год.

Принцип действия установки при сезонной работе в теплое время года.

Антифриз (тепловой агент) из бака-аккумулятора 4 через первый контур теплообменника 3 циркуляционным насосом 2 подается в гелиоколлектор 1 солнечной установки, где нагревается до необходимой температуры и назад поступает в бак-аккумулятор 4. Нагретый антифриз отдает свое тепло во втором контуре

теплообменника 3 теплоносителю (вода), который подается циркуляционным насосом 5 из бака-аккумулятора 6, и подогретая поступает в бак-аккумулятор 11. Вода из скважины насосом 14 подается в установку химводоочистки 7, где очищается от многих солей и дальше поступает в бак-аккумулятор 6. Подогретая до необходимой температуры вода во втором контуре теплообменника 3 подается пользователю 15 на горячее водоснабжение. Когда температура воды не удовлетворяет пользователя 15, вода из бака-аккумулятора 11 циркуляционным насосом 12 подается во второй контур охладителя и конденсатора грунтового теплового насоса 10 «грунт-вода», где догревается до необходимой температуры и поступает пользователю 15.



1 - Гелиоколлектор; 2 - Насос; 3 - Теплообменное устройство; 4, 6, 11 - Баки-аккумуляторы; 5 - Насос; 7 - Установки химводоочистки; 8 - Котельная установка; 9 - Топка котла; 10 - Грунтовой тепловой насос; 12 - Насос; 13 - Насос; 14 - Насосы; 15 - Пользователь

**Рис.1. Технологическая схема теплоэнергетической системы горячего водоснабжения и отопления коттеджа.**

Обратная вода от пользователя 15 подается в установку химводоочистки 7, где очищается, и циркуляционным насосом 14 подается в бак-аккумулятор 6, или, в случае недостаточного количества воды пользователю 15, подается во второй контур охладителя и конденсатора грунтового теплового насосу 10, где догревается, и опять поступает пользователю 15. В случае аварийной ситуации есть возможность выпустить теплоноситель в канализацию (слив воды из системы). В случае повышения температуры воздуха на улице до некомфортной отметки, отключается солнечная установка и включается в тепловом насосе режим кондиционирования. Вода из грунтового теплообменного коллектора циркуляционным насосом 13 подается в контур теплых полов, охлаждает площадь пола и воздуха в комнатах коттеджа до комфортной температуры.

Принцип действия установки для круглогодичной работы.

В теплое время года принцип работы установки показан выше. А в холодное время года установка работает так. Вода с температурой  $5 \div 7 \text{ }^\circ\text{C}$  теплообменного коллектора грунтового теплового насоса циркуляционным насосом 13 подается во второй контур испарителя теплового насоса, где нагревает холодагент первого контура, который превращается в пар. Пар холодагента поступает в компрессор, где сжимается до высокой температуры и давления. Далее пар поступает в конденсатор теплового насоса, где отдает свое тепло второму контуру конденсатора [20], в который подается вода циркуляционным насосом 12 из бака-аккумулятора 11, или циркуляционным насосом 14 от пользователя 15. Таким образом, вода нагревается сначала во втором контуре конденсатора, а затем во втором контуре охладителя и поступает к пользователю с необходимой температурой (максимальная  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Когда из строя выходит: солнечная установка и тепловой насос, то в качестве теплового дублера выступает котельная установка 8 с мазутной горелкой 9, которая подогревает воду до необходимой температуры и подает ее в систему отопления, и в систему горячего водоснабжения коттеджа. В случае аварийной ситуации есть возможность выпустить теплоноситель в канализацию (слив воды из системы). В грунтовых тепловых насосах используется тепловая энергия, которая накоплена в почве за счет нагревания ее солнцем или другими источниками. Почва имеет свойство хранить солнечное тепло в течение длительного времени, которое ведет к относительно равномерному уровню температуры источника тепла в течение всего года, и это обеспечивает эксплуатацию теплового насоса с высо-

ким коефіцієнтом преобразования. Ветроэлектрогенератор на рис. 1 не показан. Ветроэлектрогенератор вырабатывает электроэнергию для работы электрооборудования коттеджа, а излишки электроэнергии направляются в государственную электросеть. Работа теплоэнергетической установки управляется и контролируется в автоматическом режиме с автоматизированного рабочего места.

Таким образом, тепловая энергия теплоэнергетической системы снабжения  $Q_T$  состоит из тепловой энергии двухконтурной гелиоустановки  $Q_1$  и тепловой энергии теплового насоса  $Q_2$ , и рассчитывается по уравнению

$$Q_T = Q_1 + Q_2. \quad (1)$$

Значения количества использованной теплоты для предыдущего подогрева воды определяется по формуле

$$Q_1 = G_B \cdot \rho_B \cdot c_B \cdot (t_B'' - t_B'), \quad (2)$$

где  $G_B$  – массовый расход подогреваемой воды, м<sup>3</sup>/с;  $\rho_B$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $c_B$  – теплоемкость воды, кДж/(м<sup>3</sup>·К);  $t_B'$ ,  $t_B''$  – температура холодной и подогретой воды, соответственно, °С.

Значения количества теплоты в тепловом насосе определяется по формуле

$$Q_2 = \xi \cdot N_{\dot{Y}\dot{E}}, \quad (3)$$

где  $\xi$  – коэффициент преобразования теплового насоса;  $N_{\dot{Y}\dot{E}}$  – энергия, потраченная для реализации цикла теплового насоса.

Экономия топлива  $\Delta B$  в котлоагрегате за счет использования такой системы можно рассчитать с помощью уравнений теплового баланса (1-3).

Годовая экономия условного топлива составит, т.у.т./год

$$\Delta B_{\dot{a}\dot{a}} = \frac{Q_{\dot{a}\dot{a}}}{Q_H^P \cdot \eta_{\dot{E}}}, \quad (4)$$

где  $Q_H^P = 29,33$  МДж/кг – теплотворная способность условного топлива;  $Q_{\dot{a}\dot{a}}$  – годовое количество утилизируемой теплоты, МДж/год;  $\eta_{\dot{E}}$  – коэффициент полезного действия котла.

Экономия органического топлива определяется, т/год (тыс. м<sup>3</sup>/год)

$$\Delta B = \Delta B_{\dot{a}\dot{a}} \cdot \frac{29,33}{1000 \cdot Q_H^P}. \quad (5)$$

Годовая экономия за счет сокращения расхода первичного топлива для подогрева воды составит для котлоагрегата, грн/год

$$\dot{A}_T = \Delta B \cdot \dot{O}_T, \quad (6)$$

где  $\dot{O}_T$  – стоимость первичного топлива, грн/т (грн/1000 м<sup>3</sup>).

Срок окупаемости теплоэнергетической системы горячего водоснабжения и отопления составит, год

$$T = S_C / (\dot{Q}_0 \cdot C_T), \quad (7)$$

где  $S_C$  – удельная стоимость теплоэнергетической системы горячего водоснабжения и отопления, грн/м<sup>2</sup>;  $\dot{Q}_0$  – годовое количество теплоты, выработанное теплоэнергетической системой, Гкал/м<sup>2</sup>;  $C_T$  – стоимость теплоты от традиционного энергоисточника, грн/Гкал.

Были проведены расчеты эффективности использования предложенной теплоэнергетической системы водоснабжения для котельной с водогреющими котлами типа КВГ тепловой мощностью 40 Гкал/год. При количестве утилизируемой теплоты 0,432 Гкал /сутки и времени работы 5760 час/год, годовая экономия топлива составляет 7200 м<sup>3</sup> у.т./год. Срок окупаемости достигает 1,5 года.

Поскольку предложенная система была смонтирована на частном подворье в Харьковской области при реконструкции коттеджа и проработала полных четыре года, то экономия топлива составила сто тысяч гривен за год.

**Выводы.** Таким образом, применение теплоэнергетической системы снабжения: электроэнергией, горячей водой и отоплением, в которой совместно с ветроэлектростанцией, обеспечивающей электроэнергией все электрооборудование, двухконтурной солнечной установкой, обеспечивающей горячее водоснабжение, геотермального грунтового теплового насоса, обеспечивающего отопление и кондиционирование, аккумуляторов электроэнергии и теплоты позволяет: уменьшить себестоимость тепловой энергии за счет снижения материалоемкости оборудования, которое используется; экономить органическое топливо; производить электроэнергию и излишек ее отдавать в электроаккумуляторы либо в государственную электросеть; уменьшить тепловую нагрузку и загрязнение окружающей среды.

#### Литература

1. Концепция государственной энергетической политики Украины на период до 2020 г. // Информационное приложение. 2001. № 10. 8 с.
2. Овчаренко В.А. Використання теплових насосів //Холод М+Т, 2006, №2 С. 34–36.
3. Конструкционные особенности увеличения эффективности работы гелиоустановок / Селихов Ю.А. и др. // Экологические технологии и ресурсосбережение. Киев: Типография НАН Украины, № 3, 2004. С. 70-75.
4. Двоконтурна геліоводонагрівна установка, Патент України, № 64198 А / Селіхов Ю.А., Бухкало С.І., Селіхова Н.В., Селіхова Л.Ю. Бюл. № 2, 2004.
5. Рей Д., Макмайкл Д. Тепловые насосы: пер. с англ. М.: Энергоиздат, 1982. 224 с.

#### References

1. Contseptsiya gosudarstvennoy energetichkoj politiki Ukrainy na period do 2020 g. (2001). Informatsionnoe prilozhenie. - № 10. 8 s.
2. Ovcharenko V. A., Ovcharenko A. V. (2006). Vykoristanny teplovikh nasosiv, Kholod M+T. №2, 34-36.
3. Selikhov Yu. A., Ved V.E., Bukhhalo S. I., Kostin V. M. (2004). Construktsonnie osobennosti uvelicheniy efektivnosti raboti gelioustanovok. Ekotekhnologii i resursosberezhenie. Kiev: Tipografia NAN Ukrainy. №3. 70-75.
4. Selikhov Yu. A., Bukhhalo S. I., Selikhova N. V., Selikhova L. Yu. Dvokonturna geliovodonagrivna ustanovka, Patent Ukrainy. № 64198 A, Byul. № 2, 2004.
5. Rey D., Makmayl D. (1982). Teplovye nasosy: Per. s angl. M.:Energizdat., 224 s.

УДК 699.86

## ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Керш В. Я., к.т.н., проф., Колесников А. В., к.т.н, ст.преп., Гедулян С. И., к.т.н, ассистент,  
Твердохлеб С. А., аспирант

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

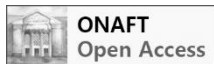
## THE PRINCIPLES OF ENERGY EFFICIENT MATERIALS STRUCTURE OPTIMUMIZATION

V. Kersh, cand. of techn. sciences, professor, A. Kolesnikov, cand. of techn. sciences, senior lecturer,  
Gedulyan S.I., cand. of techn. sciences, assistant professor, S. Tverdochleb, graduate student  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Copyright © 2017 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**Аннотация.** В статье рассматриваются методические приемы синтеза энергоэффективных строительных композиционных материалов на основе методов теории перколяции и структурной оптимизации. Основная проблема, возникающая при проектировании материала, заключается в обеспечении требуемых теплоизоляционных свойств и прочностных характеристик. Для ее решения используется теория протекания, позволяющая определить долю теплоизоляционного заполнителя, при которой прерываются основные пути распространения тепла, и идеи структурной оптимизации, позволяющей увеличить прочность материала за счет введения структурообразующих минеральных и органических добавок. Введение активных добавок способствует частичному разрыхлению структуры и раздвижке частиц, улучшают условия гидратации вяжущего. Методические приемы, разработанные при реализации этих направлений, применимы для других задач строительного материаловедения.

**Abstract.** Methodical foundations related to the design of the energy-efficient building composite materials are considered. The main problem is to provide a heat-insulating properties and strength characteristics of appropriate