

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-268-4-35-39>

УДК 681.5.015

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЛІ**Асманкіна А.А., Лорія М.Г., Целіщев О.Б.****BUILDING COMPLEX ENERGYINDEPENDENCE MANAGEMENT SYSTEM****Asmankina A.A., Loria M.G., Tselishchev O.B.**

Оптимізація використання вичерпних джерел енергії та перехід до відновлювальних набирає обертів в усьому світі. Особливо перспективними наразі стають схеми спільного використання ґрунтових теплових насосів разом із сонячними тепловими панелями (геліоколекторами) та вітрогенераторами. Це дозволяє підвищити частку використання відновлюваної енергії з навколишнього природного середовища в загальному енергоспоживанні. З сучасними досягненнями технології почала відбуватися відкритість ресурсів, котрі раніше були поза досягненням у використанні будь-ким, крім мілітаризованої сфери. З приходом відкритості існування нових технологій прийшла ера мікромініатюризації та спрощення виробництва елементів, з яких вони побудовані. Для людства постала нова задача – навчитися використовувати відновлювані джерела енергії у повсякденному житті. З'явилась потреба у знаходженні самого підходу використання цих джерел, на ряду з тими, що ми звикли використовувати. В результаті проведеного аналізу була підтверджена доцільність використання як відновлювальних джерел енергії, так і централізованих та не відновлювальних. Але постало нове питання – як забезпечити систему більш доступним обладнанням та уніфікованими деталями. У статті розглянута доцільність створення комплексу енергозабезпечення будівлі, здатного працювати дистанційно і незалежно від прямих енергоресурсів, що призведе до значного підвищення рівня захищеності від нестабільності температурних перепадів і перепадів в електричній мережі. Також метою є оптимізація системи енергозабезпечення будівлі. Були розглянуті методи регресійно-кореляційної побудови математичної моделі за результатом експерименту, досліджені побудовані криві емпіричних та експериментально отриманих показників енергозберігаючої комплексної системи будівлі, приведений тепловий баланс та логічно-структурна схема оптимізації.

Ключові слова: комплекс, енергоефективність, відновлювальні джерела енергії, децентралізований, сонячні панелі, вітрогенератор, котел, тепловий насос, тепло, регресія, експеримент.

Вступ. Одним з головних завдань сучасності — максимально зберегти природні ресурси для нащадків.

Згідно зі статистикою, з усіх видів енергії, яку ми споживаємо в побуті, 70% затрачається на обігрів приміщень, 15% енергії — на приготування їжі, 10% енергії споживає побутова техніка і ще 5% спрямовується на освітлення. Звичайно, цифри усереднені й багато в чому залежать від площі будинку або квартири, системи опалення, кухонної плити тощо, проте вони дають розуміння того, що використання кожного енергоефективної техніки та систем приладів дозволяє досягати суттєвих результатів із підвищенням ККД використовуваної енергії. А отже – жити, зберігаючи навколишнє середовище. [1]

Пропонується створення системи, яка дозволить підвищити оптимізацію подання енергії в будівлю. Поєднання декількох джерел енергії та забезпечення їх керуванням перемиканням дасть збільшений ККД і оптимальне використання окремих видів енергії, які потребують збереження.

Огляд літератури. У роботі [2] пропонується використати автономну систему електрозабезпечення з використанням дизель-генераторної системи. Дизель-генераторна установка (ДГУ) – це електромеханічний пристрій, що складається з дизельного двигуна, електрогенератора і схеми управління.

Але є ряд недоліків у використанні ДГУ:

Габарити. Дизельні генератори – це достатньо велика по вазі і розмірам техніка, яка вимагає залучення спецтехніки для транспортування або переміщення.

Установки великої потужності вимагають пристрої окремої системи вентиляції і рами, що несе, для їх безпечної роботи в приміщенні.

Використання дизель-генератором можливо лише під навантаженням від 40 % потужності.

Під час роботи установки в режимі холостого ходу відбувається інтенсивний знос внутрішніх вузлів і деталей.

Вимогливість до якості палива.

Порівняно висока вартість генератора. [3]

У роботі [4] розроблено методику поєднання різних джерел відновлювальної енергії малої потуж-

ності. Розробив методику вибору джерел для локальних систем електрозабезпечення. Досліджені особливості електропостачання споживачів малої потужності, віддалених від мереж централізованого електропостачання, на прикладі селищних освітніх установ (СОУ). Наявність СОУ є обов'язковою умовою освоєння і стійкого розвитку віддалених територій. Проаналізовані схеми передачі і розподілу електроенергії від енергосистеми до кінцевих електроприймачів СОУ. Встановлені великої протяжність ліній 10(6) кВ (до 50 км.) і низькі коефіцієнти завантаження трансформаторів 10(6) /0,4 кВ (від 0,3 і нижче), що визначає високий рівень втрат електроенергії в цих елементах (за статистикою відповідно 34 і 26%). Висновком своєї роботи автор вважає, що ефективним вирішенням проблем низької якості електропостачання енерговіддалених (автономних) споживачів є вживання відновлювальних джерел живлення.

Розглянуті роботи дали поштовх розробити оптимальну систему, котра буде мати більшу захищеність від зовнішніх факторів (відключення, здороження, тощо), більше зрозумілою для користувача, завдяки даним, що отримуються з контролюючих датчиків, ефективнішою, завдяки системі джерел енергії. [5]

Мета та задача. Метою роботи є створення комплексу енергозабезпечення будівлі, здатної працювати дистанційно і незалежно від прямих енергоресурсів, що призведе до значного підвищення рівня захищеності від нестабільності температурних перепадів і перепадів в електричній мережі. Також метою є оптимізація системи енергозабезпечення будівлі.

Головною задачею є створення комбінованої системи та розробка математичної моделі її роботи.

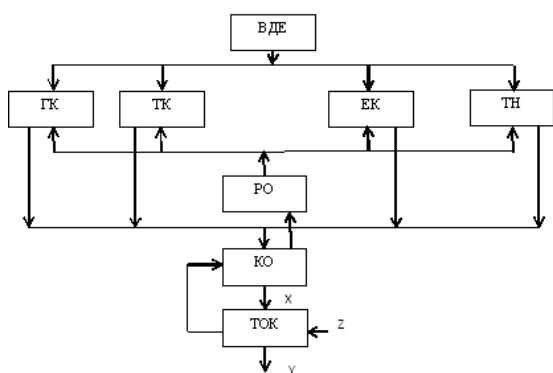


Рис.1. Блок-схема комплексу енергозбереження будівлі з використанням відновлюваних джерел енергії ВДЕ

На рис.1 зображена блок-схема комплексу енергозбереження будівлі, де енергія від відновлюваних джерел енергії поступає на всі джерела теплової енергії (газовий котел ГК, твердопаливний котел ТК, електрокотел ЕК, тепловий насос ТН), які передають сигнал об'єкту керування ОК про свою доцільність у використанні, в залежності від зовнішніх параметрів

будівлі. [6] В свою чергу технологічний об'єкт керування ТОК (будівля) задає необхідні параметри об'єкту керування, який передає регулюючому органу сигнал про вибір оптимального джерела теплової енергії.

Основний матеріал. Для створення ефективної системи необхідно розробити математичну модель, в даному випадку, побудувати та проаналізувати експериментальну статистичну модель будівлі з використанням комбінованої системи енергозбереження. Комбінована система енергозбереження відноситься до маловивчених та складних, але є можливість її експериментального дослідження, то статичні та динамічні характеристики отримують експериментальним шляхом, який відноситься до найвірогідніших. [7, 8] Вибір метода експериментального дослідження діючого об'єкта визначається: характером поставленої задачі, умовами проведеного дослідження, допустимими за технологічними вимогами, відхиленнями досліджуваної величини, характером експлуатаційних збурень та ін. За цього отримати необхідний матеріал можна шляхом пасивного та активного експерименту.

Перед постановкою експерименту щодо визначення характеристик комплексної системи енергозбереження виконується відповідна підготовка та планування експерименту. [9] Були визначені допустимі межі відхилень цих параметрів, а також рівень природних шумів. На основі попереднього вивчення системи розроблена структурно-логічна схема зі всіма логічно-обґрунтованими внутрішніми прямими та перехресними зв'язками.

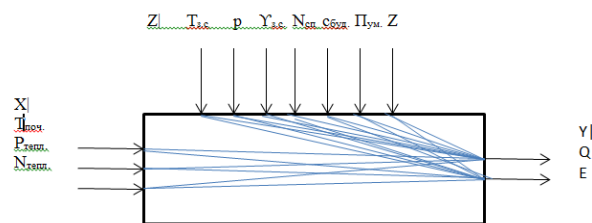


Рис. 2. Структурно логічна схема енергоефективної системи, де X – вхідні параметри, Y – вихідні, Z – збурюючі

В нашому випадку вхідними параметрами є - початкова температура ($T_{поч}$), кількість теплоти ($N_{тепл}$), що надходить до приміщення, від джерел енергії (газове, електричне опалення, тепловий насос чи твердопаливний котел) та кількість джерел енергії ($N_{тепл}$). Вихідними параметрами будуть кількість отриманої теплоти (Q) та надлишкова енергія E. При цьому є ряд збурюючих параметрів, які впливають на процес: тиск (p), температура ($T_{з.с.}$), вологість зовнішнього середовища ($Y_{з.с.}$), кількість споживачів тепла ($N_{сп}$), теплоізоляція будівлі ($c_{буд}$), погодні умови ($P_{ум}$), форс мажорні ситуації (вєрне відключення, тимчасове припинення постачання джерел енергії) (Z). [10]

Загальне рівняння теплового балансу має вигляд:

$$dq_1 + dq_2 + dq_3 + dq_4 = dq_V + dq, \quad (1)$$

де dq_1 – кількість тепла, яке поступає з потоком газового котла;

dq_2 – кількість тепла, яке поступає з потоком твердопаливного котла;

dq_3 – кількість тепла, яке поступає з потоком електричного котла;

dq_4 – кількість тепла, яке поступає з потоком теплового насоса;

dq_V – кількість тепла, яке отримали для опалення будівлі;

dq – надлишкова кількість тепла.

Баланс кількості тепла, котра уводиться в ТОК з матеріальними потоками, та кількість тепла, котра створюється в ньому за рахунок відповідних фізико-хімічних перетворень, дорівнює кількості тепла, яке виводиться з цього об'єкта матеріальними потоками та через поверхню комбінованої системи.

Запишемо рівняння теплового балансу в технологічних змінних.

Для тримірнього температурного поля диференціальне рівняння теплопровідності за аналогією можна записати у вигляді

$$\tau_P \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} + \frac{\partial T}{\partial t} = a \nabla^2 T. \quad (2)$$

Рівняння отримане для випадку, коли джерело тепла має безмежну теплову потужність зі ступінчастою входною функцією, тобто $T_{вх} = T_0 = const$. Для того, щоби привести рівняння до гіперболічної форми приймається, що добуток $c_P \rho$ дуже малий, яким можна знехтувати. Тому приводиться до такого хвильового гіперболічного рівняння:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial t^2} = w^2 \nabla^2 T. \quad (3)$$

Якщо фізичні чи фізико-хімічні процеси неперервні, то у загальному вигляді залежність

$u_i = f(x_j, z_k)$ може бути описана неперервною i у всіх точках диференційованою функцією.

В зв'язку з тим, що у реальному процесі завжди існують некеровані та неконтрольовані змінні, результат експерименту є випадковою величиною. Тому в разі обробки експериментальних даних отримуються так звані вибіркові коефіцієнти регресії $b_0, b_i, b_j, b_{u,i}, b_{\vartheta,j}, b_{ii}, b_{jj}$, які відповідно є оцінками теоретичних коефіцієнтів $\beta_0, \beta_i, \beta_j, \beta_{u,i}, \beta_{\vartheta,j}, \beta_{ii}, \beta_{jj}$. Рівняння регресії, отримане на основі експерименту, запишемо так:

$$\begin{aligned} \bar{y} = & b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{j=1}^m b_j z_j + \\ & \sum_{\substack{u,i=1 \\ u \neq i}}^n b_{u,i} x_u x_i + \sum_{\substack{\vartheta,j=1 \\ \vartheta \neq j}}^m b_{\vartheta,j} z_\vartheta z_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 + \\ & \sum_{j=1}^m b_{jj} z_j^2 + \dots \end{aligned} \quad (4)$$

де β_0 – вільний член рівняння регресії; β_i, β_j – лінійні складові рівняння; $\beta_{u,i}, \beta_{\vartheta,j}$ – коефіцієнти взаємозв'язків; β_{ii}, β_{jj} – квадратичні складові.

Коефіцієнти рівняння визначаються методом найменших квадратів із умови

$$\Phi = \sum_{k=1}^N (y_k - \bar{y}_k)^2 = \min, \quad (5)$$

де N – об'єм вибірки.

Під час виконання експерименту отримують серію даних, які записують у відповідні таблиці, а потім переносять на площину x у або z у і дістають так зване кореляційне поле. [11-15]

Таблиця

Значення показників отриманих в результаті дослідження експериментальної установки

№ зп	t, хв	P	tзк	trε	tз кап
1	0	5	19,5	17,25	-11,13
2	0,01	6	36,88	17,63	-38
3	0,05	6,2	46,5	18,88	-25,75
...
N	0,4	9,2	79,88	31,5	-20,38

Найважливішим показником є температура у гарячій ємності.

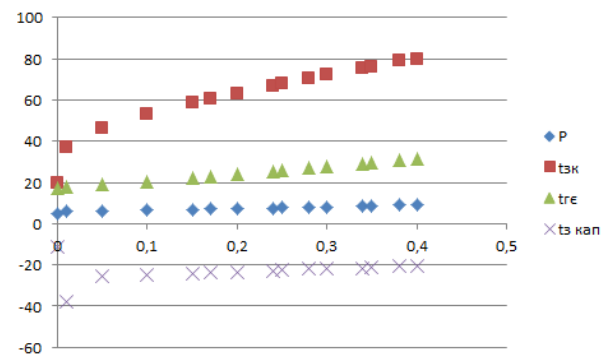


Рис. 3. Кореляційне поле дослідів

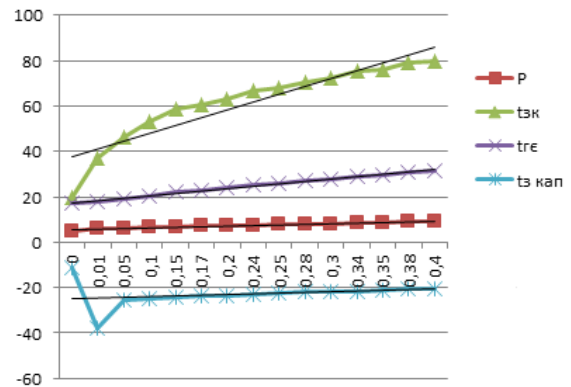


Рис. 4. Емпіричні та теоретичні лінії регресії знятих показників

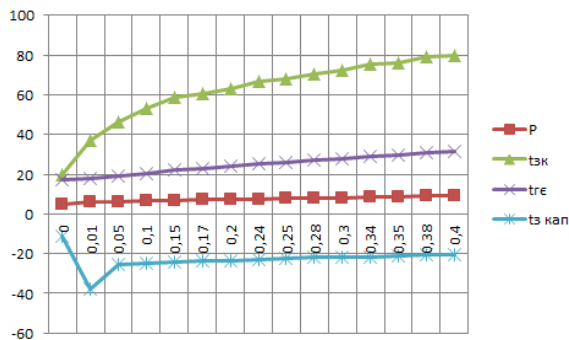


Рис. 5. Емпіричні та теоретичні лінії регресії поділені на ділянки $|\Delta x|$

Після обробки зібраних показників була побудована експериментальна лінія регресії та знайдені середні значення показників, які були потрібні для знаходження коефіцієнта кореляції. Знайдений коефіцієнт належить до проміжку $[0;1]$ та є ознакою сильної кореляції.

Висновки. Розроблена та досліджена модель комплексу енергозбереження будівлі, здатної працювати дистанційно і незалежно від прямих енергоресурсів, що призведе до значного підвищення рівня захищеності від нестабільності температурних перепадів і перепадів в електричній мережі. Пропрацьовано методи керування всієї системи комплексу та визначено оптимальні критерії.

Була розроблена комбінована система та розроблена математична модель її роботи. Побудовані теоретичні та емпіричні криві, що дозволило зробити математичний аналіз коефіцієнта кореляції.

Література

1. Перспективи відмови від традиційних джерел енергії на користь альтернативним [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://saee.gov.ua/>.
2. Обухов С. Г. Повышение эффективности комбинированных автономных систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : спец. 05.14.02 / С. Г. Обухов ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра электроснабжения промышленных предприятий (ЭПП) ; науч. конс. Б. В. Лукутин. — Томск, 2013. — 41 с. : ил.
3. Сравнительный анализ схем автономных электростанций, использующих установки возобновляемой энергетики. // Промышленная энергетика. – 2012. – №7. – С. 46–51.
4. Підвищення ефективності локальних систем електрозабезпечення з поновлюваними джерелами енергії : дис. канд. техн. наук : 05.09.03 / . – Нижній Новгород, 2013. – 165 с.
5. Метеоцентр [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <http://meteocenter.net/>.
6. Бевз С. М. Энергоэффективность та відновлювані джерела енергії / С. М. Бевз. – Київ: Нац. акад. наук України, 2007. – 560 с. – (Українські енциклопедичні знання). – (Підприємство "Укренергозбереження").

7. Минфин [Электронный ресурс] / . – Режим доступа: <http://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/dt/2017-12>
8. Самойлов Д.В. Расчет величины поступления теплоты от солнечной радиации на поверхность Земли. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. –20с.
9. Целищев О.Б. Математичне моделювання технологічних об'єктів: підруч./ О.Б. Целищев, П.І.Слісєєв, М.Г. Лорія, І.І. Захаров – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту, 2011. – 421с.
10. Стенцель Й.І. Автоматика та автоматизація хіміко-технологічних процесів. Навч. посібник – Луганськ: вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім В.Даля, 2004. – 376 с.
11. Стенцель Й.І. Математичне моделювання технологічних об'єктів керування. Навч.посібник - К.: УМК ВО, 1993. – 325 с.
12. Технические средства автоматизации химических производств /В.С. Балакирев, Л.А. Барский и др. – М.: Химия, 1991. –272 с.
13. Стенцель Й.І., Целищев О.Б., Лорія М.Г. Вимірювання в хімічній технології. Підручник /Під ред. проф. Стенцеля Й. І. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2007. – 480 с.
14. Стенцель Й. І. Комп'ютерні системи автоматизації виробництва синтетичного аміаку [Текст] /Й. І. Стенцель, О. В. Поркуян, Т. Г. Сотнікова, К. А. Літвінов. Підручник. – Северодонецьк: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2020. – 353 с.
15. Schobert H. H. Energy and Society, an Introduction / H. H. Schobert. – Taylor and Francis. – New York. – 2002.

References

1. Perspektyvy vidmovy vid tradytsiinykh dzherel enerhii na koryst alternatyvnym [Elektronnyi resurs]. – 2021. – Rezhym dostupu do resursu: <https://saee.gov.ua/>.
2. Obukhov S. H. Povysheniye effektivnosti kombinirovannykh avtonomnykh system elektrosnabzheniya s vozobnovlyаемым ystochnykamy enerhyy : avtoreferat dySSERTatsyy na soyskanye uchenoi stepeny doktora tekhnicheskyykh nauk : spets. 05.14.02 / S. H. Obukhov ; Natsyonalnyi yssledovatel'skiy Tomskiy polytekhnicheskyy unyversytet (TPU), Enerheticheskyy ynstitut (ЭНУН), Kafedra elektrosnabzheniya promyshlennyykh predpriyatiy (ЭПП) ; nach. kons. B. V. Lukutyn. — Tomsk, 2013. — 41 s. : yl.
3. Sravnytel'nyi analiz skhem avtonomnykh elektrostantsiy, yspolzuyushchykh ustanovky vozobnovlyаемой enerhetiky. // Promyshlennaia enerhetyka. – 2012. – №7. – S. 46–51.
4. Pidvyshchennia efektyvnosti lokalnykh system elektrozabezpechennia z ponovliuvanymy dzherelamy enerhii : dys. kand. tekhn. nauk : 05.09.03 / . – Nyzhniy Novhorod, 2013. – 165 s.
5. Meteotsentr [Elektronnyi resurs]. – 2021. – Rezhym dostupu do resursu: <http://meteocenter.net/>.
6. Bevz S. M. Enerhoefektyvnist ta vidnovliuvani dzherela enerhii / S. M. Bevz. – Kyiv: Nats. akad. nauk Ukrainy, 2007. – 560 s. – (Ukrainski entsyklopedychni znannia). – (Pidpriyemstvo "Ukrenerhozberezhennia").
7. Minfin [Электронный ресурс] / . – Rezhym dostupa: <http://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/dt/2017-12>
8. Samoilov D.V. Raschet velychyny postupleniya teploty ot solnechnoi radyatsyy na poverkhnost Zemly. – M.: Yzdatel'stvo MHTU ym. N.Э. Baumana, 2006. –20s.
9. Tselishchiev O.B. Matematychno modeliyuvannia tekhnolohichnykh obiektiv: pidruch./ O.B. Tselishchiev, P.I.Ieliseiev, M.H. Loria, I.I. Zakharov – Luhansk: Vyd-vo Skhidnoukr. nats. un-tu, 2011. – 421s.

10. Stentsel Y.I. Avtomatyka ta avtomatyzatsiia khimiko-tehnolohichnykh protsesiv. Navch. posibnyk – Luhansk: vyd-vo Skhidnoukr. nats. un-tu im V.Dalia, 2004. – 376 s.
11. Stentsel Y.I. Matematyчне modeliuвання tehnolohichnykh ob'ektiv keruvannia. Navch.posibnyk - K.: UMK VO, 1993. – 325 s.
12. Tekhnicheskoye sredstva avtomatyzatsyy khymycheskykh proyzvodstv /V.S. Balakirev, L.A. Barskyi y dr. – M.: Khymyia, 1991. -272 s.
13. Stentsel Y.I., Tselishchev O.B., Loria M.H. Vymiriuvannia v khimichnii tehnolohii. Pidruchnyk /Pid red. prof. Stentselia Y. I. – Luhansk: Vyd-vo SNU im. V.Dalia, 2007. – 480 s.
14. Stentsel Y. I. Kompiuterni systemy avtomatyzatsii vyrobnytstva syntetychnoho amiaku [Tekst] /I. I. Stentsel, O. V. Porkuian, T. H. Sotnikova, K. A. Litvinov. Pidruchnyk. – Sievierodonetsk: Vyd-vo SNU im. V. Dalia, 2020. – 353 s.
15. Schobert H. H. Energy and Society, an Introduction / H. H. Schobert. – Taylor and Francis. – New York. – 2002.

**Asmankina A.A., Loria M.G., Tselishchev O.B.
Building complex energyindependence management system**

Optimization of the use of exhaustive energy sources and passing to renewal collects turns in the whole world. Especially perspective now the charts of the general use of soil thermal pumps become together with sun thermal panels (geli-okolektors) and windgenerators. It allows to promote part of the use of refurbishable energy from a natural environment in a general energy consumption. With modern achievements of technologies the openness of resources which before were out of achievement in the use by somebody began to take place, except for the militarized sphere. At the complex going near providing of building energy, for example, of heat, examine the thermal inertance of building, amount of floors, finding azimuth above all things, calculation power of equipment, and others like that. With arrival of openness of existence of new technologies the era of mikrominaturisation and simplification came productions of elements, which they are built from.

A new task appeared for humanity – to learn to use refurbishable energy sources in everyday life. A requirement appeared in finding of approach of the use of these sources, on a row with those, that we got used to use. As a result of the conducted analysis there was the confirmed expedience of the use both renewal sources energies and centralizes and not renewal. But a new question appeared – how to provide the system more accessible equipment and compatible details.

In the article the considered expedience of creation of complex of energy of building, able to work remotely and regardless of direct energyresource, that will result in the considerable increase of level of protected from instability of temperature overfalls and overfalls in an electric network. Also a purpose is optimization of the system of energy of building. There were the considered methods of regresion-korellation construction of mathematical model after the result of experiment, the investigational are built curves of empiric and the experimentally got indexes energykeeping complex system of building, the thermal balance is resulted and logically structural chart of optimization.

Keywords: *a complex, energyindependence, renewal energy sources, decentralizes, sun panels, windgenerator, cal-dron, heat-pump, warm, regression, experiment.*

Асманкіна Анастасія Анатоліївна – аспірант кафедри електронних апаратів, ст. лаборант кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, asmankina@ukr.net

Лорія Марина Геннадіївна – д.т.н., проф. кафедри електронних апаратів та кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління, Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля

Целіщев Олексій Борисович – д.т.н., проф., проректор з наукової роботи Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля

Стаття подана 17.05.2021.