

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені М.П.Драгоманова
ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра загальнотехнічних дисциплін та охорони праці**

**МАТЕРІАЛИ V ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ:
НАУКА, ТЕХНОЛОГІЇ, ЗАСТОСУВАННЯ»**

ЧАСТИНА I

Київ, 25 листопада 2020 р.

КИЇВ – 2020

УДК 620.91: 621.31 (063)

Е90

Енергоефективність: наука, технології, застосування: Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції. Частина I. Київ, 25 листопада 2020 р. – Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2020. – 56 с.

*Друкується згідно з ухвалою Вченої ради
Інженерно-педагогічного факультету
НПУ імені М.П. Драгоманова,
протокол № 4 від 25 листопада 2020 р.*

Збірник містить матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Енергоефективність: наука, технології, застосування». В рамках конференції розглянуто сучасний стан та перспективи використання енергоефективних технологій, раціонального використання енергії, технології отримання енергії з відновлювальних джерел та екологічні аспекти реалізації новітніх технологій.

Редакційна колегія:

- Ю.В. Немченко** – кандидат педагогічних наук, доцент (голова, науковий редактор)
- Д.Е. Кільдеров** – кандидат педагогічних наук, професор, декан Інженерно-педагогічного факультету
- В.В. Шевченко** – кандидат педагогічних наук, професор, завідувач кафедрою загальнотехнічних дисциплін та охорони праці
- Е.В. Компанець** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
- Н.М. Немченко** – викладач інформатики та інформаційних технологій Боярського академічного лицю «Гармонія» (технічний секретар)

Організаційний комітет висловлює подяку інформаційним партнерам конференції, які поширили інформацію про роботу конференції на сторінках своїх інформаційних ресурсів.



Сахара



eco town



Scientific Social Community
Социальная научная сеть



ECOBUSINESS

APPLICATION OF THE LOGIC OUTPUT METHOD FOR REGULATION OF THE PUMP UNIT PARAMETERS

Huseynzade Sh.S.

*Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof. Department
of Informatics*

*Sumgayit State University, Sumgayit,
Azerbaijan*

Аннотация. Ставится задача регулирования параметров насосного агрегата при функционировании по изменяющему суточному водопотреблению с применением метода логического вывода. Предлагается с применением элементов нечеткой логики вывести насосного агрегата в наиболее оптимальные рабочие режимы. Рассматриваются основные принципы управления, но не детальная конструкция насосов. Формированы диапазоны значений управляющих параметров, определены терм множества лингвистических переменных «расход воды» и «скорость насоса». Выполнена фаззификация лингвистических переменных с применением приложения Fuzzy Toolbox пакета MATLAB. Для лингвистических переменных «water consumption» и «pump speed» построены соответственно три функции принадлежности кусочно-линейного треугольного и три функции принадлежности кусочно-линейного трапециевидного. Построена база правил для осуществления логического решения. С применением метода логического вывода – алгоритма Мамдани получены результаты.

Keywords: *Water pump control, fuzzy values, linguistic variables, membership function, Mamdani algorithm.*

Introduction. Water consumption modes, as a rule, are variable and have pronounced fluctuations during the day, weeks, seasons. They are influenced by weather, social and other factors. This requires regulation of the capacity of the pumping equipment installed at the station, including the speed of the pump motor. The most important issue in the development of an intelligent pumping system is the choice of a control system for this engine. A modern pumping system must have fast response and precise speed control. The basis for the mathematical description of the balance of the mass of fluid flows and the momentum of the pump are the differential equations of Navier Stokes [1]. The Navier Stokes equations describe the processes at each point in the flow using partial differential equations. The calculation of each separate spatial point of the flow is impracticable due to the incredible laboriousness [2]. There are different approaches to solving this problem. Many mathematicians have tried to formalize the idea that the existing analytical technique is insufficient for solving this problem. Terence Tao proves the impossibility of solving the Navier-Stokes problem with the currently existing means [3].

Various approaches have been developed to the construction of models for controlling pumping units: In [4], a method for optimizing the operation of the engine speed regulator based on fuzzy logic together with a bottomhole pressure sensor is proposed. Fuzzy water pump control simulation is evident in simulation studies using MATLAB / Simulink in various atmospheric conditions [5]. Both TRNSYS and Simulink provide detailed design, not suitable for modulating existing pumping units based on varying water demand [6].

From a brief review of the literature, it can be seen that when controlling pumping units, fuzzy logic is considered as an effective way to reduce energy consumption in water distribution processes. Each of the approaches has its own advantages, disadvantages and there are unsolved problems in the control of pumping units, especially in the mathematical description of fluid flows and fuzzy relationship between the performance parameters of pumps.

Formulation of the problem. The task is to develop a model for fuzzy control of pumping unit pump speed control when operating according to changing daily water consumption, which consists of the following stages:

- Formation and fuzzification of the controlling influencing linguistic variables «water flow» and «pump speed» using the Fuzzy Toolbox application of the MATLAB package;
- Formation of control rules based on various situations during the operation of the pump unit to determine the correspondence between the values of the linguistic variables «water flow» and «pump speed»;
- Regulation of the «pump speed» output parameter according to the changing values of the «water flow» input parameter by the Mamdani algorithm of the logical inference method based on control rules.

Formation and fuzzification of variables. That we can accept based on experience, the interval (20,110) covers the weight range of changes in water flow per 10000 conventional inhabitants. interval (0.960) can be selected by the conditional range of pump speed change. To introduce fuzziness into the control model, fuzzification of variables is performed in the MATLAB system [7]. During the functioning of the system, the current information is converted into linguistic values using the fuzzification procedure. The linguistic variable «water consumption» has a term set $T = \{\text{«small»}, \text{«medium»}, \text{«large»}\}$, defined in the universe $A = [20,110]$ (conventional unit). Three membership functions of piecewise-linear triangular type in the universe A , which are named as «cs», «cm», «cl» according to the names of the terms, are plotted in a graphical form (Fig. 1).

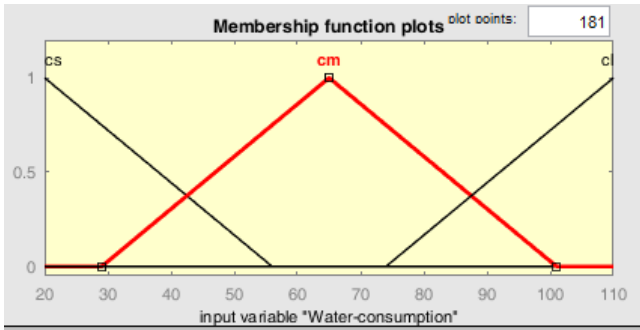


Fig. 1. Membership functions of the linguistic variable «water consumption»

The linguistic variable "pump speed" has a term set $T = \{\text{«low»}, \text{«medium»}, \text{«high»}\}$, defined in the universe $B = [0,960]$ (conventional unit). Three membership functions of piecewise linear trapezoidal type in the universe B , which are named as «sl», «sm», «sh», are constructed in a graphical form according to the names of the terms (Fig. 2).

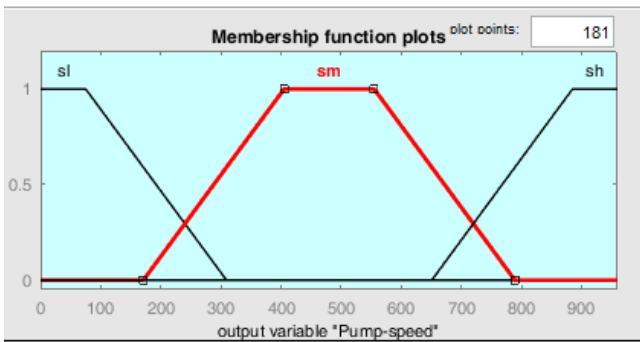


Fig.2. Membership functions of the linguistic variable «pump speed»

Using the IF-THEN rule base, a logical solution is formed. The correspondence between the values of the linguistic variables «water flow» and «pump speed» is determined by the logical inference method – by the Mamdani algorithm based on the control rules:

- If («water consumption» is cs) then («pump speed» is sl);
- If («water consumption» is cm) then («pump speed» is sm);
- If («water consumption» is cl) then («pump speed» is sh).

The system of production rules in the Fuzzy Toolbox application of the MATLAB package. By entering the above rules from the «Rule editor» window, the results of inference are obtained, which can be visualized using the «View» menu (Fig.3).

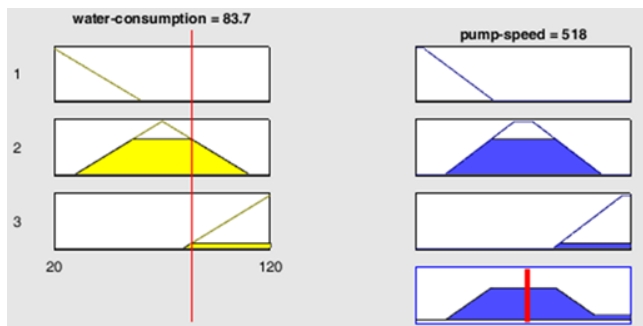


Fig.3. Visualization of inference results.

Conducting computer experiments for different values, some of them are described in the table (Table 1). By using MATLAB synchronization with the control system, you can transfer the obtained results to the control system.

Tabl. 1. Results of inference execution

"water consumption"	"pump speed"	"water consumption"	"pump speed"
35,5	250	77.2	450
38.2	274	83.7	518
48.4	369	93.1	673
56.7	429	101.0	839

Conclusion. Effective control using fuzzy pump control can reduce energy consumption compared to traditional control methods. The results obtained, along with practical qualities, also have theoretical significance. Potential areas of application of the developed approach can be found in the creation of an intelligent automated control system for thermal, water distribution, oil production.

References

1. Frank M. W. Fluid Mechanics / M. W. Frank – New York: McGraw Hill, 2011. 885 p.
2. Ковеня В.М. об одном алгоритме решения уравнений Навье – Стокса вязкой несжимаемой жидкости // Вычислительные технологии. 2006. Т.11, №2, с. 39–51.
3. Terence T. Finite time blowup for an averaged three-dimensional Navier-Stokes equation // J. Amer. Math. Soc. 2016. 29, p. 601–674.
4. Ceballos, J.B., Vivas O.A. Mathematical model of controllers for progressive cavity pumps // Uis Ingenierias. 2019. V. 18, № 2, p. 17–29.
5. Murshid S., Singh B. Implementation of PMSM Drive for a Solar Water Pumping System // IEEE Transactions on Industry Applications. 2019. V. 55, № 5, p. 4956–4964.
6. TRNSYS 18. – Access mode: <https://sel.me.wisc.edu/trnsys/features/features.html>.
7. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕТВОРЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ В ТЕПЛО НА ПІДСТАВІ ТЕОРЕМИ ВІРІАЛУ

Братюк П.В.

*студент кафедри теоретичної
радіотехніки та радіовимірювань
Інституту телекомунікацій, радіо-
електроніки та електронної техніки
Національного університету
«Львівська політехніка»*

В основі теорії та практики імпульсного перетворення параметрів електричної енергії лежить окреме застосування індуктивних і ємнісних накопичувачів енергії, що обмежує коло системних рішень щодо підвищення його ефективності. На підставі положень теореми віріалу й дослідження динаміки процесів накопичення і витрачання енергії конденсатором і котушкою індуктивності виявлена причина неоднакового рівня ефективності цих процесів, й показана досяжність їх однакового рівня. Вперше, як засіб поєднання дуально-протилежних властивостей індуктивних та ємнісних накопичувачів з метою підвищення ефективності імпульсного перетворення енергії електричного струму в тепло у нагрівачах з активним опором апробований аперіодичний режим перехідних процесів у коливних колах. Отриманий позитивний результат і запатентовано «Спосіб перетворювання енергії струму в енергію імпульсів».

Ключові слова: *аперіодична ланка, коливне коло, аперіодичний режим, перехідний процес.*

Створення новітніх і вдосконалення існуючих методів і засобів енергозбереження триває, передовсім, в енергоємних галузях промисловості, й лише деякі з них з часом адаптуються для застосування у побуті. Проте, внаслідок зростання споживання енергії населенням для потреб опалення, нагрівання води, вентиляції та кондиціонування повітря, її заощадження в побуті стало не менш вагомим, ніж у промисловості.

Найчастіше для вказаних потреб енергію електричного струму перетворюють в тепло на підставі закону Джоуля у нагрівачах з активним опором. Вони дешеві, прості у виробництві й не чутливі до форми напруги, якою їх живлять від електричної мережі без перетворювання та оптимізації параметрів живлячої енергії. Такий спосіб живлення обмежує заходи з підвищення ефективності перетворювання електричної енергії у тепло лише можливостями вдосконалення конструкції самих нагрівачів з активним опором, які у значній мірі вичерпані.

Натомість, з огляду на високу енергетичну ефективність і низьку вартість, в енергоємних галузях промисловості, зокрема, у зварюванні і високотемпературному індукційному нагріванні металів, а також в сучасних пристроях живлення усіх видів обчислювальної і радіоелектронної техніки широко вживають імпульсне перетворення

параметрів електричної енергії, особливість якого полягає у великій реактивній складовій опорі навантаження, ємнісній, або індуктивній.

Й навпаки, засновані на емпіричному досвіді, окремі спроби застосування імпульсного перетворювання енергії з метою живлення нагрівачів з активним опором, як наприклад [1], не знайшли практичне застосування. Це пояснює брак досліджень, теоретичних засад і належних методик. За вказаних обставин висока енергетична ефективність імпульсного перетворювання параметрів електричної енергії слугує, як достатня підстава для теоретичного опрацювання засад його застосування й дослідної апробації з метою живлення нагрівачів з активним опором.

Усталені теоретичні засади імпульсного перетворення електричної енергії полягають у достатньо тривалому накопиченні вхідної енергії в одному з поширених видів накопичувачів – ємнісному, чи індуктивному, й відносно швидкому перетворенні накопиченої енергії в імпульс вихідної енергії у навантаженні. Практика проектування імпульсних перетворювачів енергії та тенденції її розвитку теж не виходять за рамки окремого застосування індуктивних і ємнісних накопичувачів енергії. Як наслідок, обмежується коло системних рішень у створенні новітніх й вдосконаленні існуючих методів і засобів підвищення ефективності імпульсного перетворення енергії властивостями лише якогось одного, вибраного виду накопичувачів енергії.

У противагу усталеним підходам, на підставі дуальної природи й результатів досліджень динаміки процесів накопичення і витрачання енергії котушкою індуктивності й конденсатором, та їх відповідності теоремі віріалу [2-7], виявлені підстави поєднання властивостей індуктивних та ємнісних накопичувачів енергії з метою підвищення ефективності імпульсного перетворення енергії, порівняно з їх окремим застосуванням. Зокрема, у навантаженнях з активним опором.

Встановлено, що множник « $\frac{1}{2}$ », який поєднує структуру класичної форми запису формул енергії W_C і W_L , яку накопичують конденсатор ємністю C і котушка індуктивністю L , водночас зв'язує ці формули з теоремою віріалу, що підкреслює їх еквівалентне перетворення [5]:

$$W_C = (\frac{1}{2}U^2)C \Rightarrow 2W_C = U^2C, \quad (1)$$

$$W_L = (\frac{1}{2}i^2)L \Rightarrow 2W_L = i^2L. \quad (2)$$

На відміну від формул (1) і (2) структура формули теплоти Джоуля Q , на яку енергія електричного струму I перетворюється під час його протікання через активний опір R , не відповідає теоремі віріалу, оскільки, в ній відсутній множник « $\frac{1}{2}$ »:

$$Q = I^2Rt = (U^2/R)t = UI t. \quad (3)$$

Очевидна причина, по якій структура формул (1), (2) і (3) відрізняється, полягає у тому, що вони стосуються принципово різних фізичних процесів, які відбуваються одночасно під час протікання електричного струму. А саме, формули (1) і (2) надають оцінку накопиченої енергії, яку індуктивність L та ємність C можуть повернути. Натомість, за формулою (3) обчислюється енергія, яку витрачено й безповоротно перетворено у тепло в активному опорі R .

З метою аналізу динаміки процесів накопичення і витрачання енергії індуктивністю L та ємністю C розглядаються перехідні процеси в

аперіодичних RL і RC ланках під час їх вмикання на джерело постійної напруги і наступного короткого замикання після відключення від джерела напруги [2 - 4]. Під час короткого замикання RC, або RL ланки, енергія, накопичена ємністю C, або індуктивністю L, витрачається у перехідному процесі, підтримуючи протікання спадаючого струму через активний опір R, й безповоротно перетворюється у теплову енергію.

Внаслідок дуально-протилежної природи ємності C та індуктивності L структура формул струмів і напруг у перехідних процесах в аперіодичних RC та RL ланках однакова. Ці формули описують однакові нелінійні функції і їх можна одержати одну з одної заміною параметрів u_L на i_C , i_L на u_C , L на C. При певному співвідношенні значень індуктивності L, ємності C, опору R та параметрів джерела постійної напруги, перехідні процеси в аперіодичних RC та RL ланках відображають однакові нелінійні графіки, які можна повністю сумістити [2 - 4].

Динаміка накопичення і витрачання енергії під час перехідних процесів в аперіодичних RL та RC ланках досліджена зіставленням суміщених реальних нелінійних графіків наростання та спадання струму $i_L(t)$ і напруги $u_C(t)$ з відповідними уявними лінійними графіками, які мали б місце у випадку, якщо б перехідні процеси в аперіодичних RL і RC ланках описувала лінійна функція. Аналіз відхилення реальних нелінійних графіків перехідних процесів від уявних лінійних графіків показав, що швидкість наростання і спадання нелінійних графіків перевищує, відповідно, швидкість наростання та спадання уявних лінійних графіків. Водночас, взаємне відхилення нелінійних графіків, а отже й різниця швидкостей їх наростання і спадання, удвоє більші їх відхилення від уявних лінійних графіків, що виступають в якості осей симетрії [2 - 4].

Різниця у швидкості наростання і спадання струму $i_L(t)$ та напруги $u_C(t)$ відображає факт більш високої ефективності накопичування енергії індуктивністю L та ємністю C у порівнянні з ефективністю витрачання накопиченої ними енергії під час її безповоротного перетворювання в активному опорі R. Очевидна причина різних швидкостей наростання та спадання струму $i_L(t)$ і напруги $u_C(t)$ полягає у нелінійній природі перехідних процесів в аперіодичних RL і RC ланках.

Дуальна протилежність властивостей індуктивності L та ємності C дозволяє пропонувати спосіб підвищення ефективності безповоротного перетворювання енергії в активному опорі R до рівня ефективності накопичування енергії котушкою індуктивності і конденсатором. З цією метою необхідно забезпечити динаміку перехідних процесів під час витрачання енергії таку, як має місце під час накопичування енергії. Реалізація способу відобразиться в оберненій симетрії нелінійних графіків струму $i_L(t)$ й напруги $u_C(t)$ під час накопичування та перетворювання енергії відносно уявних лінійних графіків у якості осей симетрії.

Відображення реалізації вказаного способу відповідає висновкам у [8] щодо витрачання енергії батареєю конденсаторів на підставі графіків спадання напруги на ній у наступних режимах навантаження: 1) постійного опору; 2) постійного струму; 3) постійної потужності. В [8] вказано, що режим постійної потужності у навантаженні забезпечує найбільш ефективне витрачання енергії, але він є «найважчим» для батареї конденсаторів. Водночас, форма графіка спадання напруги

батареї конденсаторів в режимі постійної потужності в [8] відповідає формі розглянутого в [3] обернено-симетричного графіка струму $i_L(t)$ і напруги $u_C(t)$. Проте, в [8] не розглянуті фізичні підстави результатів, отриманих шляхом схемотехнічного вдосконалення.

Під час безповоротного перетворення енергії в активному опорі R у перехідному процесі аперіодичної RC ланки, ємність C еквівалентна джерелу напруги, динамічний опір якого значно менший від опору R . Натомість, індуктивність L аперіодичної RL ланки під час безповоротного перетворення енергії в активному опорі R у перехідному процесі, еквівалентна джерелу струму, динамічний опір якого значно більший від опору R . Відтак, одночасне витрачання в одному електричному колі й на одне навантаження з активним опором R енергії, накопиченої в системі, що складається з індуктивності L та ємності C , за належних умов може забезпечити оптимальне витрачання ними енергії в якості, відповідно, джерела струму й джерела напруги.

Поєднання активного опору R , індуктивності L та ємності C в одному електричному колі утворює паралельні, послідовні та змішані кола, що класифікуються як коливні. Аналіз відомих джерел показав, що, на відміну від теоретично обґрунтованої, широкої практики використання явищ резонансу в коливних RLC колах, та перехідних процесів в аперіодичних RC і RL ланках, аперіодичний режим перехідних процесів у коливних RLC колах знайшов вузькоспеціалізоване застосування лише у керуванні електромагнітними пристроями, а саме – з метою форсованого відключення струму у навантаженнях з індуктивно-активним опором. Обмежене використання аперіодичного режиму перехідних процесів в коливних колах у вирішенні практичних завдань спричинило приділення недостатньої уваги його дослідженню у відомих джерелах.

На підставі відповідності поєднання дуально-протилежних властивостей індуктивних та ємнісних накопичувачів енергії положенням теореми вірталу, аперіодичний режим перехідних процесів у коливних колах апробовано, як засіб досягнення рівня ефективності безповоротного перетворення енергії в активному опорі такої ж, як має місце під час накопичування енергії. Враховані втрати енергії на власних активних опорах котушки індуктивності, конденсатора та джерела напруги. Позитивний результат апробації отриманий на SPICE моделях і за допомогою засобів вимірювання середовища Multisim Power Pro Edition Version 11.0 [6].

Результати досліджень реалізовані у патенті на корисну модель «Спосіб перетворення енергії струму в енергію імпульсів» [7], що забезпечує керування одночасним накопиченням і перетворенням енергії котушкою індуктивності та конденсатором за критерієм максимальної середньої енергії у навантаженні з активним опором за період повторення імпульсів.

Інформаційні джерела

1. Кльосов В. О. Джерело живлення системи електричного опалювання: пат. 104964 Україна: МПК (2014.01) F24D 13/00 H03K 3/012 (2006.01) H02M 1/00 H02M 11/00 H02N 11/00 H05B 6/02 (2006.01). № а 2013 03292; заявл. 18.03.2013; опубл. 25.03.2014, Бюл. № 6 (Книга 1). С. 3.127-3.128.

2. Братюк П. Динаміка накопичення заряду та енергії конденсатором. Матеріали ХХІV Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії» // Збірник наукових праць. – Переяслав, 2020 р. С. 140 – 142.
3. Братюк П. Динаміка витрачання енергії і заряду конденсатором. Матеріали ХХV Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії» // Збірник наукових праць. – Переяслав, 2020 р. С. 121 – 124.
4. Братюк П. Динаміка накопичення і витрачання енергії в магнітному полі котушки індуктивності. Матеріали ХХVІ Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії» // Збірник наукових праць. – Переяслав, 2020 р. С. 161 – 164.
5. Братюк П. Формалізація представлення процесів накопичення енергії на підставі теореми віріалу. Матеріали ХХІХ Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії» // Збірник наукових праць. – Переяслав, 2020 р. С. 77-80.
6. Братюк П. В. Дослідження застосування аперіодичного режиму коливних кіл з метою генерування потужних імпульсів. // 6-й Міжнародний конгрес "Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування": збірник матеріалів. – Львів : Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2020. С. 130.
7. Братюк П. В. Спосіб перетворювання енергії струму в енергію імпульсів: пат. 144614 Україна: МПК (2020.01) H02M 9/00, H02P 13/00, H03K 17/00. № u 2020 03148; заявл. 26.05.2020; опубл. 12.10.2020, Бюл. № 19 (Том 1). С. 4.72.
8. John Betten. Pump and dump - delivering more power than you thought possible! *Electrical Design News* - October 15, 2008 // URL: <http://www.edn.com/pump-and-dump-delivering-more-power-than-you-thought-possible/> (дата звернення: 13.11.2020).

СИНЕРГІЯ ПРИ НАГНІТАННІ СО₂ У ВИСНАЖЕНИЙ ГАЗОКОНДЕНСАТНИЙ ПОКЛАД: ГЕОЛОГІЧНЕ ЗАХОРОНЕННЯ ТА ДОДАТКОВИЙ ВИДОБУТОК ВУГЛЕВОДНІВ

Бурачок О.В.

*аспірант кафедри видобування
нафти і газу*

Кондрат О.Р.

*доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри видобування
нафти і газу*

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

Анотація. Підвищення енергобезпеки країни, а також забезпечення зобов'язань України зі зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, можна досягти шляхом використання

газоконденсатних покладів, що перебувають на завершальній стадії розробки для геологічного захоронення вуглекислого газу. За рахунок значного виснаження пластової енергії, відбувається конденсація рідких вуглеводнів у нерухомому стані, негативно впливаючи на кінцеві коефіцієнти вилучення як газу так і конденсату. Вуглекислий газ, характеризується низькими тисками повного змішування із вуглеводневими пластовими флюїдами і високою розчинністю у воді, що дозволяє отримати синергетичний ефект поєднавши додатковий видобуток сконденсованих рідких вуглеводнів та геологічного захоронення CO₂.

Ключові слова: підвищення вуглеводневилучення, газ, конденсат, вуглекислий газ, геологічне захоронення.

Антропогенні викиди вуглекислого газу наразі є основним чинником збільшення концентрації парникових газів в атмосфері, що призводить до підвищення середньорічних температур і глобальних змін клімату [1]. Вловлювання і геологічне захоронення вуглекислого газу є одним з шляхів зменшення цього негативного впливу. Класичним є використання CO₂ у нафтових покладах, як метод підвищення нафтовилучення [2], через його здатність до повного змішування за низьких тисків [3]. З іншого боку, якщо розглядати суто проблеми геологічного захоронення, окрім глибоко занурених водоносних горизонтів із високо мінералізованою водою, що не прийнятна для промислового використання, виснажені поклади природного (сухого) газу є також перспективним. Окремої уваги заслуговують газоконденсатні поклади, в яких із зменшенням пластового тиску відбувається конденсація важких вуглеводнів з утворенням рідкої вуглеводневої фази. У більшості випадків, критичне насичення порового простору сконденсованою рідкою фазою, за якої вона стає рухомою, наявне тільки у привибійній зоні свердловин, в той час, як у міжсвердловинному просторі вони фактично стають втраченими. З метою запобігання утворення рідкої фази у пласті, газоконденсатні поклади повинні розроблятися з підтриманням пластового тиску за рахунок нагнітання вуглеводневих або неуглеводневих газів [4, 5]. Однак, як показують результати досліджень та промислового впровадження, його доцільно реалізовувати на початкових стадіях, коли пластовий тиск близький до тиску початку конденсації, з метою запобігання конденсації рідких вуглеводнів у пласті [6, 7]. Через складності реалізації технології нагнітання газу, необхідність великих інвестицій та блокування товарного газу для рециркуляції, на родовищах України сайклінг-процес впроваджувався тільки на 5 об'єктах розробки, а решта родовищ розробляються на виснаження пластової енергії [8].

Зважаючи на зобов'язання України зі зменшення викидів парникових газів та стратегії низьковуглецевого розвитку [9], а також високі витіснювальні властивості CO₂ [10], виконано дослідження з можливості застосування вуглекислого газу для витіснення конденсату, що випав у пласті, за умови максимальної конденсації вуглеводнів із одночасним захороненням вуглекислого газу [11].

Дослідження виконувалися для трьох різних газоконденсатних пластових систем із потенційним вмістом конденсату 100, 300 та 500 г/м³. На основі тривимірною чисельного моделювання покладу, будова якого максимально наближена до типових покладів Дніпровсько-Донецької западини, спочатку він «виснажувався» з допомогою 14 видобувних свердловин до тиску максимальної конденсації, після чого прораховано наступні варіанти безперервного нагнітання CO₂ у 6 внутрішньо-контурних свердловин:

- компенсація відборів нагнітанням на рівні 150%;
- добове нагнітання 750 тис. м³ (приблизно 150 кт на рік);
- добове нагнітання 1500 тис. м³ (приблизно 300 кт на рік).

Видобувні свердловини зупинилися при досягненні 70% частки CO₂ у продукції, а нагнітання припинилося, коли усі видобувні свердловини зупинилися. Розрахунки виконувалися з допомогою гідродинамічного симулятора ECLIPSE компанії Schlumberger. Для врахування розчинення вуглекислого газу у пластовій воді, використовувалася спеціальна функція симулятора – CO2SOL [12].

Результати розрахунків показали, що нагнітання CO₂ суттєво збільшує тривалість розробки покладу від 5 років для максимальних темпів нагнітання до 12 років у випадку 750 тис. м³/д. Час проривання CO₂ до видобувних свердловин залежить від потенційного вмісту конденсату в пластовому газі, і чим він вищий, тим раніше відбувається проривання. Щодо додаткового видобутку конденсату, то тут чим менший його потенційний вміст і менший темп нагнітання вуглекислого газу, тим він вищий. Максимальне значення в 5.2% отримано для пластової системи 100 г/м³ і темпу нагнітання 750 тис. м³. Оскільки видобувні свердловини зупинилися за досить високої мольної частки в 70%, значний об'єм вуглекислого газу від 28 до 56% було рециркульовано, а кількість захороненого CO₂ коливалася від 1.7 до 3.6 Мт. Після зупинки нагнітання гідродинамічні розрахунки продовжувалися на 100 років для відслідковування шляхів міграції і зміни концентрації CO₂ по покладу. За рахунок вищої густини, ніж пластовий вуглеводневий флюїд відбувалася вертикальна міграції під дією гравітаційних сил, а дифузія сприяла розповсюдженню по пластовій воді в зони не охоплені нагнітанням.

Впровадження нагнітання вуглекислого газу на більшості родовищ України дозволить суттєво наростити власний видобуток та забезпечити захоронення більшої частини антропогенного вуглекислого газу.

Інформаційні джерела

1. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014, 151 pp.
2. Barriers to Overcome In Implementation of CO₂ Capture and Storage (1) – Storage in Disused Oil and Gas Fields. IAE GHG, Report Number PH3/22, 2000.

3. El-Houshoudy A. N., Desouky S. CO₂ miscible flooding for Enhanced Oil recovery. Chapter 5 in Carbon Capture, Utilization and Sequestration. Edited by Ramesh K. Agarwal. IntechOpen, 2018. DOI: 10.5772/intechopen.73109.
4. Бікман, Є. С. Стратегія розробки газоконденсатних родовищ України з використанням азоту для підтримання пластового тиску / Є. С. Бікман, С. В. Кривуля, О.В. Ляшенко, І. І. Хомин, О. Г. Нестеренко, Я. С. Яремійчук // Компрессорное и энергетическое машиностроение, 2011, №3 (25), 15-18.
5. Довідник з нафтогазової справи / За заг. ред. В.С. Бойка, Р.М. Кондрата, Р.С. Яремійчука. – Львів, 1996. – 620 с.
6. Siregar, S., Hagoort, J., Ronde, H. Nitrogen Injection vs. Gas Cycling in Rich Retrograde Condensate-Gas Reservoirs. SPE paper 22360 was prepared for presentation at the SPE International Meeting on Petroleum Engineering held in Beijing, China, 24-27 March 1992.
7. Вяхирев Р.И., Гриценко А.И., Тер-Саркисов Р.М. Разработка и эксплуатация газовых месторождений. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – 880 с.: ил.
8. Кондрат Р.М., Кондрат О.Р. Комплексна технологія збільшення вуглеводневилучення з виснажених газоконденсатних родовищ / Наука та інновації. 2005. Т 1. №5. С. 24-29.
9. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Київ, 2018. – 79 с. [Електронний ресурс]. https://mepr.gov.ua/files/docs/Proekt/LEDS_ua_last.pdf
10. Shtepani, E. CO₂ sequestration in Depleted Gas/Condensate Reservoirs. SPE paper 102284 was prepared for presentation at the 2006 SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in San Antonio, Texas, U.S.A., 24-27 September 2006.
11. Burachok O., Nistor M., Sosio G., Kondrat O., Matkivskiy S. Evaluation of potential applicability of depleted gascondensate fields for CO₂ sequestration and EOR: synthetic case study. 1st Geoscience & Engineering in Energy Transition Conference 16 – 18 November 2020, Strasbourg, France.
12. ECLIPSE. [2020]. ECLIPSE Technical Description. Version 2020.1 © Schlumberger, 2020. – 1078 pages.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ

Капустіна Т.П.

викладач вищої категорії

Суржик Ю.О.

викладач першої категорії

*Лозівська філія Харківського
державного автомобільно-
дорожнього коледжу*

Анотація. Раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів є однією з глобальних світових проблем сьогодення, успішне вирішення якої, мабуть, буде мати визначальне значення не тільки для подальшого розвитку світової спільноти, а й для збереження середовища

її проживання. Одним з перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є застосування нових енергозберігаючих технологій та використання нетрадиційних поновлюваних джерел енергії.

Ключові слова: *ресурси, геотермальна енергетика, теплова енергія*

Одним із таких джерел є геотермальна енергетика – теплова енергія надр Землі, що використовується для виробництва електричної енергії.

Запаси геотермальної енергії величезні. В багатьох країнах, таких як Угорщина, Мексика, Росія, США, Ісландія, Італії, Нової Зеландії, Японії геотермальна енергія широко використовується для теплопостачання та вироблення електроенергії. Наприклад в Ісландії геотермальна енергія становить 26,5% від всієї виробленої електроенергії.

Україна також має ресурси геотермальної енергії. Родовища геотермальних вод розташовані в Закарпатській, Миколаївській, Одеській, Херсонській областях.

Освоєння геотермальних родовищ так чи інакше пов'язане з впливом на навколишнє середовище. Потенційний вплив на навколишнє середовище включає: виділення газів, зміну і осідання ґрунту, сейсмічну активність, забруднення поверхневих і ґрунтових вод, шумовий, біологічний та соціальний вплив.

За рідкісним винятком термальні води характеризуються високою мінералізацією і після використання не можуть бути скинуті в водойми. Якщо не забезпечити гарне перемішування, то навіть скидання в море може призвести до негативних наслідків, коли відпрацьовані води істотно відрізняються за своїм складом від морської води.

Побічними продуктами геотермальних свердловин є розчинені гази (вуглекислий газ, метан, сірководень, інертні гази, водень, аміак та ін.), токсичні мікрокомпоненти (сполуки бору, миш'яку, ртуті та ін.), органічні сполуки (феноли, летючі компоненти), які також забруднюють прилеглі до родовища території, водні джерела та повітря.

Необхідно врахувати і теплове забруднення навколишнього середовища. Причому, чим нижче ККД теплоенергетичної установки, тим більше тепла викидається в навколишнє середовище. Скидання в поверхневі водойми великого обсягу відпрацьованих термальних вод з досить високою температурою (до 60 °С і більш на деяких родовищах), призводить до локального теплового забруднення і негативних наслідків у навколишньому середовищі. Так, наприклад, підвищення температури води в річках всього на 1 °С може привести до збільшення споживання кисню біоорганізмами на 10-20%. А це може викликати дефіцит кисню у воді з усіма небажаними наслідками, що звідси випливають. Внаслідок підвищення температури води у водоймі змінюється видовий склад флори і фауни, збільшується кількість біомаси, розкладаються рослинні залишки, зменшується вміст кисню у воді, погіршується її якість і деградує екосистема.

Ступінь впливу геотермальних об'єктів на навколишнє середовище в більшості випадків пропорційна масштабам таких об'єктів.

Помітний вплив на навколишнє середовище проявляється при бурінні свердловин. Установка бурової вишки і всього допоміжного обладнання вимагає будівництва під'їзних доріг та споруд бурового майданчика. Ці роботи призводять до зміни морфології поверхні на ділянці і можуть завдати шкоди місцевій флорі і фауні. З використанням сучасних методів похилого і горизонтального буріння ці дії можуть бути зведені до мінімуму. Можливість буріння декількох свердловин з одного майданчика скорочує необхідні площі для спорудження під'їзних доріг і трубопроводів. Неправильна оцінка гідрогеологічних умов і недосконалі методи буріння можуть призводити до забруднення підземних водоносних горизонтів з питною водою. В результаті викидів можуть забруднюватися і поверхневі водойми. Вплив на навколишнє середовище, викликане бурінням, здебільшого припиняється після закінчення будівництва геотермальних свердловин.

Монтаж трубопроводів для транспортування також впливає на флору і фауну, призводить до порушення морфології поверхні. Неминучі і візуальні зміни ландшафту.

Екологічні проблеми виникають також і в ході експлуатації геотермальних енергоустановок. Розчинені в геотермальному флюїді різні гази і речовини мінерального і органічного походження при попаданні в навколишнє середовище стають джерелом забруднення. Вміст газів, на геотермальних родовищах зазвичай не перевищує 0,1-1,0% мас. від загальної витрати геотермального теплоносія.

Виробництво електроенергії на геотермальних електростанціях також супроводжується забрудненням атмосферного повітря. Однак при однаковому рівні вироблення електроенергії обсяги викидів вуглекислого газу від геотермальних електростанцій можуть варіювати від нуля до незначної процентної частки обсягів викидів електростанцій, що працюють на органічному паливі.

В останні роки в геотермальній енергетиці розроблені екологічно чисті технології вироблення електрики і тепла. Сучасні ГеоЕС виключають прямий контакт геотермального флюїду з навколишнім середовищем і викиди шкідливих газів в атмосферу.

На жаль, на більшості геотермальних родовищ досі використовуються застарілі технології утилізації теплового потенціалу термальної води, коли відпрацьований флюїд скидається на земну поверхню або у водні об'єкти поблизу родовища.

Непоправної екологічної шкоди наноситься при некерованому аварійному викиді високомінералізованого геотермального флюїду, що містить значну кількість токсичних компонентів. Серйозної шкоди навколишньому середовищу завдає нераціональне використання низькопотенційних (20-35°C) підземних артезіанських вод.

Геотермальні розробки мають негативні наслідки такі, як осідання ґрунту та сейсмічні явища. Наприклад, при експлуатації родовища Вайрокей (США) з 1954 по 1970 рр. поверхня землі просіла на 4 м, а площа на якій відбулося осідання ґрунту, склала близько 70 км² та продовжує щорічно збільшуватися.

Висока сейсмічна активність – головна ознака близькості геотермальних родовищ, яка використовується при пошуках ресурсів. Однак інтенсивність землетрусів в зоні термальних явищ значно менша інтенсивності землетрусів викликаних великими зсувами земної кори по розломах. З цього можна зробити висновок, що розробка геотермальних ресурсів не впливає на сейсмічну активність.

На ГеоТЕС не відбувається процес спалювання палива, тому обсяг забруднюючих газів, які викидаються в атмосферу менший ніж на ТЕС. Хімічний склад газів-забруднювачів також відрізняється від викидів станцій, які працюють на органічному паливі. Пар, який видобувається з геотермальних свердловин, в основному – водяний. В газах присутні домішки двоокису вуглецю та невеликі частки метану, водню, азоту, аміаку і сірководню. Найбільш шкідливим є сірководень. В геотермальних водах містяться в розчиненому вигляді такі гази, як N₂, CH₄, SO₂, NH₃, H₂S, H₂.

Потреба ГеоТЕС в воді для охолодження в 4–5 разів вища, ніж ТЕС, через більш низький ККД. Скидання відпрацьованої води і конденсату після охолодження в водойми викликає їх нагрівання. Ці води мають в своєму складі солі хлористого натрію, аміаку і таких елементів, як бор, миш'як, ртуть, рубідій, цезій, калій, фтор, натрій, бром, йод, хоча і в невеликих кількостях. Зі збільшенням глибини свердловин можливе збільшення цих складових.

Отже проаналізувавши вплив геотермальної енергетики на навколишнє середовище можна зробити висновки. До переваг цього виду енергії ми можемо віднести відновлюваність, екологічність та надійність тому що на відміну від сонячної та вітрової енергії, геотермальна є доволі передбачуваною. Потужність електростанцій можна визначити з високим ступенем точності. Не потрібно турбуватися по хмарний день чи відсутність вітру. До недоліків можна віднести обмежену зональність, землетруси та високі початкові затрати.

Інформаційні джерела

1. Алхасов А.Б. Возобновляемые источники энергии. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. 256с.
2. Берман Э., Маврицкий Б. Ф. Геотермальная энергия. М.: Мир, 1978. 416 с.
3. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. Підручник. К.: НТУУ КПІ, 2012. 495с.
4. Використання енергозберігаючих технологій в країнах ЄС: досвід для України. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/262/>

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Кияновський Н.І.

студент 1 курсу Інституту
матеріалознавства та зварювання
імені Є.О. Патона

Коваленко І.В.

кандидат хімічних наук, доцент
кафедри загальної та неорганічної хімії

Власенко Н.Є.

кандидат хімічних наук, доцент
кафедри загальної та неорганічної хімії
Національний технічний університет
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»

В сучасному металургійному виробництві широке розповсюдження знайшли жаростійкі матеріали. З них виготовляється жаростійка футеровка, теплоізоляція, різноманітні тиглі для плавки металів та сплавів, захисні чохла контролюючих приладів та ін. Для виготовлення таких виробів повинні використовуватись матеріали, які можуть працювати при температурах до 2000-2200°C. Крім того, такі матеріали працюють в умовах дії агресивних середовищ та розплавів металів.

Серед матеріалів, які можуть бути використані для виготовлення таких виробів, широке застосування знаходять тугоплавкі сполуки – карбіди, бориди, нітриди та їх сплави, композиційні матеріали за їх участю. Так широке застосування знаходить карбоборид титану, який складається з (мас.%): TiB_2 – 80%; TiC – 20%. Проте одним з недоліків такого матеріалу є його висока вартість за рахунок високої вартості вихідних матеріалів, які використовуються для його виготовлення. Більш прийнятними у цьому відношенні є вироби із карбіду кремнію (SiC) [1].

Ключові слова: композиційні матеріали, карбід кремнію, тугоплавкі сполуки.

Метою роботи є розгляд технологічних процесів, які використовуються для виготовлення виробів з композиційних матеріалів за участю тугоплавких сполук, визначити переваги і недоліки цих методів.

Існує декілька технологічних варіантів виготовлення виробів з карбіду кремнію. Серед них найбільш розповсюдженим є: силіціювання, рекристалізаційне спікання з наступним просочуванням, гаряче пресування, реакційне спікання, отримання виробів з тугоплавких сполук [1-5].

Виготовлення виробів силіціюванням. Цей метод дозволяє одержувати вироби складної конфігурації з рівномірним розподіленням щільності. Як недолік методу слід рахувати неоднорідність фазового складу та відносно низькі механічні властивості.

Виготовлення виробів рекристалізаційним спіканням. Вироби з карбїду кремнію можливо одержувати шляхом спікання пресовок з нього при температурах вище 2100°C. До недоліку такого матеріалу слід віднести високу пористість матеріалу. Останню можливо зменшити якщо одержані вироби просочували карбонізуючим реагентом, проте це ускладнює технологічний процес.

Виготовлення виробів гарячим пресуванням. Гарячим пресуванням можливо одержувати вироби з високою щільністю тільки у випадку ведення процесу при температурах більших за 2500°C та тиску до 7,5 кН/см [4]. До недоліків цієї технології слід віднести неможливість одержання виробів складної форми та мала продуктивність.

Виготовлення виробів реакційним спіканням. Цей метод виготовлення виробів з карбїду кремнію в дійсний час знаходить досить широке використання. Технологічна схема цього процесу наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Технологічна схема виробництва виробів з самов'язного карбїду кремнію

Карбїд кремнію / Нефтяний кокс / Пластифікатор / Кремній кристалічний
подрібнення
розмел
прокалювання
замішування
грануляція
сушка
реакційне спікання
механічна обробка
готовий виріб

Ця технологічна схема відносно проста, передбачає використання не дорогих і не дефіцитних матеріалів, дозволяє використовувати різні методи формування заготовок.

Методи отримання виробів з тугоплавких сполук. Вироби з тугоплавких сполук можна отримувати практично всіма відомими методами порошкової металургії [4-5]. Однак внаслідок високої твердості тугоплавких сполук, високої температури плавлення, високої крихкості і низької пластичності в здійсненні тієї чи іншої операції є деякі особливості.

Важливе значення в технологічному процесі має підготовка вихідних порошків. У зв'язку з цим проводять подрібнення вихідних порошків у різноманітних млинах, серед яких найбільш розпов-

сюдженими є кульові млини, а також вібраційні, атриторні та планетарні млини.

Пресування заготовок із порошків тугоплавких сполук в цьому відношенні зв'язано з деякими труднощами, оскільки карбіди, бориди, нітриди, силіциди практично повністю позбавлені пластичності і як наслідок, має місце дуже слабка адгезійна взаємодія між частинами порошку в пресовці. Тому в практиці формування порошків тугоплавких сполук їх завжди змішують з пластифікатором [4].

Пластифікатори мають двояку роль. З однієї сторони, вони зменшують тертя між частинами, а з іншої сторони, грають роль зв'язуючого, який забезпечує потрібний рівень механічних властивостей пресовці.

Для пресування виробів із порошків тугоплавких сполук застосовується формування в закритих прес-формах, мундштучне пресування, шлікерне литво, гаряче литво термопластичних шлікерів, вібраційне формування, гаряче пресування [5].

Отриманні одним із методів заготовки із тугоплавких сполук спікають. У зв'язку з їх високою температурою плавлення процес здійснюють в високотемпературних печах різного типу, перш за все в печах Тамана або вакуумних печах з вольфрамовими нагрівачами, які здібні забезпечити робочу температуру в межах 2500-3000⁰С. При інших рівних умовах вибирають таку температуру спікання, яка дозволяє отримати задану щільність виробів при мінімальній ізотермічній витримці.

Таким чином, вибір матеріалу та технологічного процесу залежить від поставленої задачі.

Наведені технології отримання виробів з композиційних матеріалів, які можуть використовуватись для роботи з розплавами металів та сплавів.

Розглянуто технологічні процеси, які використовуються для виготовлення виробів з композиційних матеріалів за участю тугоплавких сполук.

Інформаційні джерела

1. Степанчук А.Н., Билик И. И., Бойко П.А. Технология порошковой металлургии. – К.: Вища шк., 1989. – 415с.
2. Кислый П.С. Керметы П.С.Кислый, Н.И.Бондарчук, М.С.Боровикова и др. – К.: Техника, 1987. – 152с.
3. Кислый П.С., Бадян А.Х., Килдышева В.С., Гарибян Ф.С. Високотемпературные неметаллические нагреватели. – К: Наук. думка, 1981. – 160с.
4. Самсонов Г.В., Кислый П.С. Високотемпературные неметаллические термопари и наконечники. – К: Наук. Думка, 1965. – 181с.
5. Гнесин Г.Г. Бескислородные керамические материалы. – К: Техніка, 1987. – 152с.

ЕКОЛОГІЧНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА

Компанець Е.В.

*кандидат сільськогосподарських наук,
доцент*

Гармата О.М.

*кандидат педагогічних наук, доцент
Національний педагогічний
університет імені М.П. Драгоманова*

Анотація. Розглянуті питання екологізації і енергоефективності технологій у зв'язку з кліматичними змінами у світі.

Ключові слова: *екологія, кліматичні зміни, технології, енерго-ефективність*

Настають часи, коли питання глобальних кліматичних змін звертають увагу не тільки екологів і вузьких спеціалістів, але й всього суспільства. Зміни у навколишньому середовищі стають настільки виразними, що зосереджують увагу всього населення. Вони помітні, навіть, не спеціалісту.

У 2016 році держави-учасниці (195 підписантів) у Паризькій угоді (UNFCCC) прийняли положення стосовно дій держав по запобіганню змін клімату, але не всі держави їх виконують. Наприклад, США вийшли з угоди через економічні інтереси, на деякі держави впливає світова коронавірусна криза, спричинена вірусом Covid-19.

У перші місяці локдауну зменшилися викиди в атмосферу промисловості і транспорту, це покращило ситуацію, але, після карантину інтенсивність викидів знов повернулася до докарантинних показників. По суті Паризька угода не виконується у потрібних обсягах і накопичення парникових газів (CO₂, CH₄ та інших) не припиняється до запланованих показників.

Вагомим внеском у зменшення негативного впливу на клімат планети є, також, ефективність використання викопного палива і перехід на альтернативні джерела енергії.

Цього року норвезькі вчені протестували моделі світових кліматичних процесів на основі відомих даних і отримали результат - діючі зараз засоби по запобіганню змінам клімату вже втратили свою ефективність і людству потрібно змінювати стратегію поведінки, щоб передувати існуючим процесам у природі. Навіть, повне припинення використання вуглеводнів, не допоможе змінам, що зараз відбуваються через інертність природних процесів. Потрібно, не тільки зменшувати використання вуглецевих сполук, як палива, але й активно забирати їх з атмосфери і утилізувати. В теперішніх умовах, тільки така стратегія дозволяє через кілька поколінь у майбутньому досягнути потрібної стабілізації росту температури внаслідок парникового ефекту, а вже потім, поступово знижувати її до показників доіндустріальної епохи.

Такі висновки, звичайно, не повинні скидати з рахунків всі інші методи запобігання загальному потеплінню - нульові викиди, розробку і впровадження нових технологій, заснованих на використанні альтернативних поновлюваних джерел енергії, а також більш ефективного заощадливого використання, навіть, вуглецевих технологій, під час переходу на чисту енергетику. Енергоефективність зараз вважається своєрідним трендом у багатьох галузях. Вона має в цьому плані, також, і економічний аспект і перспективність у майбутньому.

Останнім часом, фінансові потоки, навіть, нафтовидобувних компаній, активно перенаправляються на удосконалення технологій акумулювання електричної і теплової енергії, на електротранспорт, на створення систем регулювання споживання енергії у будинках, за допомогою систем "розумний" будинок, або штучного інтелекту. Такі напрямки є конкурентними для нафто- газодобувних компаній, але є перспективними на майбутнє для вкладання капіталів, а системи керування електроспоживанням і теплом, доводять енергоефективність використання джерел енергії до найбільш оптимальних і заощадливих рівнів. З екологічної точки зору, мінімізуються споживання і втрати енергії, а також і потреби в її генерації за рахунок спалювання вуглецевих сполук.

Фінансування енергоефективних технологій, заснованих на альтернативних джерелах енергії, дозволить скористатися цими перевагами у недалекому майбутньому і мати в цьому фінансовий зиск. Це розуміє керівництво і нафтових компаній, тому перенаправляє фінансові ресурси на фінансування перспективних неуглецевих технологій, розуміючи, що вони досить скоро отримають перевагу у світі. Тому, зараз менеджмент фірм, що позиціонують себе як передові у світі, направлений на розробки майбутнього. Екологізація технологій відбувається вже не за примусом, а за перспективою отримувати прибутки від перенаправлення світових тенденцій від використання вуглецевих сполук в якості джерел енергії, до нових напрямків - використання сонячної, вітрової, теплової, інших видів енергії. Відкриваються нові ніші для ведення бізнесу, які, одночасно, сприяють покращенню екологічної ситуації, за рахунок набування масовості їх застосування. Наприклад, скандинавські країни в найближчі роки переходять на повне використання електромобілів, переважна кількість автомобільних концернів влаштували перегони за покупця, пропонуючи самі різноманітні моделі електромобілів. Досвід фірми "Тесла" показав перспективність цього напрямку, його ефективність у бізнесі, а, також, популярність серед екологічно налаштованого прошарку населення і корисність для навколишнього середовища.

Перспективним є ринок акумуляторів для авто і місць збереження електроенергії. Кілька стартапів заявили про технології, що відходять від традиційних в елементній базі у виготовленні акумуляторів. Розробляються проекти батарей, де використовується компоненти, що не шкодять довкіллю. Це дозволить спростити утилізацію акумулятора, зараз ще найбільш неекологічної частини електромобіля і накопичувальної станції.

В цілому, у світових технологіях проявляються тенденції руху в екологічному напрямку. Останні роки показали, що технології, що не мають ознак шкідливості по відношенню до навколишнього середовища, можуть бути вигідними у бізнесі. Екологія від цього тільки виграє. Енергоефективність у різних сферах життя надає можливість більш раціонально використовувати наявні джерела енергії. Бездимний транспорт призведе до очищення повітря у містах, до покращення екологічної ситуації і покращення здоров'я населення. Безвуглецеві технології видобутку електроенергії зменшать навантаження на атмосферу і зменшать вуглецевий слід у розвитку людства

Інформаційні джерела

1. Закон України Про альтернативні джерела енергії. - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>
2. Закон України Про альтернативні види палива. - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>
3. Закон України Про енергозбереження - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80>

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ «ЗЕЛЕНИЙ УНІВЕРСИТЕТ» В НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСАХ ТА ГУРТОЖИТКАХ НАЦІОНАЛЬНОГО ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ М.П. ДРАГОМАНОВА

Корець М.С.

*доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри загальнотехнічних
дисциплін та охорони праці,
проректор науково-педагогічної та
адміністративно-господарської роботи
Національного педагогічного
університету імені М.П. Драгоманова*

Анотація. В статті розглянуто основні підходи до реалізації заходів щодо енергозбереження на міжнародному рівні та в Україні зокрема. Проаналізовані можливі варіанти енергоефективної реконструкції приміщень навчальних закладів та гуртожитків. Локально представлена програма дій щодо реалізації проекту «Зелений університет» у навчальних корпусах та гуртожитках Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова, який підтримується і супроводжується фінансовою групою НЕФКО. Тут вказані етапи входження проекту в активну фазу. Водночас вказані перспективи запровадження енергозбереження за наступними лотами тендерних пропозицій

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, енергопотребителі, енергоаудит, навчальні корпуси та гуртожитки

В умовах дефіциту енергоресурсів з метою забезпечення стабільності та зростання добробуту суспільства одним із важливих факторів є реалізація заходів щодо енергозбереження. Це можна здійснювати насамперед шляхом просвітницької роботи в суспільстві, зосереджуючи домінуючу увагу на дітях шкільного віку, а також серед студентської молоді. Для підвищення конкурентоспроможності в сфері енергоефективності є раціональне використання джерел, диференційованих за вартістю енергоресурсу, використання альтернативних енергоресурсів, які в перспективі матимуть меншу вартість, ніж традиційні.

Підвищення енергоефективності за рекомендаціями Міжнародного енергетичного агентства можливе за таких умов [1]:

- міжсекторальні заходи: стимулювання інвестицій в енергетичну ефективність Національні завдання і стратеги в галузі енергетичної ефективності; дотримання, реалізація, контроль і оцінка заходів з підвищення енергетичної ефективності; індикатори енергетичної ефективності; моніторинг та звітність про прогрес у відповідності до рекомендацій з енергетичної ефективності;
- будівлі: будівельні норми і правила для нових будівель; пасивні будинки та будинки нульової енергії; пакет заходів політики, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності в існуючих будівлях; схеми сертифікації будівель; підвищення енергетичної ефективності світлопрозорих конструкцій;
- побутові прилади та обладнання: обов'язкові вимоги за характеристиками енергетичної ефективності товарів і обладнання та їх маркування; моделі електронного і мережевого обладнання низької потужності, включаючи моделі з режимом «стендбай»;
- освітлення: поступове виведення з експлуатації ламп розжарювання і перехід на освітлення відповідно до вимог передових практик у цій галузі; забезпечення освітлення низької вартості в будівлях, не пов'язаних з постійним проживанням, і поступове скорочення неефективного освітлення;
- транспорт: ефективні шини; обов'язкові стандарти паливної ефективності для легких вантажівок; економія палива важкими вантажівками; еководіння;
- промисловість: збір надійних даних та інформації про енергетичну ефективність в сфері промисловості; енергетичні характеристики електродвигунів; допомога у розвитку можливостей енергетичного менеджменту; пакет заходів, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності на малих і середніх підприємствах;

- комунальні послуги: схеми підвищення енергетичної ефективності кінцевого споживання енергії в сфері комунальних послуг.

Визначення технічного стану будівель. Вивчення енергопотребу та проведення енергоаудиту є основою для формування заходів з енергоефективності, що включають заходи огорожуючи конструкцій, систем опалення, індивідуальних теплових пунктів, систем освітлення, систем вентиляції; з енергоменеджменту, систем управління будівлею.

Енергоефективна реконструкція передбачає першочергове утеплення вікон та усунення протягів через вікна, двері. При цьому слід не розташовувати меблі біля радіаторів та не закривати їх декоративними панелями, які зменшують ефективність опалення, а також використовувати лічильник і регулятори тепла (термостати), встановлювати алюмінієвий екран між радіаторною панеллю і стіною. Безумовно, утеплення стін приміщень, його ефективність у енергозбереженні слід покласти в основу розгляду проблем реконструкції.

Основними пріоритетами в галузі енергозбереження та енергоефективності в Україні визначено [2]:

- мінімізація існуючих в Україні енергетичних втрат (головним чином електричної та теплової енергії) при виробництві, передачі та використанні енергії на основі розробки і впровадження інноваційних технологій;
- зниження енергоємності виробництва вітчизняних промислових товарів та послуг;
- експорт продуктів, а не сировини;
- розвиток альтернативних (нетрадиційних) відновлюваних джерел енергії;
- забезпечення балансу між централізованою і розосередженою енергетикою;
- інтелектуальних енергетичних систем згідно концепції Smart Grid: ліквідація регіональних диспропорцій;
- регіональна інтеграція в області енергетики, створення енерготехнологічних кластерів;
- використання технологій, які забезпечують перехід до «штучних» енергоносіїв;
- розробка і впровадження інноваційних технологій для використання твердих побутових відходів в паливних цілях;
- підвищення енергоефективності автомобільної галузі, використання електромобілів;
- підвищення рівня енергоефективності та енергозбереження в соціальній сфері.

Проект щодо запровадження енергозберігаючих технологій в навчальних корпусах і гуртожитках Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова був започаткований фінансовою

групою НЕФКО майже 10 років тому. Цей період супроводжувався поетапним узгодженням розбіжностей:

- у правових взаємовідносинах суб'єктів господарювання;
- у питаннях прозорого фінансування проєкту;
- у державних стандартах будівництва;
- у контролі за якістю виконаних робіт;
- у сфері закупки матеріалів та введення будівництва, залучення підрядних організацій

На даному етапі проєкт увійшов в активну фазу :

- проведений тендер на виконання робіт по контрактам DNPU-L1.2 для виконання капітального ремонту навчального корпусу по вулиці Освіти, 6 та капітального ремонту гуртожитку по вулиці Освіти 6а (перший лот);
- визначені переможці тендерних пропозицій представниками фінансової групи НЕФКО;
- формування контрактної угоди із переможцями тендерної пропозиції.

Після цього передбачено проведення закупівлі матеріалів для проведення робіт щодо підвищення енергозбереження у вказаних будівлях.

Наступними етапами у здійсненні цього проєкту є проведення аналогічних процедур ще за двома лотами для капітального ремонту навчальних корпусів щодо енергозбереження та гуртожитків №5,6,7,8, які розміщені на вулиці Космічна.

Виконання всіх робіт щодо забезпечення енергозбереження в навчальних корпусах та гуртожитках прогнозовано забезпечить економію енергоресурсів на 30%. Загалом за цим проєктом передбачено проведення утеплення стін, заміна вікон і дверей, а також облаштування індивідуальних теплових пунктів, що передбачає реконструкцію центральних та локальних тепломереж.

Інформаційні джерела

1. EU Energy Efficiency Policy. Achievements and Outlook. *European Parliament, Directorate general for internal policies*. Brussels: 2010, p. 213.
2. Денисюк С. П. Особливості реалізації енергоефективності – пріоритет України. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2013. Випуск 3. с. 7-20.

ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ТА ЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

Кучменко О.М.

кандидат педагогічних наук

Національний педагогічний

університет імені М.П. Драгоманова

Анотація. В роботі розглянуті переваги та недоліки індивідуальної і централізованої систем опалення. Наведені думки фахівців в галузі теплопостачання та будівництва стосовно комплексу питань, пов'язаних з переходом на індивідуальну систему опалення житлових приміщень багатоквартирних будинків.

Ключові слова: *індивідуальне опалення, централізоване опалення, газорозподільні мережі, електричні мережі.*

За часів Радянського Союзу населення платило символічну плату з житлово-комунальні послуги. Тому не переймалося необхідністю заощаджувати воду, електричну та теплову енергію. В свою чергу Держава, володіючи багатими надрами, зокрема величезними запасами природного газу також не намагалось запроваджувати енергозберігаючі технології. Так системи централізованого опалення багатоквартирних будинків були дуже прості та дешеві. Ці системи вирішували єдине завдання – опалити помешкання громадян, не орієнтовані на енергозаощадження.

Але після набуття Україною незалежності ситуація суттєво змінилась. Виявилось, що Україні не вистачає енергоресурсів власного видобутку. Разом з цим їх вартість стала формуватись на ринкових засадах. При цьому статки більшості громадян перестали відповідати вартості житлово-комунальних послуг, значну частину якої становить вартість за опалення. Таким чином постійне, а в останні роки стрімке зростання тарифів на опалення змушує громадян України шукати способи зменшення комунальних платежів.

Специфіка такої послуги як опалення при існуючій системі її надання населенню не дає можливості громадянам впливати на формування тарифів та якість самої послуги. Тому вихід з ситуації, яка склалась, вбачається у відмові віє візованої системи опалення та переході на індивідуальне. При цьому рідко хто замислюється над тим, чи раціональний такий вибір?

Здавалося б, що перехід до автономної та індивідуальної (по квартирної) систем опалення з повною відмовою від централізованої системи, є вірним. Позбувшись залежності від тепло постачальників населення саме собі створює комфортні умови та впливає на вартість послуги. В деякій мірі сьогодні такий крок є економічно вигідним.

Але вийшовши з-під залежності від теплопостачальників, мешканці багатоквартирних будинків потрапляють в залежність від постачальників енергоресурсів (газу або електроенергії). В їх помешканнях з'являється обладнання, яке потребує дотримання особливих умов безпеки [1].

При цьому монтаж індивідуальних систем опалення вимагає переобладнання газорозподільчих або електричних мереж як в квартирах так і внутрішніх будинкових газорозподільчих або електричних мереж, бо останні не зможуть забезпечити підвищене навантаження.

Коли проектується багатоквартирний будинок, то обов'язково відповідним чином розраховується пропускна здатність газогону до житлового будинку і всередині нього, яка забезпечила б усіх мешканців цього будинку необхідною кількістю газу для приготування їжі та в деяких будинках з індивідуальними газовими водонагрівачами для нагрівання води. Виходячи з цього, проектується діаметр газової труби, що підходить до будинку. Якщо кілька людей переходять на автономне опалення, зростає навантаження на газопостачальну мережу і, відповідно, тиск газу перед газовими приладами решти споживачів газу у будинку знижується. Якщо ж увесь будинок або принаймні його значна частина вирішить перейти на «автономку», то подача газу у потрібній кількості і під необхідним тиском наявним газогоном узагалі стане неможливою. Крім того, відхилення тиску газу від паспортних номінальних величин призведе до зменшення ККД газового обладнання і перевитрати газу замість його економії. Загальновідомо і підтверджено дослідженнями, які проведені в Полтавському національному технічному університеті, що відхилення тиску газу на кожні 10% від номінального (паспортного) перед газовим побутовим приладом призводить до зменшення ефективності спалювання газу в ньому на 1%. Таким чином, замість економії ми отримуємо перевитрати газу в цілому по системі газопостачання. Щоб подавати газ у потрібному обсязі, слід буде повністю замінити всі газові мережі, збільшивши насамперед їх діаметр, виконати реконструкцію системи газопостачання міста. Державні будівельні норми, порушення яких карається законом, дозволяють встановлювати автономні котли у житлових помешканнях, але при цьому подачу газу до них слід забезпечити самостійними відгалуженнями, на яких у місті приєднання мають бути встановлені відключаючі пристрої [2].

При переході на індивідуальне опалення також слід пам'ятати, що обладнання, де використовується газ або тверде паливо, негативно впливає на навколишнє середовище, забруднюючи його.

Кожен вид газового обладнання розрахований на певний робочий тиск. ККД обладнання також залежить від тиску газу, і якщо ми тримаємо його у нормі (Авт. — номінальний тиск становить 1 270 паскалів або 127 мм водяного стовпа), то ККД, наприклад, тієї ж газової плити буде максимальний, тобто 45%. Якщо тиск зменшуємо чи збільшуємо, то ККД, як ми уже знаємо, падає на 1 відсоток при зменшенні тиску на кожні 10%. Тобто газу згорає значно більше, а користь від нього мінімальна. Саме тому на газових плитах у наших оселях конфорки різного діаметру. Якщо ми, готуючи їжу, доводимо до кипіння воду і потім зменшуємо вогонь, то замість цього просто потрібно переставити каструлю на меншу конфорку, не прикриваючи кран. Таким чином немає перевитрати газу і ККД залишається максимальним. Тобто, якщо говорити конкретно, то зниження ККД – це додаткові викиди чадного газу в нашу оселю,

збільшення платежів за газ, але найголовніше – різке погіршення екології (за межами всіх санітарних норм), причому не десь на виробництві – а у нашій квартирі, де мешкаємо ми та наші діти. При автономному ж опаленні житла, коли використовується потужніше газове обладнання (Авт. – порівнюючи з газовою плитою), викиди чадного газу та інших шкідливих інгредієнтів набагато вищі, ніж навіть за нормами, що діють для підприємств галузі комунальної теплоенергетики, які, до того ж, продукти горіння повинні скидати у атмосферу на висоті не менш як 30 метрів над поверхнею землі. Скидання ж продуктів згоряння від автономних джерел теплоти здійснюється практично у площині зовнішньої стінки неподалік від відкритих кватирок вікон, через які повинна здійснюватися подача свіжого повітря до наших осель. Ситуацію лише ускладнює масова заміна наявних вікон у дерев'яних плетіннях на практично повітронепроникні склопакети. Таким чином, частково відкрита кватирка у вікні стає життєвою необхідністю, і не думаю, що комусь сподобається сусідство з оселею, в якій саме так організовано вивід продуктів згоряння. Розрахунок розсіювання шкідливих інгредієнтів у складі продуктів згоряння при такому характері виводу показує, що відбувається значне забруднення і приземного шару атмосфери. Значно більше, ніж при викидах через високі димові труби підприємств ТКЕ. Тому екологічний фактор є одним із основних і життєво важливих бар'єрів переходу на поквартирні джерела теплопостачання [2].

Не все так просто з економічністю переходу на автономне або індивідуальне опалення. Сьогодні, коли тарифи на газ для населення набагато нижчі ніж для теплокомуненерго, так і є, але завтра, коли тарифи зрівняються (а це буде обов'язково, враховуючи євроінтеграційні процеси в країні) утримання індивідуальних опалювальних систем буде дорожче за сплату послуг при централізованому теплопостачанні [1].

Висновок. Таким чином, порівнюючи переваги і недоліки систем централізованого та індивідуального опалення, слід зауважити, що однією з переваг централізованих систем теплопостачання є комфортність отримання послуги, що й переважає в уподобаннях жителів європейських міст. Споживач теплоти з централізованих мереж позбавлений багатьох проблем, які з'являються в результаті необхідності експлуатації джерела теплоти поквартирної системи опалення. Натомість він отримує самостійність і можливість індивідуального регулювання дотримання параметрів мікроклімату у помешканні. Але все це можливе і за централізованих систем, і саме в цьому є значний потенціал подальшого розвитку і вдосконалення централізованих систем теплопостачання, як і у вирішенні питань якості надання послуг з теплопостачання.

Інформаційні джерела

1. Горбатовський О. Як опалюватися: централізовано чи індивідуально? 2019. URL: <https://thermomodernisation.org/centralizovane-chy-individualne-opalennia/>.
2. Ханас О. Автономне опалення: міфи та реальність / Анатолій Колієнко, професор кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики ПолтНТУ. 2014. URL: <https://poltava.to/news/28750/>.

IMPORTANCE OF ELECTRICITY PRICE FORECASTING AND APPLICATION OF ARIMA FORECASTING MODEL

Мединський А.Г.

студент Національного Технічного
Університету «Дніпровська Політехніка»

Представлено аналіз ринку електроенергії. Побудовано модель прогнозування ARIMA для моделювання спотової ціни. Модель застосовується до часових рядів, що складаються з цін на електроенергію на день наперед від біржі енергії EPEX.

Ключові слова: прогнозування цін, електроенергія, прогностична модель.

Electricity is a unique commodity on the market that is by nature difficult to manage. Its storage is expensive, non-productive, and requires a tremendous amount of facilities. Consequently, unlike other types of trading products, it is impossible to keep it in stock and have it being available on demand. Demand and supply vary continuously and are not always easily predictable. Such qualities of electricity as a commodity define an essence of electricity market.

The main challenge of electricity market is to ensure that generation and consumption are synchronized and that sufficient capacity is provided even during peaks in demand. Moreover, the recent introduction of smart grids and integration of renewable energy sources increases the complexity of the market and uncertainty of future supply and demand. That's why electricity price forecasting is increasingly gaining importance for all market participants. Electricity price forecasting focuses on predicting spot prices and forward prices with different time horizons for wholesale electricity markets.

A wholesale electricity market offers generators to sell their electricity to retailers. Latter then re-price the electricity and take it to end-users.

Specific characteristics of electricity as of an asset imply certain limitations on power market system. As a regular commodity or financial asset, it can be bought, sold or traded. However, its nature creates following restrictions.

- Electricity cannot be easily stored. One option is to save it in another form of energy by pumping water into storages, however, storage possibilities are limited (there should be enough space for water reservoirs). Another option is use batteries, which is incredibly expensive and environmentally-unfriendly. This means that electricity must be consumed right after its production.
- Transmission of electricity involves losses;
- Frequency and voltage deviations can lead to major consequences;
- Globally, electricity price depends on various factors:
- Government regulations

- Neighboring competitive markets
- Global Markets
- Generation Changes
- Imports and Exports
- Financial Speculations
- Weather conditions
- Technological innovations
- Demand levels
- Supply availability

All of these factors play a significant role in the process of price determination. Some of them can only be predicted in a short-term, like weather, others in both short- and long-term with different precision (supply, demand). Others either cannot be simplified enough to act as an input to forecasting models, or are almost unpredictable by nature.

Electricity price forecasting focuses on predicting spot and forward prices in a wholesale electricity markets. All market players use price forecasts as a fundamental input to decision-making mechanisms at the corporate level. As price is extremely volatile, companies have to hedge not only against volume (how much electricity is need), but also again its price movements. The costs of mistakes in buying or selling strategies and, as a consequence, buying wrong amount of electricity or in a wrong time can lead to huge financial losses or bankruptcy. The more accurate forecast is, the better generator, retailer or consumer can adjust its bidding strategy or production/consumption schedule in order to reduce the risk or maximize profits. It is difficult to underestimate a necessity of new methods and models in electricity price forecasting, as these forecasts are found to be a cornerstone in the whole electricity market.

Forecast is done for European Power Exchange (EPEX) SPOT using historical values for day-ahead electricity market.

ARIMA models provide a statistical approach to time series forecasting. To forecast future values, they aim to describe autocorrelations in historical data. ARIMA stands for Autoregressive Integrated Moving Average. It is a combination of two different models: Autoregressive model and Moving Average model. Autoregressive model uses values from previous time steps to predict values at next time steps. Moving average, for its part, takes arithmetic mean of a set of previous values over the specified number of time steps in the past.

For an ARIMA model to be applied, time series must be stationary. A stationary time series is one whose properties such as mean, variance, autocorrelation do not depend on the time at which the series is observed [1]. Thus, if time series has a trend or seasonality, it is not stationary. To get rid of a trend and/or seasonality, differencing can be applied. After that it is assumed that statistical properties will be the same in the future, as they have been in the past.

An ARIMA model is characterized by 3 terms: p, d, q where p is the Auto-Regression order, q is Moving-Average order and d is the number of differencing required to make the time series stationary. Stationarity is achieved through differencing.

This plot represents hourly electricity prices for working days for a period from 09 May 2019 to 08 March 2020.

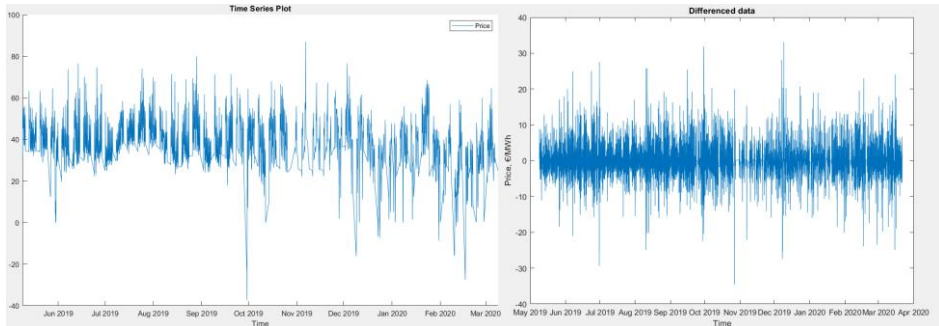


Figure 1. Original time series (left), differenced (right)

As ARIMA model uses only values of a time series, it is necessary to determine the correlation between them. Two functions are used to estimate the correlation: Auto - Correlation Function (ACF) and Partial Auto-Correlation Function (PACF).

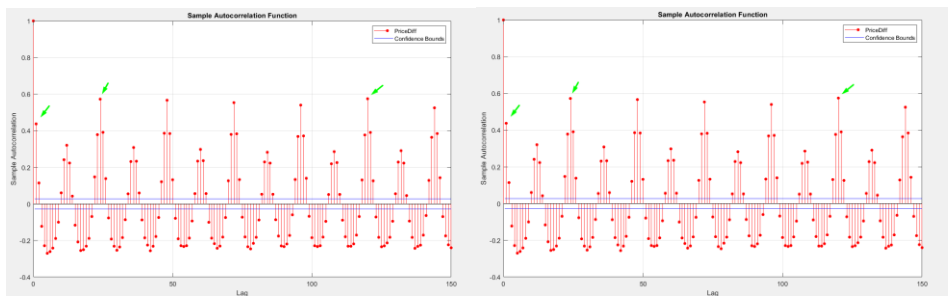


Figure 2. Autocorrelation and Partial Autocorrelation

ARIMA models with different AR and MA parameters were considered. Based on values from ACF and PACF next ARIMA model is found to have a best goodness of fit.

Equation 1. ARIMA Model Equation

$$(1 - \phi_1 L - \dots - \phi_{600} L^{600})(1 - L)y_t = c + (1 + \theta_1 L + \theta_2 L^2 + \theta_{24} L^{24})\varepsilon_t$$

where

ϕ – autoregressive parameter;
 θ – moving average parameter;
 L – lagged value;

c – constant;
 ε – white noise;

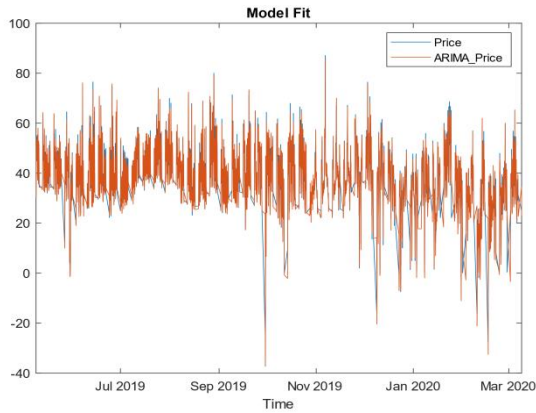


Figure 3. Model Fit

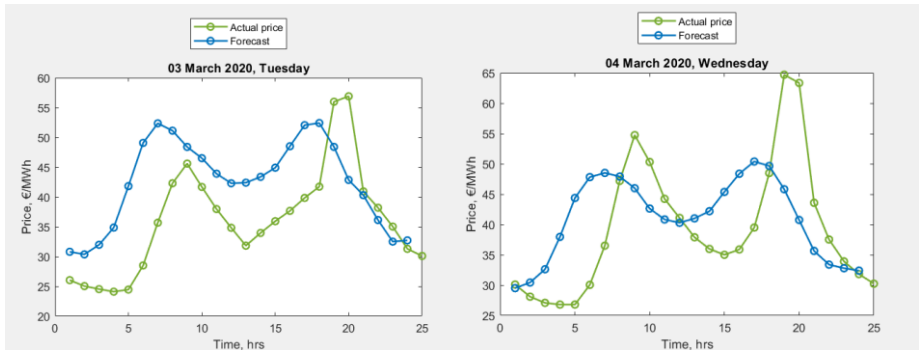


Figure 4. Comparison of actual and forecasted prices

Перелік використаних джерел

1. J. Contreras, R. Espinola, S. Member, and F. J. Nogales, "ARIMA Models to Predict Next-Day Electricity Prices," vol. 18, no. 3, pp. 1014–1020, 2003. [2]
2. R. Weron, "Electricity price forecasting: A review of the state-of-the-art with a look into the future," Int. J. Forecast., vol. 30, no. 4, pp. 1030–1081, 2014.
3. "Electricity Market representation." [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207014001083>.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ОСВІТЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРА ARDUINO

Немченко К.Ю.

студентка 4 курсу

факультету інформаційних технологій

Київський національний університет

імені Т.Г.Шевченка

У наш час переважна більшість пристроїв контролюється та керується за допомогою автоматичних систем, а навколишній світ наповнюється smart-пристроями. Проте, системи освітлення в переважній більшості випадків керуються або аналоговими пристроями, або безпосередньо вручну. Метою даної роботи є дослідження можливостей використання технології Інтернет речей у системах керування освітленням.

Головним завданням проекту є реалізація системи керування освітленням за допомогою мікроконтролера Arduino. Оскільки освітленість поверхні планети природними джерелами світла протягом доби нерівномірна, то для забезпечення комфортного рівня освітленості робочих зон використовують штучні джерела світла. Для раціонального використання енергії в світельних установках інтенсивність світла в сутінках повинна зростати до опівночі, а потім регресивно зменшуватись до світанку, і остаточно автоматично вимкнутися у разі достатньої освітленості природними джерелами. Процес має циклічний характер і повторюється щодоби. Такий підхід використовуються для управління парковими, вуличними ліхтарями, світлом фар в автомобілях тощо. Ключовим завданням дослідження є реалізація системи, зорієнтованої на зниження рівня споживаної енергії, що, в свою чергу, зменшить фінансові витрати.

Керування системою освітлення за допомогою LDR та Arduino є відносно новою концепцією. Переглянувши роботи багатьох дослідників систем освітлення, виявили, що більшість матеріалів присвячені системам вуличного освітлення. Більшість цих робіт побудовані на основі пасивного інфрачервоного датчика, таймерів або аналогових схем. Деякі керувалися бездротовими мережами GSM / GUI.

Традиційні системи освітлення обмежуються двома дискретними станами – «ввімкнено»/«вимкнено». Такі системи працюють протягом всього часу з максимальною втратою енергії при максимальній напрузі, хоча фактичні потреби можуть бути меншими, залежно від зовнішніх характеристик природнього освітлення.

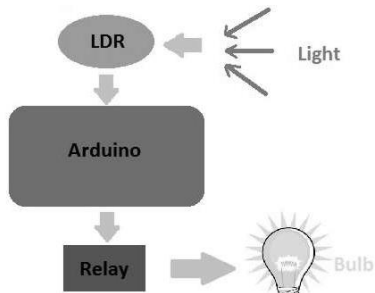


Рис. 1. Принципова схема системи

Найпростішим рішенням є калібрування світності штучного джерела у відповідності до природного освітлення.

Отже, метою дослідження є створення інтелектуальної системи управління освітленням на основі оцінки освітленості природними джерелами, що дозволить забезпечити ефективне використання енергії. Принципова схема складається з чутливого елемента (LDR – фоторезистор), апаратної обчислювальної платформи Arduino та середовища розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++. Мікроконтролер приймає вхідні дані з чутливого елемента (фоторезистора) і подає на свій вихід енергію на світлодіоди (освітлювальні блоки), або інші блоки (наприклад реле у випадку керування лініями високої напруги). Програма автоматично регулює світловий потік для отримання максимально точного результату.

Компоненти контуру

1) *Фоторезистор (LDR)*. Цей резистор змінює величину опору в залежності від інтенсивності світлового потоку, що падає на нього. Він діє як змінний резистор, величина опору якого залежить від інтенсивності світлового потоку. Це

допомагає аналізувати кількісні характеристики інтенсивності світла

і відповідно регулювати потужність контрольованої системи освітлення.

2) *ARDUINO UNO* – це фізична платформа з відкритим кодом, заснована на базі мікроконтролера серії ATmega32 та інтегроване середовище розробки для написання та завантаження кодів на мікроконтролер. Він має вхідні та вихідні штифти для взаємодії із зовнішніми пристроями, такими як датчики, вимикачі, двигуни тощо. Ця модифікація має 14 цифрових входів/виходів, 6 аналогових входів, кварцовий кристал 16 МГц, USB-з'єднання, гніздо живлення, внутрішній програматор ICSP і кнопку скидання. Живлення плати може здійснюватися через порт USB, або за допомогою адаптера напруги, або акумулятора. Arduino приймає вхідні сигнали з LDR, обробляє їх і передає вихід на світлодіоди безпосередньо або через реле та транзисторний механізм.

3) *Світлодіоди (LED)* – це рп-діод, який випромінює світло в разі, коли подається напруга на його контакти. Електрони рекомбінують з дірками всередині світлодіода, вивільняючи енергію у вигляді фотонів, які випромінюються у вигляді світла. Світлодіоди в нашій системі відіграють роль джерела світла. Кількість випромінюваного світлодіодом світла безпосередньо пов'язана з величиною освітленості в навколишнього середовища.

У випадку коли необхідно використовувати джерело високої напруги, замість світлодіода електричний імпульс подається на реле. Це дозволяє розділити кола високої і низької напруги.

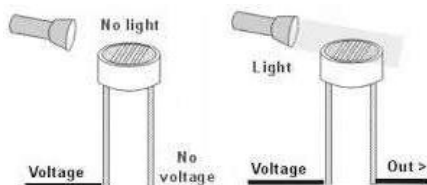
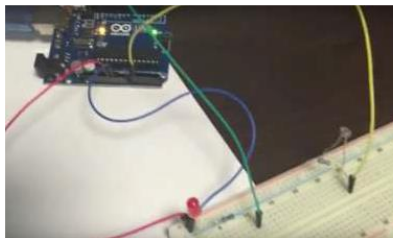


Рис. 2. Принцип роботи фото резистора.

Принцип роботи

Живлення системи здійснюється через спеціальне гніздо. Одна з клем фоторезистора підключається до контакту 5v на платі Arduino. Інший контакт фоторезистора – до резистора 10к, який діє як дільник напруги і потім остаточно підключений до землі (GND) плати. Вихідний сигнал подається на вихідний контакт 13, який підключений до світлодіода через 220 Ом резистор. Інший контакт світлодіода ідеально заземлений.



LDR змінює величину опору в залежності від кількості світла в просторі в кожний момент часу і, відповідно, передає дані в Arduino.

Arduino перетворює отримані дані на різні дискретні рівні. Наприклад, від 0 до 1023 дискретних рівнів, тоді 0 представляє максимальну темряву, а 1023 - максимально яскраву, тому отримане світло перетворюється в одне з дискретних значень від 0 до 1023. Тепер, залежно від дискретного значення, яке ми отримуємо (від 0 до 1023), ми регулюємо вихідну напругу відповідно від 0 до 5v. Отже, коли повна темрява (нічний час), що є дискретним рівнем 0, на вихід напруга становить 5v, як результат – світлодіод має найвищу яскравість. Коли частково темний (світанок / вечір), тобто дискретний рівень 512, тоді на виході напруга 2,5 V, і в результаті світлодіод отримує половину енергії від максимально яскравого. Максимально яскравість навколишнього середовища відповідає дискретному рівню 1023, тоді вихідна напруга дорівнює 0V, тобто світлодіод буде вимкнений. Таким чином, світлодіод не лише автоматично вмикається та вимикається, а й регулює яскравість випромінюваного світла відповідно до зовнішніх умов.

Отже, в результаті дослідження запропонований метод управління системами освітлення що дозволяє знизити рівень енергоспоживання та сприяє підвищенню ефективного використання енергії, та реалізований на базі мікроконтролера серії ATmega32, який встановлено на фізичній платформі з відкритим кодом Arduino.

Література

1. Effect of Light Color Temperature on Human Concentration and Creativity [online]. Доступно: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26098084/> [Дата звернення: 05.11.2020]
2. School invests in 'concentration' lighting [online]. Доступно: <https://www.luxreview.com/2019/03/08/schools-invests-in-concentration-lighting/> [Дата звернення: 05.11.2020]
3. Saving Energy with Internet of Things [online]. Доступно: <https://www.schoolofthefuture.sg/saving-energy-with-internet-of-things> [Дата звернення: 05.11.2020]
4. Creating Smarter Schools: Benefits and Applications of IoT in Education [online]. Доступно: <https://www.igor-tech.com/news-and-insights/articles/creating-smarter-schools-benefits-and-applications-of-iot-in-education> [Дата звернення: 05.11.2020]

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ДВОМАСОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН ЗА УМОВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ З АКТИВНИМ ПРИДУШЕННЯМ ПРУЖНИХ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ

Стародубцев О.С.

магістр групи ЕСА-19-1м

Пауков В.В.

магістр групи ЕСА-19-1м

Іванова Д.Д.

магістерка групи ЕСА-19-1зм

Задорожня І.М.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електромеханічних
систем автоматизації*

*Донбаська державна машинобудівна
академія*

Анотація. За результатами досліджень обґрунтовано, що при синтезі параметрів системи автоматичного управління електроприводами технологічних машин доцільно здійснювати оцінку процесів електромеханічного перетворення енергії пружних механічних коливань (для струму і відхилення ЕРС), що в разі реалізації електромеханічної взаємодії дозволить визначити умови реалізації максимуму демпфуючої дії електроприводу для оптимізації перехідних процесів.

Ключові слова: *електропривод, система керування, демпфування, електромеханічна взаємодія*

На сучасному етапі технічного розвитку промисловості в структурі світової енергетики відбуваються якісні зміни, а питання енергетичного характеру набувають не лише важливого актуального значення, вони стають фактором формування нової геополітичної та геоекономічної структури світу, на фоні чого першочерговою є політика країн у галузі підвищення енергоефективності та стимулювання процесів енергозбереження.

Підвищення енергоефективності, розробка та використання передових сучасних технологій і зміна структури виробництва електроенергії мають відбуватися паралельно з вдосконаленням технологій машинобудівної промисловості та впровадженням сучасних електроприводів (ЕП) із швидкодіючими системами керування.

Відомі наступні напрямки енергозбереження в ЕП технологічних машин:

- обґрунтований вибір встановленої потужності двигуна, що відповідає реальним потребам керованого механізму;
- перехід на більш економічні двигуни, в яких за рахунок збільшення маси активних матеріалів (заліза і міді), застосування більш досконалих матеріалів і технологій підвищені номінальні значення ККД і коефіцієнт потужності;
- перехід до більш досконалої з енергетичної точки зору системи ЕП, що реалізується за рахунок обґрунтованого вибору конкретного технічного рішення;
- використання спеціальних технічних засобів, що забезпечують мінімізацію втрат енергії в пристрої регулювання напруги на двигуні згідно з рівнем його навантаження, до яких можна віднести регулятори напруги, спеціальні перетворювачі, в яких передбачений режим енергозбереження;
- вдосконалення алгоритмів керування ЕП на основі енергетичних критеріїв оцінки його якості, вдосконалення відомих рішень, розробка ефективних технічних засобів для їх здійснення і пошук нових рішень, оптимальних в енергетичному сенсі;
- перехід від нерегульованого ЕП до регульованого і підвищення рівня автоматизації за рахунок включення в контур регулювання ряду технологічних параметрів.

Основною проблемою вдосконалення динамічних якостей ЕП при проектуванні технологічних машин є обмеження динамічних навантажень при порушенні пружних механічних коливань і забезпечення заданої точності руху робочого механізму.

Існує багато методів синтезу параметрів електромеханічних систем (ЕМС), що спрямовані на мінімізацію впливу пружних механічних коливань, з яких можна відокремити наступні напрямки:

- використання методів синтезу з метою мінімізації реакції ЕП на дію коливань моменту сил пружної передачі, як зовнішнього збурення [1, 2], при цьому здійснюється формування перехідних процесів з заданими показниками для координат розімкннутих та замкннутих ЕМС (m , i , ω_1);
- використання раціональних з точки зору синергетики методи синтезу, що базуються на принципах активного придушення пружних механічних коливань при посиленні особливих (специфічних) ефектів взаємодії підсистем [3, 4, 5].

Методи синтезу другого напрямку дозволяють визначити параметри і їх співвідношення оптимальні за загасанням коливань для основних координат системи (m , m_y , ω_1 , ω_2) на основі закономірностей електромеханічної взаємодії з відведенням і перетворенням енергії пружних коливань.

Одним з актуальних завдань при виборі параметрів силової частини ЕП постійного струму для підготовки до етапів синтезу ЕМС є оцінка

показників процесів електромеханічного перетворення енергії пружних механічних коливань.

Ефективність активного демпфірування пружних механічних коливань залежить від граничних значень моменту (струму) електродвигуна. Фактичні динамічні навантаження ЕП з урахуванням демпфуючих складових не повинні перевищувати допустимих за первантажувальною здатністю електродвигуна.

При виконання досліджень необхідного керуватися наступними аспектами [4, 6]:

- демпфірування ЕП пружних механічних коливань при взаємодії підсистем здійснюється на частотах, близьких до частоти вільних коливань механічної частини;
- властивість ЕП демпфувати коливання моменту в пружній ланці передбачає і адекватну частоті взаємодії реакцію відповідної швидкості зміни моменту електродвигуна.
- нормовані величини похідної моменту (струму) обмежуються експлуатаційними характеристиками електродвигуна.
- компенсація інерційності ланок силового ланцюга електроприводу, оптимізація процесів в контурах регулювання системи автоматичного керування, активне придушення пружних коливань вимагає максимальної швидкості зміни регулюючих величин, що неможливо без необхідних запасів за ЕРС перетворювача і відповідного збільшення струму;
- параметри і характеристики двигуна і керованого перетворювача обов'язково узгоджуються з урахуванням запасу за ЕРС і струмового перевантаження;
- оскільки в граничному випадку електромеханічної взаємодії коливання моменту (струму) в процесі перетворення енергії в електроприводі повинні згаснути за часом не раніше і не пізніше повного відведення (передачі) енергії механічної підсистеми, то при оцінці реакції електроприводу важливо знати час досягнення першого максимуму моменту (струму) яке визначається на частоті електромеханічної взаємодії.

В якості об'єкту аналізу було обрано двомасовий ЕП постійного струму з підпорядкованою системою регулювання (СПР), для якого складено відповідну структурну схему [3, 7, 8]. Для досліджень були враховані рекомендації з налаштувань контуру регулювання струму (КРС), а саме, при високій швидкодії контуру регулювання струму вплив на його характеристики з боку пружних механічних коливань достатньо незначний, тому налаштування регулятора здійснювалося, як в системі керування для одномасової розрахункової схеми. В рамках досліджень здійснювалося перетворення структурної схеми, отримання передавальної функції замкненої системи керування та характеристичного поліному:

$$Q(p) = \gamma T_{M1} T_T T_Y^2 p^4 + \gamma T_{M1} T_Y^2 p^3 + \gamma (T_{M1} T_T + K_R T_Y^2) p^2 + \gamma T_{M1} p + K_R, \quad (1)$$

де $T_Y = 1/\Omega_{12}$ – стала часу пружних коливань; $T_{M1} = J_1 \omega_0 / M_H$ – механічна стала часу електродвигуна; T_T – стала часу інтегрування КРС; $\Omega_{12} = \sqrt{C_{12} \gamma / T_{M2}}$ – частота вільних (недемпфованих) коливань механічної підсистеми; $\gamma = (T_{M1} + T_{M2}) / T_{M1}$ – коефіцієнт розподілу інерційних мас двигуна та механізму; K_R – коефіцієнт передачі пропорційного регулятора швидкості СПР; C_{12} – коефіцієнт пружності.

Для випадку активного придушення пружних коливань при урахування процесів електромеханічної взаємодії в ЕМС відомі співвідношення для коефіцієнту близькості парціальних частот електромеханічної та електромагнітної підсистем K_B та коефіцієнт демпфування ξ_D [4, 5]

$$K_B = \frac{1}{\gamma}; \quad \xi_D = \sqrt{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}. \quad (2)$$

Гранична ступінь демпфірування пружних коливань ЕП при електромеханічній взаємодії не залежить від форми нормування і способів зміни узагальнених параметрів і визначається тільки коефіцієнтом розподілу інерційних мас γ .

Для досліджуваної ЕМС при налаштуванні контурів регулювання на максимальне загасання за умов (2) для аналізованої структурної схеми були визначені наступні співвідношення для системи керування

$$T_T^* = \frac{\sqrt{K_B} T_Y}{2 \xi_D} = \frac{T_Y}{2 \sqrt{\gamma - 1}}, \quad K_R = \frac{T_{M1}}{2 \sqrt{K_B} \xi_D T_Y} = \frac{\gamma T_{M1}}{2 \sqrt{\gamma - 1} T_Y}.$$

та для електричного обладнання (перетворювача), що може бути обране для ЕП технологічної машини з метою реалізації максимального демпфування в ЕМС, а саме, залежності для визначення похідної струму та запасу за ЕРС перетворювача

$$\left(\frac{di}{dt} \right)_{MAX}^* = i_Z \cdot \left[\frac{2 \sqrt{a(\gamma - 1)}}{T_Y} \cdot e^{-\frac{\theta}{\mu_0}} \right],$$

$$\Delta e_{MAX} = \frac{1}{K_i} T_E \left(\frac{di}{dt} \right)_{MAX}^*,$$

$$\mu_0^* = \sqrt{\frac{5 - \gamma}{\gamma - 1}} \quad \theta = \arctg \sqrt{\frac{4 - a}{a}},$$

де $T_Y = 1/\Omega_{12}$ – стала часу пружних коливань; Ω_{12} – частота коливань двомасової системи електроприводу; μ_0 – показник коливальності в системі з максимальним демпфуванням; a – коефіцієнт, що визначає стандартні критерії оптимізації ($a = 1$ – квадратичний оптимум; $a = 2$ –

модульний оптимум; $a = 3$ – наближення до монотонного процесу; $a = 4$ – лінійний оптимум); μ_0 – показник коливальності; $K_i = U_N/I_N R_E$ – коефіцієнт передачі кола обмотки якоря; $T_E = L_E/R_E$ – електромагнітна стала часу.

Запропоновані співвідношення можуть бути використані для розрахунку похідної моменту (струму) та необхідного запасу за ЕРС перетворювача для реалізації граничного ступеня демпфування електроприводом коливань, дозволять ще на етапах проектування електромеханічних систем технологічних машин правильно вибрати на підставі відповідного розрахунку силову частину електричного та механічне обладнання із заданими експлуатаційними характеристиками, а також при модернізації оцінити можливості електроприводу з реалізації активного придушення пружних механічних коливань, що забезпечить оптимальні перехідні процеси для основних координат електроприводу, покращити показники якості регулювання, що загалом сприяє мінімізації втрат енергії – підвищенню енергоефективності ЕП технологічної машини.

Інформаційні джерела

1. Борцов Ю. А. Автоматизированный электропривод с упругими связями / Ю. А. Борцов, Г. Г. Соколовский. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 288 с.
2. Марущак Я.Ю. Синтез електромеханічних систем з послідовним та паралельним керуванням / Я. Ю. Марущак. – Львів: Вид-во Нац.ун-ту «Львівська політехніка», 2005. – 208 с.
3. Ключев В. И. Ограничение динамических нагрузок электропривода / Ключев В.И. – М.: Энергия, 1971. – 320 с.
4. Задорожний Н.А. Взаимосвязи и оптимизация параметров двухмассовых электромеханических систем: монография / Н.А.Задорожний, И.Н.Задорожня. – Краматорск: ДГМА, 2015. – 202 с.
5. Задорожня И. Н. Синтез электромеханической системы предельной степени устойчивости и минимальной колебательности упругой механической подсистемы / И. Н. Задорожня, Н.А. Задорожний // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». 2017. № 27 (1249). С. 150–155.
6. Задорожний, Н. А. Анализ демпфирующего действия электропривода с упругими механическими связями при астатическом регулировании / Н.А. Задорожний, А. Н. Беш, И. Н. Задорожня // Електротехнічні та комп'ютерні системи. Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика» – Київ : Техніка. – 2011. – Вип. 03(79). – С. 101–104.
7. Борцов Ю. А. Автоматизированный электропривод с упругими связями / Ю. А. Борцов, Г. Г. Соколовский. – СПб.: Энергоиздат, 1992. – 228 с.
8. Бургин Б. Ш. Анализ и синтез двухмассовых электромеханических систем / Б. Ш. Бургин – Новосибирск : Новосиб. электротехн. ин-т, 1992. – 199 с.

ЯДЕРНІ МІКРОБАТЕРЕЇ ДЛЯ ПРИСТРОЇВ МІКРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Тригубець Б.О.

*студент інженерно-хімічного
факультету*

Власенко Н.Є.

кандидат хімічних наук, доцент

*Національний технічний університет
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»*

Анотація. Мікроелектромеханічні системи (МЕМС) не отримали широкого застосування, оскільки їм не вистачало потужності необхідної для багатьох важливих програм. Може існувати кілька видів джерел для забезпечення необхідної енергії, але ядерні є найбільш підходящими для МЕМС з точки зору потужності та терміну експлуатації. У цій роботі описано кілька підходів для живлення МЕМС ядерним джерелом.

Ключові слова: *потужність, випромінювання, ядерні ізотопи.*

Мікроелектромеханічні системи (МЕМС) складаються з швидко розширюваного дослідницького поля з потенційні програми, що варіюються від датчиків у подушках безпеки до новітніх оптичних програм. Залежно від програми, ці пристрої часто потребують вбудованого джерела живлення для дистанційного керування операцією, особливо у випадках, коли вона триватиме протягом тривалого періоду часу [1]. Раніше мікроелектромеханічні системи працювали на викопному паливі та сонячній енергії, але ядерні джерела енергії можуть забезпечувати значні переваги для певних програм [2]. Отже, метою цього дослідження є встановити життєздатність ядерних джерел (бета- та альфа-частинок) для живлення реалістичних МЕМС пристроїв. Цей підхід раніше використовувався для виготовлення великомасштабних батарей і має перевагу в тому, що дуже високі напруги при низькій потужності легко генеруються.

Наприклад, загальноприйнятим методом активації поверхневих мікромашин є використання електростатичних сил між мікроскопічними паралельними пластинами. Такі методи вимагають напруги близько 50-100 В для корисного переміщення пластини в десятки мікронів. Незважаючи на те, що ці напруги високі, для роботи поверхневих мікромашин потрібна потужність в діапазоні від лише нановатт до мікроватт. Джерела, які виробляють напруги в цьому діапазоні, занадто великі і заперечують перевагу створення електромеханічних систем на мікромасштабі. Для реалізації справді автономних мікроелектромеханічних систем потрібно зробити інтегровані мікроаккумулятори на тій же підкладці, що і мікромашини. Отже, інтеграція ядерних батарей прямого заряду, які виробляють високі напруги з поверхневими мікрообробними пристроями МЕМС має великий потенціал.

Така інтеграція дозволить використовувати мікромасштабні системи для ряду дуже важливих програм.

Критичним аспектом створення мікроакумуляторів для пристроїв МЕМС є вибір ізотопу, який буде використовуватися як джерело живлення. Деякі вимоги до цього ізотопу включають безпеку, надійність, вартість та активність. Оскільки розмір пристрою є важливою складовою цього дослідження, гамма-випромінювачі не розглядалися, оскільки вони потребували б значної кількості екранування. Тому доцільно розглядати як альфа- та бета- випромінювачі з низькою енергією. Альфа-випромінювачі мають перевагу завдяки короткому діапазону альфа-частинок. Цей короткий діапазон дозволяє збільшити ефективність і, таким чином, забезпечує більшу гнучкість конструкції, припускаючи, що можна досягти достатньої активності. Період напіввиведення ізотопів повинен бути достатньо високим, щоб термін служби батареї був достатнім для типових застосувань і достатньо низьким, щоб забезпечити достатню активність. Крім того, новий ізотоп, що виникає після розпаду, повинен бути стабільним, або він повинен розпадатися, не випромінюючи гамма-випромінювання (Таблиця 1).

Таблиця 1

Залежність характеристик ізотопів від типу випромінювання

Ізотоп	Тип випромінювання	Півжиття	Максимальна енергія, кВ	Середня енергія, кВ
^3H	Бета-	12.3 р	18.6	5.7
^{63}Ni	Бета-	100.2 р	66.9	17.4
^{210}Po	Альфа-	138.4 д	5304.3	-

Вивчаються три способи включення радіоактивного матеріалу в пристрої МЕМС. Це активація шарів у пристрої МЕМС, додавання рідкого радіоактивного матеріалу у виготовленні пристроїв та додавання твердого радіоактивного матеріалу. У першому підході вихідний матеріал для радіоактивної дочки або онуки виготовлявся б як частина пристрою МЕМС, швидше за все, поблизу поверхні пристрою. При виготовленні пристрою вихідний матеріал буде піддаватися дії поля випромінювання в реакторі протягом певного періоду, поки не буде досягнута бажана сила джерела випромінювання. Сильно поглинаючі нейтронні або заряджені частинки матеріалу будуть використовуватися для маскуванню інших компонентів пристрою, які повинні залишатися не радіоактивними. Крім того, матеріал, що використовується для активації, буде обитася так, щоб він мав високий переріз активації, таким чином максимізуючи активацію "джерела" і мінімізуючи конкуруючу активність, що виробляється в оточуючих конструкціях. У другому і третьому підходах радіоактивні джерела вводяться в пристрій МЕМС після виготовлення. У випадку джерела рідини в пристрої повинен бути створений резервуар разом із каналом, що забезпечує доступ до резервуару. Потім резервуар можна заповнити, покладаючись на капілярну дію, щоб створити потік, а потім канал може бути герметичним, якщо це потрібно. У випадку твердого джерела радіоактивний матеріал доведеться зберігати у вибраних місцях

на пристрої. На даний момент є два підходи для створення такого типу джерела.

Безелектронне покриття ^{63}Ni . Безелектронне покриття - це покриття нікелем без використання електродів, але шляхом хімічного відновлення. Металевий нікель отримують шляхом хімічного відновлення розчинів нікелю за допомогою гіпофосфіту за допомогою автокаталітичної ванни. Покривний метал може бути нанесений у чистому вигляді на поверхні. Ванна являє собою водний розчин солі нікелю і містить відносно низьку концентрацію гіпофосфіту. Цей тип нікелювання може бути використаний на великій групі металів, таких як сталь, залізо, платина, срібло, нікель, золото, мідь, кобальт, паладій та алюміній. Протягом процесу покриття ванну потрібно нагрівати, підтримуючи температуру в діапазоні 90-100 °С, щоб сприяти реакції хімічного відновлення. Слід уникати температури кипіння ванни. При нижчих температурах реакція протікає повільно, а при більш високих температурах ванна випаровується. Важливим фактором, що впливає на процес покриття, є рН. Для нанесення покриття потрібно підтримувати рН на рівні 4,5-6. Більш низький рівень рН призводить до відсутності покриття. Дотримуючись цієї процедури, ми покриваємо на ці матеріали, потім ці тверді джерела можуть бути включені в пристрій MEMS.

^3H мікросфери. Ми маємо скляні мікросфери (діаметром від 25 до 53 мкм), які будуть випромінювати бета-випромінювання ^3H з низькою енергією. Вони отримуються опроміненням нерадіоактивних мікросфер із силікатного ^6Li скла в ядерному реакторі. Використовуючи цю процедуру, ми можемо виробляти активність до 12,8 мКи на грам на годину опромінення. Потім ці радіоактивні мікросфери можуть бути введені в пристрій MEMS у відповідну порожнину. Ці останні підходи дозволять отримати вищі щільності потужності, ніж підхід безпосереднього активації реактора, але забезпечать меншу гнучкість щодо конструкції пристрою.

Оцінка безпеки є важливою складовою будь-якого дослідження. Потенційні наслідки для здоров'я та навколишнього середовища при виробництві, використанні та утилізації цих ядерних мікро-батареї були детально вивчені. Наш аналіз демонструє, що потенційна кількість радіації, якій може піддатися працівник внаслідок виготовлення цих ядерних мікроаккумуляторів, значно нижча за межі, встановлені чинним законодавством. Пристрої MEMS з їх інтегрованою ядерною мікро-батареєю, які будуть використовуватися в широкому спектрі застосувань, як датчики, пускачі, резонатори тощо. Буде гарантовано, що їх використання не призведе до небезпечного опромінення. Радіоактивний матеріал у пристрої буде інкапсульований таким чином, що ймовірність потрапляння у навколишнє середовище та випадкового вдихання чи перетравлення надзвичайно мала. Зі зрозумілих причин, окрім міркувань безпеки, конструкція екранування та інкапсуляції цих мікроприладів спрямована на мінімізацію розміру та ваги пристроїв та їх вартості. Зовнішня доза, пов'язана з цими джерелами, дорівнює нулю, оскільки альфа-частинка повинна мати енергію більше 7,5 MeV, щоб проникнути в захисний шар шкіри.

Аналіз доводить, що вплив утилізації цих мікроприладів на навколишнє середовище після закінчення строку їх корисного використання, а також пов'язані з цим витрати є мінімальними. Оскільки після трьох періодів напіврозпаду активність ізотопу знизилася приблизно до 10% від початкової активності, мікроаккумулятори були б нижче рівня фонового випромінювання в такі періоди (Таблиця 2).

Таблиця 2

**Залежність періоду напіврозпаду активність ізотопу
від початкової активності**

Ізотоп	Півжиття	Час до 10% від початкової активності
3H	12.3 р	36.9 р
^{63}Ni	100.2 р	300.6 р
^{210}Po	138.4 д	1.1 р

Таким чином, використання та перспективи розвитку ядерних батарей є доцільним. Ядерні джерела є найбільш підходящими з точки зору потужності та терміну експлуатації та мають перевагу над альтернативною енергією та викопними видами палива. Безелектронне покриття ^{63}Ni та 3H мікросфери – це два найпрогресивніших типи джерела для живлення пристроїв МЕМС. Використання цих технологій є абсолютно безпечне для людини та навколишнього середовища.

Інформаційні джерела

1. Автоматизація проектування МЕМС з використанням системи COMSOL: навч. посіб. [для студентів, аспірантів та науковців, які спеціалізуються в галузі автоматиз. проектування та мат. моделювання мікроелектромех. систем] / В.М. Теслюк, Р.З. Кривий, М.Р. Мельник. 2015. 543 с.
2. "Symposium on Electroless Nickel Plating", спеціальна технічна публікація ASTM № 265, Американське товариство випробувальних матеріалів, Філадельфія, 1959.

ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В ОХОРОНІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Шевченко В.В.

*кандидат педагогічних наук, професор,
завідувач кафедри загальнотехнічних
дисциплін та охорони праці*

*Національний педагогічний університет
імені М.П. Драгоманова*

В сучасних умовах науково-технічної революції, коли людина все активніше втручається в природні процеси, вивчення закономірностей відносин організмів з навколишнім середовищем, - це поклик нашого часу. При так званому інтегрованому варіанті екологічної освіти,

екологічний компонент включається в зміст багатьох предметів - біології, фізики, хімії, суспільствознавства та ін.

Роль фізики при такій побудові питання безумовно величезна. Саме під час вивчення фізики відбувається знайомство із передовими досягненнями науково - технічного прогресу (НТП) і його екологічними наслідками, так як НТП - це результат використання фундаментальних фізичних досліджень в авангардних сферах суспільного життя (в ядерній фізиці та енергетиці, вивченні напівпровідників та мікроелектроніці, створенні унікальних лазерів, надпотужних та екологічно безпечних двигунів, отримання нових матеріалів і т. д.)

Передові технології сучасного НТП - це розширення інформатизації та комп'ютеризації людської діяльності, її автоматизації, а головне - вирішення глобальних екологічних проблем: використання нових безпечних матеріалів, прискорений розвиток енергетики на основі відновлюваних, альтернативних джерел енергії, енергозберігаючих виробництв, безвідходних технологій і ін.

Саме НТП, крім безперечних благ та можливостей, несе із собою і загрозу самому існуванню цивілізації: всезростаюча потреба в забезпеченні надкомфортних умов життя підсилює вплив людської цивілізації на навколишнє середовище, породжує глобальні, демографічні, сировинні, енергетичні та багато інших проблем.

Охорона природи та навколишнього середовища - це всесвітня спільна діяльність та надважлива робота кожної особистості зокрема.

Людство здавна хвилювали такі проблеми, як світ і війна, відношення з далекими і близькими сусідами, відкриття в медицині, науці і техніці і т.д.

Нічого в світі не змінилося і із плином часу. Ці проблеми хвилюють і зараз. Але якось поволі, непомітно, питання екології вийшли на перше місце за загальною людською значущістю, і ось вже з найвищих міжнародних трибун говорять про те, як зберегти нашу Землю блакитною, зеленою та чистою. І якщо раніше виживання асоціювалося насамперед із запобіганням ядерної війни, то зараз вижити - значить не знищити себе, своєю ж власною діяльністю: чи не закоптити небо промисловими викидами та димами, чи не отруїти річки відходами, чи не закидати ліси горами сміття.

Основоположник вчення про біосферу академік Вернадський В. І. свого часу писав: [1.]. «Обличчя планети - біосфера - фізично та хімічно різко змінюється людиною свідомо і головним чином несвідомо. Змінюється людиною фізично і хімічно повітряна оболонка планети, всі її природні ресурси ... »В останні десятиліття діяльність людини має великий за масштабами та інтенсивністю негативний та згубний вплив на природне середовище.

Інформаційні джерела

1. В.І. Вернадського. Т.2: Володимир Іванович Вернадський. Листування з українськими вченими. Кн.1 : Листування: А-Г / НАН України, Коміс. з наук. спадщини акад. В. І. Вернадського, Нац. б-ка України ім. В. І. Вернадського, Ін-т історії України.

СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ ПІД ЧАС ВИБОРУ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Шовкалюк М.М.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри теплотехніки та
енергозбереження ІЕЕ*

Пахунова К.Ю.

студент ІЕЕ

*Національний технічний університет
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»*

Анотація. Метою дослідження був вибір енергоефективних заходів з урахуванням соціальних факторів на прикладі багатоквартирної будівлі, де створено ОСББ. В ході роботи виконано енергетичне обстеження: зібрані вихідні дані, уточнені геометричні, теплотехнічні, експлуатаційні характеристики, побудовано енергобаланси. Розраховувалися питомі енерговитрати будівлі: фактичний рівень, базовий рівень та після рекомендованих заходів. Виконано аналіз роботи обладнання дахової котельні та виконана економічна оцінка енергоефективних заходів відносно огорожувальних конструкцій та інженерних мереж. Дослідження умов особливостей експлуатації включало розробку бланку анкети та проведення опитування мешканців стосовно комфортних умов перебування у приміщеннях, використання пільгових тарифів на електроенергію, обізнаності стосовно тарифів на теплопостачання та комунальні послуги, а також поінформованості стосовно можливостей фінансування енергоефективних проєктів. Урахування соціальних аспектів дозволить аудитору сформувати пакет економічно обґрунтованих технічних та організаційних заходів, які будуть підтримані більшістю власників. Виконання енергообстеження на прикладі даної реальної житлової будівлі є предметом бакалаврського дипломного проєкту. Залучення студентів до виконання енергетичних обстежень існуючих будівель сприяє підвищенню їх зацікавленості та якості надання освітніх послуг.

Ключові слова: *енергозбереження, житлова будівля, соціальні фактори.*

В результаті виконання енергообстежень будівель і підготовки звітів з енергоаудиту фахівці повинні запропонувати економічно обґрунтовані заходи з енергозбереження, причому вивчення соціальних факторів впливу рекомендаціями стандартів [1-3] не передбачено. Проте різні інвестиційні програми і проєкти [4] передбачають, що для отримання фінансування проєктів термомодернізації житлових будівель,

де створено ОСББ, потрібно на загальних зборах мешканців отримати підтримку більшістю голосів (67% - у разі роботи з Фондом енергоефективності [5]). Як показує практика, окупність заходів не завжди є головним критерієм, яким керуються власники.

Предметом досліджень є аналіз соціальних факторів та оцінка енергетичних параметрів на прикладі існуючого 9-поверхового багатоквартирного житлового будинку 2009 року побудови. Будівля має П-подібну компоновку (рис.1), опалювальна площа 15400 м², зовнішні огороження товщиною 50 см із силікатної та червоної цегли з утепленням внутрішньої поверхні стіни мінеральною ватою. Опір теплопередачі стін 2,32 м²·К/Вт, що не відповідає нормативному 3,3 м²·К/Вт. Будівля має неопалювальний підвал та технічний поверх.

Інші характеристики будівлі наведено у табл.1.

Таблиця 1

Характеристики будівлі

№	Найменування	Опис
1	Енергопостачання: - електропостачання; - опалення; - гаряче водопостачання	- централізоване; - від дахової газової котельні (6 водогрійних модулів Колві); - по проєкту – від дахової котельні, фактично - від індивідуальних електробойлерів (за рішенням зборів ОСББ)
2	Прилади обліку	- загальнобудинковий облік газу на потреби опалення; - загальнобудинковий облік електроенергії МЗК; - індивідуальні двозонні лічильники електроенергії (день/ніч), проте частина квартир не завершили процедуру оформлення; - індивідуальні лічильники холодної води
3	Кількість мешканців	1000 людей, переважно молоді родини віком 35-45 років

Тариф на опалення встановлюється на початку опалювального періоду і затверджується загальними зборами ОСББ, у разі економії природного газу в наступному сезоні відбувається перерахунок витрат. Експлуатація власної котельні дозволяє встановлювати тарифи для опалення будинку значно нижче, ніж у регіоні: вартість централізованого опалення становить близько 48 грн/м², а для ОСББ становить 20 грн/м². Проте, незважаючи на це, проведене опитування показало, що близько 20% мешканців вважають їх завищеними, а близько 40% не знають та не цікавляться рівнем тарифів у сусідніх будинках та в Україні. Такий низький рівень оплати за теплопостачання призводить до погіршення економічної привабливості заходів.

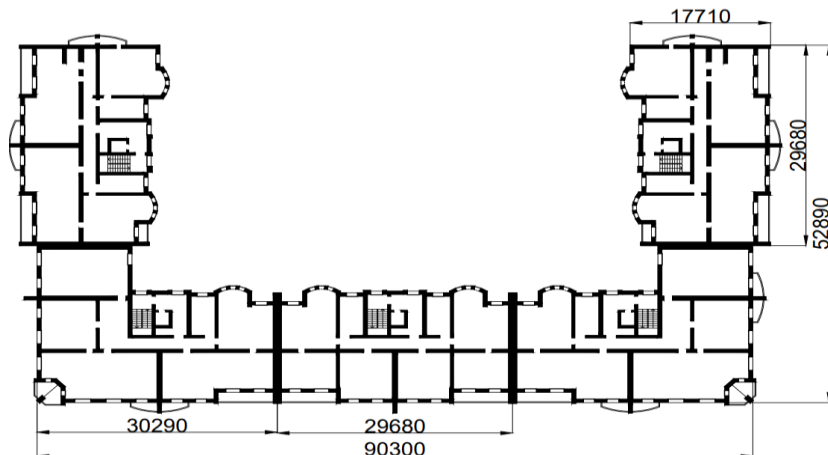


Рис.1 План будинку

Система опалення – двотрубна з супутнім рухом теплоносіїв, подача гарячої води зверху-вниз, на опалювальних приладах за проектом встановлені ручні вентиля. Наявні численні втручання в систему з заміною та перенесенням опалювальних приладів по приміщеннях, у двох квартирах виявлено, що мешканці виконали водяне підлогове опалення за рахунок теплоносія від дахової котельні, внаслідок чого система розбалансована. Під час обстеження виявлено, що регулювання витрат енергії на даховій котельні відбувається в ручному режимі; існує різниця між температурами по стоякам, що призводить до коливань температур відповідних приміщень від 17 до 26 °С; у квартирах 4÷6 поверхів батареї більшу частину опалювального періоду холодні.

Для будівлі були запропоновані можливі заходи з енергозбереження (табл.2) з оцінкою економічної доцільності для можливості їх обговорення результатів аудиту на зборах ОСББ.

Таблиця 2

Пакети рекомендованих заходів з енергозбереження

№	Назва заходу	Пакети заходів, Т _{ок} , років		
		Мінімальний, 1,5, р.	Оптимальний, 4,5 р.	Максимальний, 14,3 р.
1	Встановлення частотного перетворювача на насоси			
2	Утеплення та герметизація входу в підвал			
3	Налагодження погодного регулювання			
4	Встановлення тамбурних дверей			
5	Модернізація освітлення з датчиками руху на сходових клітинах			
6	Модернізація вентиляції з впровадженням рекуператорів			
7	Заміна частини котельних потужностей (для перехідних періодів)			
8	Заміна вікон місць загального користування			
9	Заміна вікон квартир на енергоефективні			

10	Утеплення перекриття технічного поверху			
11	Утеплення зовнішніх стін			
12	Встановлення квартирного обліку тепла з модернізацією системи			
13	Балансування системи опалення з модернізацією системи			

Результати енергоаудиту доповідалися мешканцям на загальних зборах і детально обговорювалися; в результаті найбільшу кількість голосів набрали наступні заходи: модернізація освітлення – 70%, поквартирний облік теплоти – 65%, автоматика погодного регулювання та частотне регулювання насосів – 60%. Як бачимо, незважаючи на те, що захід з встановлення приладів-розподільувачів для поквартирного обліку теплової енергії є довгоокупним, мешканці обрали його як один з найбільш пріоритетних, що пояснюється в першу чергу особливостями менталітету українців, а також незадовільною роботою системи опалення через її розбалансованість у будинку. На наступному етапі за попередньо розробленими анкетами проводилося опитування серед мешканців будівлі. Окремі його результати наведено у табл.2-4.

Таблиця 2

Розподіл голосів мешканців будівлі стосовно умов мікроклімату

Комфортна температура влітку (норма 26°C)		Комфортна температура взимку (норма 20°C)	
18÷20 °C	5 %	<22 °C	37 %
20÷22 °C	43 %	22÷24 °C	44 %
22÷24 °C	44 %	24÷26 °C	17 %
>24 °C	8 %	>26 °C	2 %

Таким чином, найбільш комфортною температурою внутрішнього повітря для більшості мешканців є 22÷24 °C, що не відповідає нормативним вимогам для холодного і теплого періодів.

Таблиця 3

Розподіл голосів мешканців стосовно використання додаткових пристроїв

Використання додаткових пристроїв			Рівень задоволеності послугами опалення	
Відповідь	обігрівачі	кондиціонери		
Так, зимою/влітку	22 %	17 %	Цілком задоволені	55 %
Так, у перехідний період	34 %	26 %	Є зауваження	35 %
Ні, у нас комфортно	31 %	30 %	Здебільшого незадоволені	5 %
Ні, я економлю	13 %	27 %	Незадоволені	5 %

Зважаючи на розбалансованість системи, задоволеність послугами опалення складає лише 55%, решта або має зауваження, або незадоволені. Причому обігрівачі та кондиціонери для підтримання комфортних умов використовують близько половини власників квартир,

що доцільно враховувати під час побудови енергетичних балансів житлових будівель.

Таблиця 4

Розподіл голосів мешканців стосовно використання регулювання витрат

Можливості регулювання витрат тепло/електроенергії			Родини, що використовують можливості регулювання енергоспоживання для зменшення витрат залежно від кількості дітей		
Відповідь	Ручні вентиля на батареях	Нічний тариф на ел/енергію	Вид впливу	2 дитини	3 дитини
Так	44 %	49 %	Вид впливу	2 дитини	3 дитини
Ні	30 %	32 %	Ручні вентиля	44 %	72 %
Немає технічної можливості	26 %	19 %	Нічний тариф	58 %	55 %

Виявлено, що лише 44% мешканців використовують наявні ручні вентиля на батареях для регулювання витрат теплоенергії, і лише половина квартир економлять кошти на електроенергію, використовуючи побутові пристрої вночі; тобто існує суттєвий резерв економії у разі більш свідомого відношення до енерговитрат. Наявність дітей у родині підвищує відсоток використання можливостей регулювання для зменшення витрат на комунальні послуги та підтримання комфортних умов мікроклімату у приміщеннях.

Висновки. Вивчення умов експлуатації будівель та урахування соціальних аспектів – дуже впливовий фактор під час розробки пакету заходів з енергозбереження, так як фактичний стан будівель відрізняється від проектних характеристик. Часто більш привабливий термін окупності рекомендованих заходів не є пріоритетним фактором для мешканців, тому що існують інші більш «болючі питання»: неефективна робота система опалення у деяких квартирах при однаковій оплаті за опалення, перетоки теплової енергії між сусідніми квартирами, незадовільні умови мікроклімату та ін. Більшість (77%) підтримують участь у кредитних програмах фінансування енергоефективності, але лише 42% власників є поінформованими щодо них.

Інформаційні джерела

1. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. К., 2016.
2. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. К., 2015.
3. ДСТУ 2155-93. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню.
4. М.М. Шовкалюк. Співпраця України з міжнародними фінансовими організаціями у сфері підвищення енергоефективності ЖКГ // Збірник праць XIV Всеукр. конф. «Міжнародне науково-технічне співробітництво: принципи, механізми, ефективність» - [Київ, 15-16.03.2018], - с.34-37.

5. Закон України 2095-VIII від 08.06.2017 «Про Фонд енергоефективності».
6. Методика розподілу між споживачами обсягів спожитих у будівлі комунальних послуг – Наказ № 315 від 22.11.18 Мінрегіонбуду.

КОГЕНЕРАЦІЙНЕ ВИРОБНИЦТВО ЯК ОСНОВА СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДЕРЖАВНО-ПРИВАТНОГО ПАРТНЕРСТВА НА МІСЦЕВОМУ РІВНІ В УМОВАХ РЕФОРМИ ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ В УКРАЇНІ

Ющенко Н.Л.

*кандидат економічних наук, доцент,
докторант кафедри автоматизованих
систем і моделювання в економіці*

*Хмельницький національний
університет*

Анотація. Робота присвячена аналізу стану системи централізованого теплопостачання в Україні, систематизації позитивного досвіду розвитку когенерації країнами ЄС і обґрунтуванню необхідності його використання в трансформації застарілих українських систем централізованого теплопостачання в сучасні енергоефективні системи, а також наданню пропозицій щодо економіко-математичного інструментарію вирішення завдань розподілу і використання ресурсів, необхідних для модернізації теплоенергетики України.

Ключові слова: *децентралізація, економіко-математичний інструментарій, енергоефективність, когенерація, теплопостачання.*

Здобувши незалежність в 1991 р. за обсягами централізованого виробництва теплової енергії Україна поступалася тільки Росії, проте європейські сусіди: Латвія, Естонія, Польща, не кажучи вже про Данію – лідера з розвитку централізованого теплопостачання, в останні роки вийшли вперед. Якщо ще п'ять років тому до систем централізованого теплопостачання (СЦТ) в Україні було приєднано 60% опалювальної площі всіх будинків, а 30 років тому – 63%, рівно стільки, скільки зараз в Данії, то нині в Україні цей показник становить близько 50%. Згортання СЦТ замість їх модернізації із застосуванням сучасних вискоелективних технологій позбавляє споживачів перспективи одержувати теплову енергію за прийнятною ціною, а державу Україна – забезпечення енергетичної незалежності й безпеки.

У 2010 р. в країнах ЄС частка централізованого теплопостачання становила лише 10%, але з метою диверсифікації джерел теплової енергії, підвищення енергетичної незалежності країн, використання можливості одержувати дешеву теплову енергію, планується, що до 2030-го цей показник зросте до 30%, а до 2050 р. – до 50%. Частка

традиційних газових котлів у СЦТ європейських країн наразі не перевищує 20% (в Україні – близько 60%), до 2050 р. частка таких котлів не перевищуватиме 10%.

Європейські країни, насамперед Данія, впроваджують системи централізованого теплопостачання четвертого покоління, характерними рисами яких є використання низькотемпературного теплоносія, що дає змогу корисно використовувати міські теплові викиди; інтеграція джерел енергії в єдину мережу; забезпечення доступу до інтегрованої теплової мережі незалежних постачальників теплової енергії; динамічна взаємодія між постачальниками та споживачами теплової енергії; активна участь систем централізованого теплопостачання у регулюванні електричних навантажень енергетичної системи; можливість бути складовою частиною інтегрованих інтелектуальних систем, зокрема систем охолодження; можливість забезпечити керуючі структури потрібною інформацією для планування витрат, режиму роботи, стратегічних інвестицій. За роки незалежності в сфері централізованого теплопостачання України в плані енергоефективної модернізації галузі нового створено надто мало. Те, що робиться, – це спроба підтримувати стару систему в технічно справному стані. На зміну потужним українським СЦТ, а, для прикладу, система м. Київ за потужністю посідає третє місце у світі, приходять домові, квартирні газові й електричні котли та бойлери. Дедалі більше відбувається прив'язування до електроенергії, дорогого природного газу та втрачаються потенційні можливості використовувати інші, дешевші, джерела енергії. Надійність СЦТ, особливо трубопроводів, катастрофічно знижується [1, додаток 1].

Українське теплопостачання асоціюється з низкою проблем нормативно-правового, технічного, техніко-економічного, соціального і фінансового характеру. Одні проблеми поглиблюють інші, ті, своєю чергою, породжують треті і в результаті утворюють замкнений ланцюг причинно-наслідкових зв'язків: споживачів не влаштовує показник ціна/якість – вони відключаються від систем централізованого теплопостачання – обсяги реалізації теплової енергії падають – економічні показники підприємств теплопостачання погіршуються – виникає необхідність у підвищенні тарифу – посилюється процес відключення споживачів від систем централізованого теплопостачання: коло замкнулося.

В умовах реформи децентралізації в Україні, коли формування місцевих енергетичних систем на основі економічно ефективного врахування потенціалу місцевих видів палива, логістики постачання, регіональної та загальнодержавної енергетичної інфраструктури; сприяння реконструкції дільниць у тепломережах з метою мінімізації втрат; підтримка реалізації проектів з когенерації на ТЕЦ і когенерації на біопаливі; підтримка будівництва високоефективної когенерації, реконструкція ТЕЦ відповідно до вимог екологічних нормативів та запровадження системи комерційних розрахунків на основі якісних показників надання послуг з теплозабезпечення і охолодження; здійснення переоцінки техніко-економічних показників проектів із далекомагістрального транспорту тепла від великих енергетичних

об'єктів (ТЕС та АЕС) та прийняття рішення про доцільність їх реалізації; формування програми з підтримки модернізації чи заміни старих бойлерів, переведення споживачів тепла на автономне та/або індивідуальне опалення, де це є економічно доцільним, в рамках оптимізації та інноваційного розвитку енергетичної інфраструктури (до 2025 року) передбачені Енергетичною стратегією України на період до 2035 року [1], як і впровадження низки заходів з оптимізації структури споживання завдяки скороченню втрат у мережах задля забезпечення сталого розвитку (до 2035 року) на третьому етапі впровадження енергетичної стратегії, комбіноване виробництво електричної та теплової енергії (когенерацію), тверді побутові відходи, біопаливо, сонячну енергію, геотермальну енергію, теплову енергію морів, водойм, міські каналізаційні стоки, вентиляційні викиди, скидну теплову енергію промислових підприємств слід розглядати як основні джерела теплової енергії.

Комбіноване виробництво електричної й теплової енергії (когенерація) дозволяє на 10-30% знизити витрати палива порівняно з роздільним виробництвом цих видів енергії. Відповідно до Директиви 2012/27ЄС [2] ефективні системи централізованого тепlopостачання й охолодження – це системи, що використовують мінімум 50% відновлюваної енергії, 50% вторинних теплових енергетичних ресурсів, 75% теплоти когенерації або 50% сукупності теплоти від цих джерел. Таких систем в Україні поки що немає [3]. Водночас нереалізований потенціал когенераційного виробництва електростанцій України є базисом, який допоможе нам якнайшвидше створити енергоефективні СЦТ. Установлена теплова потужність турбоагрегатів ТЕЦ, ТЕС і АЕС України в кілька разів перевищує потреби в тепловій енергії СЦТ.

На відміну від Європи, де когенерація розвивається, наявні в Україні когенераційні установки не тільки не прирастають новими споживачами, а й неухильно втрачають ринок збуту теплової енергії. За 1990-2018 рр. когенераційний відпуск теплової енергії впав у чотири рази (паралельно зі зниженням загального відпуску теплової енергії від СЦТ).

Наряду з існуванням інших чинників, що обмежують розвиток когенерації в Україні, одна з причин криється в застарілих підходах до розподілу економії від комбінованого виробництва між електричною й тепловою енергією. В Україні її традиційно відносять головним чином на електричну енергію. Розрахункова ефективність виробництва теплової енергії в сучасних когенераційних установках за застарілими методиками часто виявляється меншою, ніж у газових котельнях, що гальмує розвиток когенерації в країні. Відому науково-методичну проблему об'єктивного розподілу витрат на паливо між електричною й тепловою енергією успішно вирішили на початку цього сторіччя в Національній академії наук України. Але розроблені рекомендації досі необов'язкові до виконання, що не дає змоги активно впроваджувати сучасні когенераційні технології. Потрібно надати розробленим рекомендаціям статус обов'язкового нормативно-технічного документа.

Проблеми когенерації слід вирішувати з використанням європейського досвіду, передусім Данії та Німеччини, і урахуванням наших реалій. Однак базова роль когенерації в трансформації застарілих українських СЦТ у сучасні енергоефективні системи безсумнівна.

Плануючи на основі застосування державно-приватного партнерства на місцевому рівні видатки на розвиток інфраструктури, фінансування робіт з надання життєво необхідних послуг для забезпечення комфортних умов проживання та перебування громадян на відповідній території та з ремонту і утримання об'єктів інфраструктури, які мають бути спрямовані на забезпечення та збереження їх технічного стану, підвищення експлуатаційних якостей та продовження їх строків служби, та підтримку економіки органами місцевого самоврядування може використовуватися економіко-математичний інструментарій урахування часу, вартості й ресурсів [4-6].

Інформаційні джерела

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року „Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”: Розпорядження Кабінету Міністрів України № 605-р від 18.08.2017 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p> (дата звернення: 12.11.2020).
2. Директива Європейського Парламенту та Ради 2012/27/ЄС від 27 жовтня 2012 року про енергетичну ефективність. URL: http://saee.gov.ua/sites/default/files/UKR_Directive_27_12_2.doc (дата звернення: 17.11.2020).
3. Євген Нікітін, Сергій Дубовський (2019). Централізоване тепlopостачання. Застаріла спадщина чи європейське майбутнє? *Дзеркало тижня. Україна*. Випуск №1288. URL: https://zn.ua/ukr/energy_market/centralizovane-teplopostachannya-324748_.html (дата звернення: 12.11.2020).
4. Ющенко Н.Л. Математичні моделі визначення резерву часу для збалансованого розподілу трудових, матеріальних і фінансових ресурсів при модернізації комунальної теплоенергетики України. *Науковий вісник Полісся*. Чернігів : ЧНТУ, 2016. № 2. С. 16-25. URL: <http://nvp.stu.cn.ua/ru/component/k2/item/489-yuschenko-n-l-matematichni-modeli-viznachennya-rezervu-chasu-dlya-zbalansovanogo-rozpodilu-trudovih-materialnih-i-finansovih-resursiv-pri-modernizatsiyi-komunalnoyi-teploenergetiki-ukrayini.html> (дата звернення: 12.11.2020).
5. Yushchenko, N., Petrakov, Ya., Hnedina, K. (2018). Methodical foundations for modeling the timing of modernization of Ukraine's energy facilities in conditions of limited labor, material and financial resources. *Problems and prospects of economics and management*, 4 (16), 131-139.
6. Ющенко Н.Л. Економіко-математичний інструментарій вирішення завдань розподілу і використання ресурсів, необхідних для модернізації теплоенергетики України. *Приазовський економічний вісник*. Електронний науковий журнал. 2019. Випуск 2(13). С. 404-407. URL: <http://pev.kpu.zp.ua/vypusk-13> (дата звернення: 12.11.2020).

ЗМІСТ

<i>Huseynzade Sh.S.</i> Application of the logic output method for regulation of the pump unit parameters	3
<i>Братюк П.В.</i> Підвищення ефективності перетворювання енергії електричного струму в тепло на підставі теореми віріалу	7
<i>Бурачок О.В., Кондрат О.Р.</i> Синергія при нагнітанні CO ₂ у виснажений газоконденсатний поклад: геологічне захоронення та додатковий видобуток вуглеводнів	11
<i>Капустіна Т.П., Суржик Ю.О.</i> Екологічні аспекти використання геотермальної енергії	14
<i>Кияновський Н.І., Коваленко І.В., Власенко Н.Є.</i> Енергоефективні методи при виготовленні композиційних матеріалів	18
<i>Компанець Е.В., Гармата О.М.</i> Екологічні енергоефективні напрямки розвитку суспільства	21
<i>Корець М.С.</i> Реалізації проекту «Зелений університет» в навчальних корпусах та гуртожитках Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова	23
<i>Кучменко О.М.</i> Переваги і недоліки індивідуальної та централізованої систем опалення	27
<i>Мединський А.Г.</i> Importance of electricity price forecasting and application of arima forecasting model	30
<i>Немченко К.Ю.</i> Інтелектуальна система управління системами освітлення з використанням мікроконтролера arduino	34
<i>Стародубцев О.С., Пауков В.В., Іванова Д.Д., Задорожня І.М.</i> Вдосконалення енергетичних можливостей двомасових електроприводів технологічних машин за умов реалізації процесів електромеханічної взаємодії з активним придушенням пружних механічних коливань	37
<i>Тригубець Б.О., Власенко Н.Є.</i> Ядерні мікробатереї для пристроїв мікроелектромеханічних систем	42
<i>Шевченко В.В.</i> Фізичні процеси в охороні навколишнього середовища	45
<i>Шовкалюк М.М., Пахунова К.Ю.</i> Соціальні аспекти під час вибору заходів з енергозбереження для житлових будівель	47
<i>Ющенко Н.Л.</i> Когенераційне виробництво як основа створення енергоефективної системи централізованого тепlopостачання при застосуванні державно-приватного партнерства на місцевому рівні в умовах реформи децентралізації в Україні	52

Наукове видання

**Збірник матеріалів
V Всеукраїнської науково-практичної
конференції**

«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ: НАУКА, ТЕХНОЛОГІЇ, ЗАСТОСУВАННЯ»

Київ, 25 листопада 2020 р.

Комп'ютерна верстка: Немченко Н.М.
Відповідальний за випуск: Немченко Ю.В.

За зміст публікацій, достовірність результатів
досліджень відповідальність несуть автори.

Матеріали друкуються в авторській редакції.

Підписано до друку 1.12.2020. Формат 60x84/16
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Verdana,
Умов. друк. арк. 3,87. Наклад 100 ек.

Адреса редакції:
проспект Леся Курбаса, 2а, м. Київ, 03680