

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

**МАТЕРІАЛИ IV ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

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

**Частина I**

*Київ, 27 листопада 2019 р.*

КИЇВ – 2019

**УДК 620.91: 621.31 (063)**

**Е90**

Енергоефективність: наука, технології, застосування: Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Енергоефективність: наука, технології, застосування». Частина I. Київ, 27 листопада 2019 р. – Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2019. – 68 с.

*Друкується згідно з ухвалою Вченої ради  
Інженерно-педагогічного факультету  
НПУ імені М.П. Драгоманова,  
протокол № 5 від 4 грудня 2019 р.*

Збірник містить матеріали IV 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:**

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

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



## СУЧАСНІСТЬ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

**Баранецький О.В.**

*студент 1 курсу  
факультету біотехнології*

**Зульфїгаров А.О.**

*кандидат хімічних наук,  
старший викладач кафедри загальної  
та неорганічної хімії ХТФ  
НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»*

Існуючі на сьогодні джерела енергії поділяють на традиційні та альтернативні. До традиційних відносять корисні копалини – нафту, газ, вугілля. Їх найбільший недолік полягає в тому, що це невідновлювані ресурси. У цьому полягає перший фактор, що мотивує визнати необхідність використання інших енергоносіїв. Рано чи пізно навіть найбагатші родовища вичерпають себе, тому пошук нових варіантів отримання енергії стає з кожним роком більш актуальним. Другим фактором, а за значимістю, можливо, і першим, є вплив на екологію планети. Викиди парникових газів, які утворюються при спалюванні корисних копалин, порушують кліматичний баланс. Наслідки зміни клімату в останнє десятиліття стають все відчутнішими. Пролівні дощі й урагани, сніг посеред весни, періоди тривалої посухи, повені, торнадо й інші природні явища виникають все частіше, і керувати ними ми не можемо. Єдиний доступний людям спосіб знизити темпи зміни клімату – це перехід на більш екологічно чисті джерела енергії, до яких належать відновлювані, або альтернативні: сонце, вітер, вода, біогаз та інші.

**Ключові слова:** *геотермальна енергетика, сонячна енергетика, біогаз.*

Альтернативні джерела енергії – це природні явища, які шляхом перетворення в спеціальних установках перетворюються в теплову або електричну енергію. До них відносять: сонячне електромагнітне випромінювання; кінетичну енергію руху повітряних мас (вітер); кінетичну енергію водного потоку (річки); енергію морських припливів і відливів; теплову енергію гарячих джерел. До альтернативної енергетики відносять також отримання тепла в процесі спалювання відновлюваного палива – біогазу, біоетанолу, паливних пелет та ін. Розглянемо позитивні сторони та недоліки альтернативних видів енергії.

Найбільш поширеним по темпам впровадження в приватному секторі у світі є сонячна енергетика. В її основі лежить використання сонячної енергії для отримання електричної або теплової енергії в будь-якому зручному для їх застосування вигляді. Сонячна енергетика використовує поновлюване джерело енергії і у майбутньому, може стати екологічно чистою, тобто такою, що не виробляє шкідливих відходів. На сьогодні сонячна енергетика широко застосовується у випадках, коли малодоступність інших джерел енергії, в сукупності з достатньою кількістю соняч-

ного випромінювання, виправдовує її економічно. Однак все більш поширеним стає створення промислових сонячних електростанцій. Багато країн спонукають до зростання сонячної енергетики, збільшення її популяризації, і заохочення в економічному плані. Наприклад зниження тарифів, чи спонсорування в даних шляхах використання і вироблення енергії. Недоліками сонячної енергетики є вартість обладнання та великі площі, необхідні при промислового виробництві електроенергії.

Ще одним швидко розважаємся типом альтернативної енергетики є енергія вітру. Альтернативна енергія вітру використовується людством здавна, прикладом чого є вітряки. Їх сучасний прообраз – вітрова енергетична установка – використовує перетворення кінетичної енергії рухомих повітряних мас в електричну енергію. Кілька десятків вітрогенераторів, об'єднані в одну мережу, утворюють вітрову електростанцію. Це один з найбільш дешевих видів альтернативної енергетики. У більших масштабах прогнозується, що вітроелектростанції забезпечать до 2030 року 20% світового виробництва електроенергії. Поточні вітроенергетичні установки споживають приблизно двадцять мільйонів будинків у США на рік, і це число зростає. Зараз у більшості держав встановлено певну форму вітроенергетики, і інвестиції в технології продовжують зростати. Його великим недоліком є наявність шуму, виробленого вітровою установкою. Побічним негативним ефектом можна також вважати загибель перелітних птахів, які потрапляють в лопаті генератора.

Третім типом альтернативної енергетики, що використовується в промислових масштабах з давніх часів є гідроенергетика. Гідроенергетика несе в собі цілий ряд переваг. Це не тільки чисте джерело енергії, а це означає, що воно не створює забруднення та безліч проблем, які виникають з нього, але це також відновлюване джерело енергії. Що ще добре, це джерело також пропонує ряд вторинних переваг, які не відразу очевидні. Греблі, що використовуються для отримання гідроелектричної енергії, також сприяють управлінню паводками та зрощенням. Рухомий водяний потік як альтернативне джерело енергії використовується в декількох видах генераторів. Одні з них встановлюються на річках і працюють за рахунок природної течії (міні – ГЕС), інші «налаштовані» на роботу з океанічними або морськими приливами, треті – знімають «пінку на гребені хвилі», тобто працюють на енергії морських хвиль. Останній тип поки знаходиться в процесі випробувань, а перші два давно пройшли етап тестування і працюють. Плюсом гідроенергетики є екологічна чистота, недоліками – висока вартість обладнання, обмеженість можливих місць установки та затоплення місцевості внаслідок будівництва греблі [1]. Іншим видом альтернативної енергетики є іюгаз (також каналізаційний газ, звалищний газ). Різновид біопалива – газ, який утворюється при мікробіологічному розкладанні метановим угрупованням біомаси чи біовідходів (розкладання біомаси відбувається під впливом трьох видів бактерій), твердих і рідких органічних відходів: на звалищах, болотах, каналізації, вигрібних ямах тощо. Добувають з відходів тваринництва, харчової промисловості, стічних вод та твердих побутових відходів (відсортованих, без неорганічних домішок, та домішок неприродного походження). Тобто застосовувати можна будь-які місцеві природні ресурси [2].

І, нарешті, ще одним альтернативним шляхом отримання електричної енергії є геотермальна енергетика — промислове отримання енергії, зокрема електроенергії, з гарячих джерел, термальних підземних вод. Сьогодні близько 90 країн світу мають значний потенціал для виробництва тепла й електрики, 24 з них використовують геотермальні технології на практиці. Сумарна потужність діючих ГеоТЕС (теплових) і ГеоЕС (електричних) у світі становить близько 85 ГВт, з яких приблизно 15 % припадає на виробництво електрики, а решта — на виробництво теплової енергії.

Отже, дивлячись на всі наведені факти, найбільші темпи розвитку набула сонячна енергетика. Для неї потрібні тільки сонячні панелі і дрібні деталі, але це не самий швидкий і надійний спосіб добування енергії, так як це залежить від сонця [3]. Оскільки проблеми, що виникають внаслідок використання традиційних викопних видів палива, стають все більш актуальними, альтернативні джерела палива, у будь-якому вигляді, швидше за все набуватимуть більшого значення з кожним днем в геометричній прогресії. Їх переваги полегшують, чи навіть можна сказати, ліквідують багато проблем, спричинених використанням викопного палива, особливо коли мова йде про викиди в навколишнє середовище. Це призвело до збільшення ряду альтернативних джерел енергії. Всі вони вносять щось позитивне порівняно з викопними видами палива. Зниження викидів, зниження цін на «паливо» та зменшення забруднення - все це переваги, які часто може забезпечити використання альтернативних видів палива.

### **Інформаційні джерела**

1. <https://ecodevelop.ua>
2. <https://ekotechnik.ua>
3. <http://www.proelectro.info>

## **LOCAL ALTERNATIVE ENERGY SOLUTIONS IN UKRAINE**

**Boiko Stanislav Ihorovych**

*Post-graduate (Ph. D) student*

*Poltava State Agrarian Academy*

**Анотація.** Одним з шляхів до розвитку самодостатнього регіонального енергозабезпечення, є освоєння доступного потенціалу відновлювальних джерел енергії на місцевому рівні. Активізація локального використання відновлювальних джерел енергії, зокрема відходів від вирощування та обробки сільськогосподарських культур, також може стати додатковою складовою підвищення загальної прибутковості господарської діяльності.

**Ключові слова:** *альтернативні джерела енергії; заміщення традиційних енергоресурсів; розвиток місцевого ресурсозберігаючого та екологічного енергозабезпечення.*

Energy security of the whole country depends on the efficiency of power consumption, rational using of the existing resources and the level of using alternative energy sources at the local level. Searching the ways of substituting traditional and imported energy resources induces the development of regional and more ecological energy provision. The activation of using local renewable energy sources (RES), in particular, wastes from crop cultivation and processing must become one of the ways to self-sustained regional energy provision.

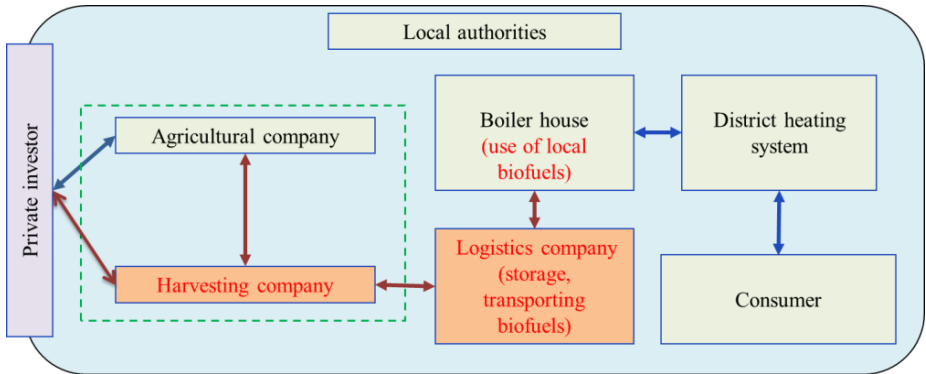
In 2017, the total primary energy supply in Ukraine made 89.5 Mtoe/year, traditional fuel types prevailing in its structure: natural gas, atomic energy, coal, and oil [1]. The domination of mineral fuel, which is mainly imported, in the structure of the country's power balance not only creates unfavorable ecological load on the environment, but also is the threat to energy and national security of the country. RES sector in Ukraine is developing rather slowly: according to power balance of 2017 the share of energy produced from RES makes about 4.4%. However, Ukraine has considerable technically achievable potential accessible for producing power sources from alternative energy sources, which is about 73.9 Mtoe/year. Expert estimation of plant waste potential, which is generated by agricultural sector every year, makes almost 10% of the annual primary energy supply in Ukraine [2].

Sunflower and corn cultivation wastes, and straw from grain crops and rape have the largest share of by-products from cultivating and processing crops, which are suitable for using in energy production. But, despite the available potential and accessibility of agro-biomass, the level of its using in Ukraine is considerably lower than it is potentially possible. However, according to the assessment of leading specialists, bio- power engineering has to become one of the strategic directions of RES sector promising development in Ukraine, taking into account the available considerable potential and accessibility of techno-logies [3].

Nowadays, there are a number of obstacles in Ukraine restraining the process of energy developing the available potential of farm residues. The following problems are the main ones: the absence of stable infrastructure of procuring, storing, and processing farm residues and broad accessibility of traditional energy sources, their relatively not high cost [4]. It is expedient to organize the using of farm wastes at the local level, which will require the minimum expenditures on processing and transportation. Boiler houses of heat supply systems in small regional towns are potentially the largest consumers of agro-fuel. At present, a considerable part of traditional energy supply, in particular, more than half of natural gas is used for the needs of individual heating and centralized heat supply of residential and public buildings. That is why the potential of substituting traditional fuel types for farm production wastes at the regional level is considerable. To introduce the model of using farm residues it is necessary to solve a complex of difficult technical and organizational tasks for organizing the constant process of their procuring, storing, transporting and using. That is, it is necessary to create new elements of economic activity and ensure stable connections between them in the existing system of energy provision.

The example of possible scheme of functioning regional energy provision using local farm residues is presented in Fig. 1.

It is necessary to consider the practice of expanding the using of farm residues in the sphere of heat energy production as a strategically important direction to achieve energy independence and the formation of energy efficient economy. The accessibility and ability to annual quick potential restoration makes agro-biomass a local fuel type the using of which for energy purposes will enable to provide local heat power engineering with stable and relatively cheap energy sources [3].



**Fig. 1. The scheme of functioning regional energy provision using local farm residues.** The source: author's development

The money, which was earlier spent on buying traditional fuel types for heat supply, can be left to become the additional resource for regional development. As a result, the difficulties on the way to developing renewable energy resource are turned into considerable advantages for the region where new directions of economic activity connected with procuring and processing biomass, logistics and servicing activity arise. One of the examples of complex approach to substitute natural gas using in the systems of centralized heat supply for the local type of agricultural wastes was implemented in the town of Myrhorod. Owing to introducing this project, the systemic approach to the practice of continuous transition to local fuel type was realized in the region for the first time: baled grain straw is now being used instead of natural gas on one of boiler houses for centralized heat supply of the town. The implemented project has both considerable environmental and infrastructural importance for the town and district, where a new kind of business activity appeared – supplying local fuel types for generating heat energy.. Burning straw for heat energy generation is a way of using local RES and a method of substituting traditional energy sources using. At present, increasing favorable factors for developing resource saving and ecological energy provision in Ukraine can be stated; in particular, gradual regulation of regulatory support, the possibility to sell electric power generated from RES for special “Green tariffs” are taking place. New energy strategy of Ukraine for the period to 2035 outlines the directions of fuel-energy complex development, namely, increasing the share of RES using in the ultimate consumption to the level of 12% from the total power balance by 2025 and not less than 25% in 2035 has been planned [5]. However, the actual dynamics of decreasing the consumption of traditional

energy sources and their substituting for local alternative energy sources is still at inadmissibly low level.

The development and introduction at the state level of the strategy of supporting and stimulating local wastes using obtained from crop cultivation and processing is urgent for generating not only electric, but also heat energy. Such approach will enable to start the process of developing the accessible potential at the local level and this approach which will be able to synchronize organically with many production spheres and become the additional component for increasing total profitability of agricultural activities.

### References:

1. Statistical information. Official site of the State Statistics Committee of Ukraine [Electronic resource]. URL: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua) (accessed date: 07.10.2019).
2. Heletukha H.H., Zhelezna T.A., Prakhovnik A.K. Analysis of energy strategies of the EU countries and the world and role of renewable energy sources in them [Electronic resource]. URL: <http://www.uabio.org/img/files/docs/uabio-position-paper-13-ua.pdf> (accessed date: 07.10.2019).
3. Diachuk O.A., Chepelev M.H., Podolets R.Z. Transition of Ukraine to renewable power engineering by 2050 [Electronic resource]. URL: [https://energytransition.in.ua/wpcontent/uploads/2018/11/perehid\\_ukraini\\_na\\_vidnovlyuvanu\\_energetiku\\_do\\_2050\\_roku.pdf](https://energytransition.in.ua/wpcontent/uploads/2018/11/perehid_ukraini_na_vidnovlyuvanu_energetiku_do_2050_roku.pdf) (accessed date: 07.10.2019).
4. Kudria S.O. The state and development prospects of renewable power engineering in Ukraine [Electronic resource]. URL: [http://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Visn\\_12\\_2015\\_6.pdf](http://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Visn_12_2015_6.pdf) (accessed date: 07.10.2019).
5. Energy strategy of Ukraine for the period by 2035, [Electronic resource]. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ВИХОРОСТРУМОВОЇ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ ПОВІТРЯНИХ ЛЕП

**Бондаренко В.Б.**

*аспірант кафедри електротехнічних систем та енергетичного менеджменту  
Центральноукраїнський національний  
технічний університет*

Енергетична безпека країни не можлива без надійного функціонування ліній електропередачі (ЛЕП). Аварійні ситуації в системах електропостачання, які зношені на 70...80%, призводять до аварійних та планових відімкнень споживачів енергії, що спричиняє пошкодження виробничого устаткування та економічні збитки від вимушених простоїв. Однією з найбільш вразливих ланок є опори ЛЕП, які найбільше підпадають під вплив атмосферних навантажень – вітру, ожеледі, коливань температури, дії хімічно активних речовин, ґрунтових факторів тощо. Аналіз причин



відмов ЛЕП по елементах показує, що 30...35% з них становлять пошкодження саме опор [1].

Механічна міцність опор знижується внаслідок корозійного зносу металу під впливом мінералізованої вологи та ґрунтових солей. Агресивне середовище також роз'їдає бетон опори – він втрачає міцність і викрешується, у місцях контакту з окисленою арматурою бетон набухає і утворюються наскрізні тріщини; пошкодження захисного шару бетону відкриває додаткові шляхи волозі до армуючих стрижнів. Тріщини в арматурі опор утворюються внаслідок періодичних вигинаючих деформацій під дією асиметричних атмосферних навантажень.

Тріщини під шаром бетону є недоступними для візуального зовнішнього огляду. Для діагностики несучої спроможності конструкцій залізо-бетонних опор доцільне застосування неруйнівних методів контролю.

Для реалізації даного методу необхідно обґрунтувати тип первинного перетворювача, контрольований параметр, частоту зондування. Величина вимірюваного сигналу визначається розмірністю використаного аналого-цифрового перетворювача. При використанні динамічного режиму контролю крок контролю обирають таким, щоб забезпечити виявлення довільно орієнтованого тріщиноподібного дефекту.

Практика показує, що оптимальні результати вихрострумowego контролю досягаються при напрямку сканування, що перетинає дефекти перпендикулярно їх довгій стороні [1]. На стрижнях арматури опор ЛЕП злами орієнтовані перпендикулярно утворюючій, а стрес-корозійні тріщини – паралельно їй. Тому ВК повинен бути інваріантний до орієнтації дефекту.

Проте, якими б якісними не були ознаки, інваріантні до різних просторовим спотворень, необхідно застосовувати й інші перетворення для досягнення максимальної надійності розпізнавання образів дефектів. Застосування нейронних мереж призводить до значного збільшення швидкості всього процесу.

В ході дослідження можливості застосування згортальних нейронних мереж для задач розпізнавання образів дефектів за результатами проведеної діагностики із застосуванням вихрострумowego і магнітного методів неруйнівного контролю була розроблена автоматизована система, яка реалізує модифіковану архітектуру чотиришарової згортальної мережі.

Для навчання нейронної мережі визначення образу дефекту застосовано метод зворотного поширення помилки [2]. Для прискорення процесу навчання нейронної мережі вводиться граничне значення помилки, що дозволяє скоротити час процесу навчання у кілька разів.

Для початкового навчання мережі використовували зразки штучних дефектів (типу наскрізна тріщина). Кожен образ був отриманий при змінненні ряду параметрів контролю: частота збудження вихрострумowego перетворювача (ВСП), зазор між ВСП і поверхнею металу, розкриття тріщини.

Архітектура згортальної мережі представлена на рисунку 1 – вхідний шар, два шари згортки і два шари класифікації.

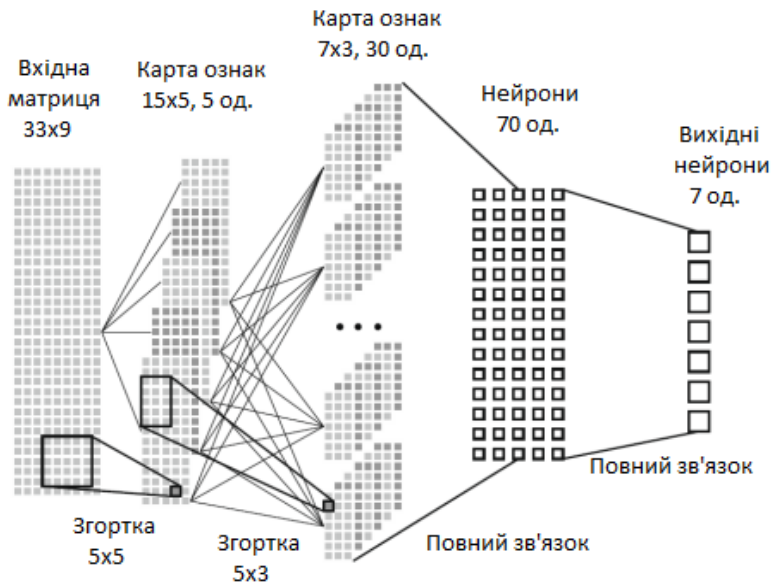


Рис. 1. Структура досліджуваної нейронної мережі.

Спрощення проводили шляхом зменшення числа шарів. Для цього об'єднували згортальний шар з шаром субдискретизації. Вихідними даними досліджуваної нейронної мережі є частина вхідного масиву даних розміром 33x9. Вхідний шар нейронної мережі складається з 231 нейронів. Зменшення розмірності матриці проводили зсувом рецептивних полів згортальних нейронів на два кроки. Для забезпечення попадання нейрона на наступного шару згортки в середину центру рецептивного поля, його розмір приймали непарним, що дозволяє уникнути змішування центру поля на кожному шарі.

Особливістю шарів згортки є те, що при зсуві вхідного масиву даних значення зрушення карти ознак рівновеликий, що робить згортальну мережу інваріантною до зміщення незначного спотворення вихідного масиву даних [2]. Розмір рецептивного поля обраний рівностороннім, як і вихідний масив, і має по п'ять елементів на сторону.

Таким чином шар згортки зменшує розмір карти ознак до:

$$\frac{n-3}{2} = \frac{(33-3)}{2} = 15$$

Перший прихований шар є шаром згортки. Він містить картки ознак розміром 15x5. У запропонованій мережі зсув локального рецептивного поля зміщується на два елемента по більшій стороні. Таким чином, стає можливим зменшити просторовий розмір образу без використання додаткового шару субдискретизації.

Кожний елемент першого згорткового шару містить 25 вагових коефіцієнтів відповідних кожному елементу локального рецептивного поля і значення зсуву дорівнює 2, тобто 26 навчальних параметрів на кожен

елемент карти ознак. Особливість розробленої мережі полягає в тому, що значення зміщень і вагових коефіцієнтів є постійним для всіх 45 нейронів карти ознак. Такий підхід дозволив багаторазово зменшити число навчальних параметрів мережі і домогтися її збіжності в процесі навчання. Другий шар мережі містить  $m=5$  карт ознак. Загальна кількість навчальних параметрів другого шару –  $P_2 = m \cdot 26 = 130$ . Отже, при достатньо великому числі синаптичних зв'язків  $S_2 = 15 \cdot 5 \cdot m \cdot 26 = 9,750$  є всього 130 навчальних параметрів і п'ять з них (зміщення) постійні.

Другий шар згортки (третього шару нейронної мережі) складається з 30 карт ознак розміром  $7 \times 3$ . Принцип його побудови аналогічний першому шару згортки і число нейронів у ньому – 630. Кожен елемент в карті ознак пов'язаний з п'ятьма областями розмірів  $5 \times 3$  по одній від кожної карти ознак першого шару. Число навчальних параметрів другого шару згортки дорівнює:

$$P_2 = 30 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 3 + 50 = 3,200$$

Число зв'язків другого шару згортки:  $S_3 = 3200 \cdot 7 \cdot 3 = 67200$

Два згорткових шари призначені для визначення ознак образів дефектів у вихідному масиві даних. Останні два шари мережі є класифікаційними.

Четвертий шар складається з 70 нейронів, кожен з яких пов'язаний з усіма елементами карт попереднього шару. Число навчальних параметрів третього шару дорівнює числу його синаптичних зв'язків:

$$P_4 = S_4 = 70 \cdot 30 \cdot 7 \cdot 3 = 44100$$

Вихідний шар нейронної мережі складається з 7 нейронів відповідних образів дефектів. Число зв'язків і навчальних параметрів дорівнює:

$$P_5 = S_5 = 70 \cdot 7 + 7 = 497$$

Запропонована згортальна нейронна мережа містить: 932 нейрона; 47927 навчальних параметрів; 121547 синаптичних зв'язків.

Отже, застосування нейромереж призводить до істотного збільшення швидкодії вихрострумового контролю та надійності розпізнавання дефектів.

### Інформаційні джерела:

1. Бондаренко В.Б., Серебренников С.В. Проблеми електромагнітної дефектоскопії опор повітряних ліній електропередачі // Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві: міжн. наук.-практ. конф.: зб. тез доп. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С. 112 – 114.
2. Ф.Уосермен., І.Ю. Юрчак. Нейрокомп'ютерна техніка: Теорія і практика. 2001. – 147 с.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА В ЖИТЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

**Бродська І.І.**

*кандидат економічних наук, доцент  
кафедри обліку і аудиту*

**Марчак О.І.**

*студентка групи ОПм-61*

*Луцький національний технічний  
університет*

**Анотація.** Демографічні, економічні та культурні зміни збільшують енергоспоживання в житловому секторі та спричиняють вищий рівень пов'язаних з цим викидів парникових газів. Метою даної роботи є визначення можливостей розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у житловому секторі для підвищення енергоефективності. Результати дослідження показують, що будівельна галузь, і особливо житловий сектор, можуть економити більше енергії порівняно з іншими видами енергоспоживання. ВДЕ важливі для зменшення викидів CO<sub>2</sub> у житловому секторі та підвищення енергоефективності будівель. Останніми роками виробництво та споживання енергії з відновлюваних джерел у житловому секторі зросло. Основними бар'єрами на шляху впровадження відновлюваної енергії в житлову систему DNC є фінансові, а також логістичні проблеми транспортування та зберігання біомаси. Для зменшення цих бар'єрів запропоновано низку заходів, включаючи державну підтримку використання відновлюваної енергії в системах теплопостачання та охолодження будівель, а також створення сховищ для відновлюваної енергії.

**Ключові слова:** *енергетика, енергоспоживання, житловий сектор, будівельний сектор, відновлювані джерела енергії.*

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день, постачання енергії стало однією з головних проблем людства. Потреби в енергії збільшуються в міру розвитку технологій. Очікується, що до 2035 року світове споживання енергії збільшиться втричі порівняно з 1998 р. У відповідь на ці потреби - запаси палива швидко вичерпуються. Широке використання традиційних джерел енергії у житловому, транспортному та промисловому секторах ще більше ускладнює проблему. Будинки загальною площею, еквівалентною Парижу (105 кв. км.) будуються кожні п'ять днів у світі. У той же час, енергоефективності в житловому секторі приділяється недостатньо уваги. Житловий сектор є одним із пріоритетних напрямів енергоефективності, оскільки він споживає велику кількість енергії (в середньому 20-30% від загального кінцевого споживання) [1].

Загалом, житлове будівництво використовує набагато більше енергії, ніж потрібно. Використання енергоефективних технологій у галузі будівництва незначне, і більша частина пов'язаного з цим потенціалу не використовується. Якщо існуючі технології дають високий потенціал для

різкого скорочення споживання енергії в житловому секторі, який наразі зберігає застарілу неефективну практику, і є одним із факторів високого споживання. Навіть розвинені країни, які мають передові стандарти будівництва, дуже далекі від використання альтернативних джерел енергії. Головною проблемою галузі є подолання, так званої пастки енергоефективності, коли країни з нижчою енергоефективністю не мають коштів, досвіду, технологій, мотивації та ініціативи. У той же час, стан існуючих технологій демонструє дуже високий потенціал для різкого скорочення споживання енергії у житловому секторі. Ці технології включаються в будинки з нульовою енергією або навіть будинки з надлишком енергії, що виробляється відновлюваними джерелами, а надлишок енергії доставляється до загальної енергетичної мережі. Багато технологічних рішень також економічно вигідні: за оцінками, залежно від країни, можна досягти 25-40% прямої економії на національному рівні в житловому секторі, використовуючи економічно ефективні технології. Однак інвестиції в енергоефективність обмежені. Цей парадокс відомий як розрив енергоефективності.[3] Найбільш серйозні проблеми в галузі енергоефективного житла, як виявилось, пов'язані не лише з технологіями: вони пов'язані з необхідністю створення відповідних та функціонуючих інституційних структур, які могли б запроваджувати масштабні заходи щодо підвищення ефективності. Завдяки раціоналізації використання енергії в житловому комплексі можна вирішити проблеми зміни клімату, енергетичної безпеки, економічної невизначеності та бідності.

Огляд теоретичних джерел щодо проблем створення доступного та енергоефективного житла показує, що існує багато концептуальних підходів до цієї теми. В даний час концепція «зеленого будівництва» набуває все більшого значення в різних країнах. Практика сталого будівництва може мати вирішальне значення для досягнення стійкості в будівельній галузі. У широкому розумінні "зелене будівництво" визначається як будівництво, розміщене, спроектоване та використане для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та позитивно впливає на економіку, здоров'я, суспільство протягом усього життєвого циклу. За словами експертів, це будівлі, де відходи мінімізуються на кожному етапі будівництва та експлуатації, що призводить до низьких витрат. "Зелене" будівництво оцінюється цілісним підходом, коли кожен компонент розглядається в контексті всієї будівлі, її соціальних та екологічних впливів. Важливою складовою сталого будівництва є енергетика. Актуальні питання, пов'язані з енергоефективністю в житловому будівництві в країнах, що розвиваються, активно вивчаються.[6]

На думку експертів МЕА, потенціал економії енергії в будинках величезний. Наприклад, у випадку зовнішнього утримання (конструкцій огороження): будівництво високоефективних будівель та енергетична реконструкція існуючих можуть заощадити близько 330 ЕДж до 2060 року - більше, ніж щорічне споживання енергії у всіх країнах G20 у 2017 році. Перехід на високоефективні технології опалення та охолодження дозволить заощадити ще 660 ЕДж енергії до 2060 року - еквівалент всієї кінцевої енергії, спожитої в Китаї за останнє десятиліття (інформація Міжнародного енергетичного агентства). У листопаді 2016 року Європейсь-

ка комісія опублікувала Політичний пакет «Чиста енергія для всіх європейців», в якому описано плани енергетичної політики Європейського Союзу на період до 2030 року. Він містить широкий спектр пропозицій щодо енергоефективності, енергетичних ринків, ВДЕ та клімату, включаючи плани щодо перегляду Директиви про енергетичні характеристики будівель. Одним із способів підвищення енергоефективності будівель є підвищення ролі відновлюваної енергії. Експерти IRENA відзначають, що для збільшення частки ВДЕ у світовому споживанні енергії необхідно прискорити їх реалізацію не лише у секторах кінцевого використання, включаючи житловий сектор, але й у трансформаційних секторах, таких як виробництво електроенергії та централізоване опалення/охолодження. Вивчення наявності відновлюваних ресурсів для виробництва гідротехнічних споруд до 2030 року показує, що більшість країн мають значні обсяги сировини для біомаси. Вони потенційно доступні для котлів центрального опалення або когенераційних установок.[5]

Споживання енергії в житловому секторі залежить від доходу, цін на енергоносії, розташування, характеристик будівель та домогосподарств, погоди, ефективності та типу обладнання, доступ до енергії, наявність джерел енергії та енергетичної політики. Як результат, тип та кількість споживаної енергії домогосподарствами можуть значно відрізнятися залежно від регіонів та країн. Енергоефективність вимагає системного підходу до проектування та будівництва будинку. Результати дослідження, дозволяють зробити ряд висновків щодо перспектив розвитку відновлюваних та альтернативних джерел енергії в житловому секторі. Будівництво житла є найбільшим споживачем енергії: на нього припадає понад 21% світового споживання енергії. Незважаючи на прогрес у розвитку відновлюваної енергії, досягнутий за останні роки, основне споживання в секторі будівель забезпечується викопним паливом. Біоенергетика займає найбільшу частку потенціалу відновлюваних джерел енергії у житловому секторі. Частка інших ВДЕ (сонячної та геотермальної енергії, рідкого біопалива та біогазу) залишається досить низькою. Основними бар'єрами для впровадження відновлюваної енергії в систему теплопостачання та охолодження будівель є проблеми фінансування та логістики транспортування біомаси[4]. Щоб зменшити ці бар'єри державним інституціям необхідно розробити комплекс заходів, спрямованих на сприяння та заохочення використання відновлюваної енергії в житловому секторі, а також створення інфраструктури зберігання відновлюваної енергії для стабільної подачі тепла в будівлі.[2]

### **Інформаційні джерела:**

1. Стратегії сталого розвитку «Україна-2020» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/5/2015>
2. Байцим В.Ф. Аналіз проблем ефективності енергетичного забезпечення міст України в контексті сталого економічного розвитку / В.Ф. Байцим // Проблеми економіки. - 2014. - № 4. - С. 68-74.
3. Використання енергозберігаючих технологій в країнах ЄС: досвід для України. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/262/>

4. Про світовий досвід впровадження енергозберігаючих заходів. [Електронний ресурс]. - Режим доступу <http://old.minregion.gov.ua/zhkh/reforma-zhitlovo-komunalnogo-gospodarstva/pro-svitoviy-dosvid-vprovadzheniyaenergozberigayuchih-zahodiv-u-zhitlovo-komunalnomugospodarstvi-991852>
5. Energiekonzept fur eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. 28. September 2010.
6. Макаров, В.М., Новікова, О.В., Табакова, А.С. (2018), Енергоефективність у «Зеленому будівництві»: досвід, проблеми, тенденції, у VI Міжнародній конференції з питань надійності, інфоком технологій та оптимізації: тенденції та напрямки майбутнього 2017

## СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОСВІТЛЮЮЧОГО ПОКРИТТЯ ІТО ДЛЯ РАДІАЦІЙНО-СТІЙКИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

**Венгер О.А.**

*студент*

**Душейко М.Г.**

*провідний інженер*

**Іващук А.В.**

*кандидат технічних наук, доцент  
факультету електроніки*

*НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»*

Представлені дослідження спектральних характеристик просвітлюючого покриття ІТО для радіаційно-стійких фотоелектричних перетворювачів у залежності від технологічних режимів їх формування в ультрафіолетовому та видимому діапазонах довжин хвиль. Показано, що при сталому струмі розпорошення - 750 мА найкраща спектральна характеристика отримана при парціальному тиску  $O_2$  - 0,37 Па, а при сталому парціальному тиску  $O_2$  - 0,23 Па найбільший коефіцієнта пропускання отримано при струмі розпорошення - 500 мА.

**Ключові слова:** *просвітлюючі покриття, ІТО, сонячна батарея, сонячний елемент, захисне покриття.*

### **Вступ**

При роботі сонячних батарей в космосі протягом тривалого часу відбувається деградація їх основних параметрів через радіаційний вплив космічного простору. Радіаційна деградація може бути викликана декількома факторами, для кожного з яких, характерні свої висоти орбіт: плазма міжпланетного простору, гаряча магнітосферна плазма, електрони і іони радіаційних поясів Землі, протони сонячних спалахів, потоки ядер високих енергій. Радіаційного впливу в фотоелементі піддаються в першу чергу захисне скло, просвітлююче покриття і сам напівпровідник. В даний час в якості основних захисних покриттів сонячних батарей викорис-

товуються скляні пластини різної товщини, виготовлені з багатокомпонентного силікатного скла, яке має великий коефіцієнт поглинання, а також добре відпрацьована технологія нанесення, але на жаль не є радіаційно стійким покриттям.

Особливу увагу для вирішення радіаційних проблем сонячних елементів, слід приділити на користь матеріалів, які поєднують в собі високу електричну провідність з іншими важливими характеристиками. У цьому контексті, прозорі провідні оксиди відіграють важливу роль, оскільки вони є електропровідними і прозорими в оптичному спектральному діапазоні [1].

Оксид індію-олова (або індієвий-олов'яний окис, indium-tin oxide - *ITO*) є важливим представником цієї групи матеріалів. *ITO* є сумішшю оксиду індію ( $In_2O_3$ ) і оксиду олова ( $SnO_2$ ), як правило, в співвідношенні 90%  $In_2O_3$  + 10%  $SnO_2$  по масі. Індієвий - олов'яний окис є напівпровідником n-типу з провідністю, яку можна зрівняти з металами, де іони олова служать донорами електронів. В тонких шарах близько 200 нм, нанесений на скло при температурі близько 400 °С демонструє високу прозорість і функціонує як електричний провідний шар [2].

Нанесення *ITO* на поверхню скла, як правило, виконують методом магнетронного розпилення, оскільки має ряд переваг:

- високу швидкість осадження (до декількох мкм/хв), а також можливість її регулювання в широких межах;
- збереження співвідношення основних компонентів при розпиленні складних речовин;
- висока чистота плівок;
- можливість зміни структури і властивостей плівок за рахунок потенціалу зміщення на підкладці, тиску і складу газового середовища, одночасного розпилення декількох мішеней;
- висока адгезія плівки до підкладки;
- низька пористість плівок навіть при малих товщинах;
- можливість проведення процесу в реактивному середовищі розрідженого газу;
- висока рівномірність елементного складу осаджуючої плівки по товщині;

Зазначені переваги магнетронного нанесення забезпечують створення з високою повторюваністю тонких плівок заданого складу без домішок і дефектів і, як наслідок, з високою стабільністю електромеханічних параметрів [3].

Магнетронний спосіб нанесення прозорого електропровідного покриття, включає в себе такі етапи: розміщення в робочій камері мішені магнетронного типу, створення основного магнітного поля, створення допоміжного змінного магнітного поля, розміщення підкладки з боку розпилювальної поверхні мішені, вакуумування робочої камери, подачу в неї суміші аргону і кисню, подачу на мішень негативного потенціалу, створення магнетронного розряду і розпорощення мішені з нанесенням пок-



риття на підкладку Змінне допоміжне магнітне поле створюють за допомогою соленоїда, підключеного до джерела струму, керованого генератором, з метою збільшення коефіцієнта використання об'єму мішені [4].

### Отримані результати

Досліджено спектральні характеристики коефіцієнтів пропускання плівок ІТО, осаджених на скляні підкладки при двох технологічних режимах (струм розпилення - 750 мА, парціальний тиск  $O_2$ : 1 - 0,37 Па; 2 - 0,28 Па; 3 - 0,23 Па; парціальний тиск  $O_2$  - 0,23 Па, струм розпилення: 4- 500 мА; 5-750 мА; 6 - 1000 мА.), виміряні на спектрофотометрі СФ-46 і представлені на рис. 1. і рис. 2.

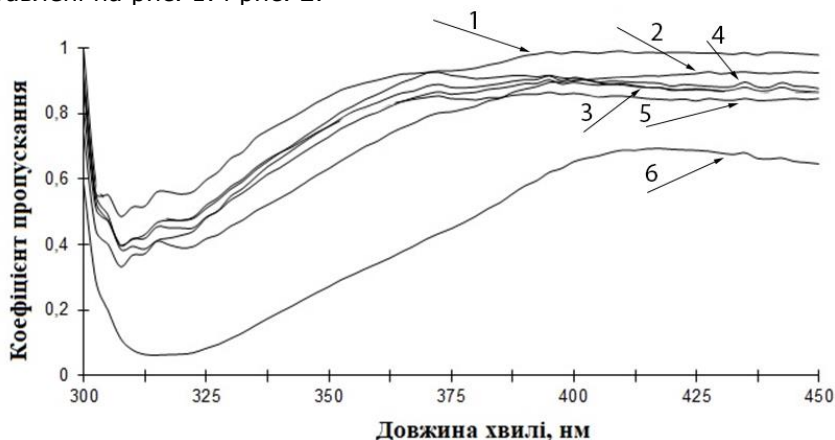


Рис. 1. Спектральні залежності коефіцієнта пропускання плівок ІТО в ультрафіолетовому діапазоні.

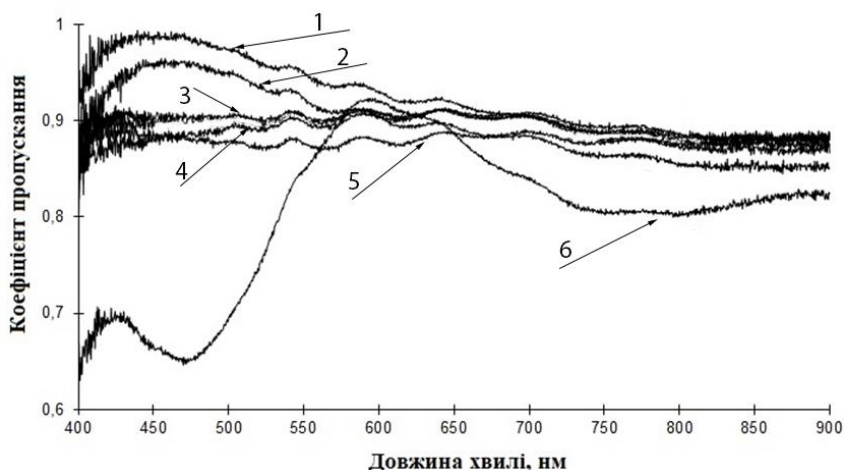


Рис. 2. Спектральні залежності коефіцієнта пропускання плівок ІТО в видимому діапазоні.

## Висновки

Аналіз експериментальних даних показав вплив технологічних режимів парціального тиску кисню і струму розпилення на спектральні характеристики плівок ІТО. Спектральні характеристики в ультрафіолетовому діапазоні та в видимому діапазоні при сталому струмі розпилення зі зменшенням парціального тиску - зменшується коефіцієнт пропускання, а при сталому парціальному тиску зі збільшенням струму розпилення - коефіцієнт пропускання зменшується. Захисні просвітлюючі плівки ІТО можна використовувати в сфері електроспоживання для низькоорбітальних космічних апаратів, оскільки вони мають добрі просвітлюючі та провідні властивості, а також радіаційно стійкі.

## Інформаційні джерела:

1. S. Melissen, F. Labat, P. Sautet and T. Le Bahers, Phys. Chem. Chem. Phys., 2015, 17, 2199–2209.
2. Daniel N. Wright, Erik S. Marstein and Arve Holt. Double layer anti-reflective coatings for silicon solar cells, Institute for Energy Technology, Norway. – 2014. –№ 12. – P.35–46
3. Вдовичев С.Н. Современные методы высоковакуумного напыления и плазменной обработки тонкопленочных металлических структур. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2012. – 60 с.
4. Indium tin oxide contacts to gallium nitride optoelectronic devices / T. Margalith, O. Buchinsky, D. // Applied Physics Letters. –2008. – Vol. 74, - №26. – P.3930–3933.

## APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF A FUZZY MODEL OF A PUMP UNIT CONTROL SYSTEM ON BASES OF PETRI NETS

**Huseynzade Sh.S.**

*Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof. Department of Informatics  
Sumgayit State University, Sumgayit,  
Azerbaijan*

**Aliyeva G.N.**

*Senior Lecturer, Department of Physics and Mathematics  
Azerbaijan State Agrarian University,  
Ganja, Azerbaijan*

**Анотація.** Предлагается модель интеллектуального управления насосного оборудования на сетях Петри (СП), с целью более экономичного регулирования производительности при колеблющихся в течение времени режимах водопотребления.

Ставиться задача разработки системы управления с нечеткой логикой по информации, выраженной в лингвистической форме. На основе критериев работы водяного насоса соответственно входной информации определены всевозможные ситуации и события в системе. Соответственно ситуациям, событиям и отношениям между ними формированы множества позиций, переходов и дуг СП. Для описания не полных знаний по поведению системы используются лингвистические переменные «расход воды» и «скорость насоса» (частота вращения). Термы соответствующие нечетким значениям этих переменных обозначены выражениями: «небольшой», «средний», «большой», «низкая», «средняя», «высокая». Эти Выражения характеризуют одно из состояний системы и принимаются как атрибуты цветов раскрашенной СП и присваивается маркерам сети, с помощью которых описывается поведение системы и желаемая реакция технического объекта.

Разработанная модель СП описывает работу одного насосного агрегата. Визуализация графа модели СП реализована в системе CPN Tools.

**Keywords:** *Petri nets; water pump control; fuzzy values; linguistic variables; terms of variables; incidence matrix; network simulation; Petri network label.*

The pump installation operation modes depend on changes in water consumption. Water consumption patterns are variable over time. This requires regulation of the performance of pumping equipment. A more economical way to control the operation mode of separate pumps is to change rotation frequency of the pumps. This method of control is more economical, but requires the use of intelligent control systems [1]. The research showed that timely shutdown of the regulated pump unit can reduce energy consumption of the pumping station by 8–10% compared with the control by traditional methods. [2]

Automation of pumping installations is an important issue due to its extensive applications. In solving such problems fuzzy logic provides a powerful platform that allows engineers to apply human reasoning to the control algorithm [3]. Intelligent control systems are required to use pumping equipment efficiently and reliably during operation. Typically, the operation model of the pump unit is built by a system of high degree equations, with a consequence of inability to solve them. Therefore, it is more advisable to apply fuzzy theory to control systems.

To build models of systems in the form of Petri Net (PN), simulated circumstances occurring in the system are described by a set of events and conditions, as well as causal relationships established on the set of "event-conditions".

The PN is formally represented as a set of the form  $N = (P, T, F, H, \mu^0)$ , where  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ,  $n > 0$  is a finite non-empty set of positions (otherwise states or places);  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ ,  $m > 0$  is a finite non-empty set of transitions (events);  $F: P \times T \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$  and  $H: P \times T \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$  are

respectively, the functions of input and output incidents, and the view  $\mu^0 : P \rightarrow \{0,1,2,\dots\}$  initial marking (marking each position) [4].

The graphical representation of the PN is a bipartite oriented graph with two types of vertices. Vertices  $p \in P$  are represented by circles, and vertices  $t \in T$  – rectangles. The arcs correspond to the functions of incidence of positions and transitions.

To describe incomplete knowledge of the behavior of the system, linguistic variables are used which describe the behavior of the system, such as flow rate, speed, and so on. The term variable «water consumption» corresponds to its fuzzy value and is denoted by an expression characterizing one of the states of the system: «small», «medium», «large». And the fuzzy values «low», «medium», «high» correspond to the values of terms of the variable «pump speed» - with help of which the behavior of the pump unit and desired reaction of a technical object will be described.

On the bases of various states and events, when controlling the operation of water pumps, many PN positions and transitions are formed [5]:

- Positions:

p1 – there is input information in the registration sensor; p2 – pump on; p3 – the pump is off; p4 – no water consumption; p5 – water consumption is small; p6 – medium water consumption; p7 – water consumption is large; p8 – pump speed is low; p9 – pump speed is medium; p10 – pump speed is high;

- Transitions:

t1 – data input from the registration sensor into the system; t2 – turning on the pump; t3 – pump shutdown; t4 – do not turn on the pump; t5 – set operating speed to a low value; t6 – set operating speed to a medium value; t7 – set operating speed to a high value.

Transition relations with input positions are expressed by the commands:

1. if p<sub>1</sub> then t<sub>1</sub>;
2. if p<sub>4</sub> and p<sub>3</sub> then t<sub>4</sub>;
3. if p<sub>4</sub> and p<sub>2</sub> and (p<sub>8</sub> or p<sub>9</sub> or p<sub>10</sub>) then t<sub>3</sub>;
4. if p<sub>5</sub> and p<sub>3</sub> then t<sub>2</sub>;
5. if p<sub>5</sub> and p<sub>2</sub> and p<sub>9</sub> then t<sub>5</sub>;
6. if p<sub>5</sub> and p<sub>2</sub> and p<sub>10</sub> then t<sub>5</sub>;
7. if p<sub>5</sub> and p<sub>2</sub> and not p<sub>9</sub> and not p<sub>10</sub> then t<sub>5</sub>;
8. if p<sub>6</sub> and p<sub>3</sub> then t<sub>2</sub>;
9. if p<sub>6</sub> and p<sub>2</sub> and p<sub>8</sub> then t<sub>6</sub>;
10. if p<sub>6</sub> and p<sub>2</sub> and p<sub>10</sub> then t<sub>6</sub>;
11. if p<sub>6</sub> and p<sub>2</sub> and not p<sub>8</sub> and not p<sub>10</sub> then t<sub>6</sub>;
12. if p<sub>7</sub> and p<sub>3</sub> then t<sub>2</sub>;
13. if p<sub>7</sub> and p<sub>2</sub> and p<sub>8</sub> then t<sub>7</sub>;
14. if p<sub>7</sub> and p<sub>2</sub> and p<sub>9</sub> then t<sub>7</sub>;
15. if p<sub>7</sub> and p<sub>2</sub> and not p<sub>8</sub> and not p<sub>9</sub> then t<sub>7</sub>;

Commands expressing transition relations with output positions:

16. if t<sub>1</sub> then p<sub>4</sub> or p<sub>5</sub> or p<sub>6</sub> or p<sub>7</sub>;
17. if t<sub>2</sub> then p<sub>2</sub> and (p<sub>5</sub> or p<sub>6</sub> or p<sub>7</sub>);

18. if  $t_3$  then  $p_3$ ;
19. if  $t_4$  then  $p_3$ ;
20. if  $t_5$  then  $p_2$  and  $p_8$ ;
21. if  $t_6$  then  $p_2$  and  $p_9$ ;
22. if  $t_7$  then  $p_2$  and  $p_{10}$ .

Representing the positions in circles, transitions by rectangles, and the relations between them connecting arcs, a model is built on CPN Tools (Fig. 1) [6]. The conditions of existence are assigned to arcs, «empty» means the void of the arc [7]. Colors are assigned to markers (n), (nb), (sr), (b), (sn), (ss), (sv), (otk), (vk). The abbreviations (n), (nb), (sr), (b) correspond to the values of linguistics variable – «water consumption»: there is no water flow, small water flow, medium water flow, large water flow. The abbreviations (sn), (ss), (sv) correspond to the values of the linguistic variable «pump speed»: pump speed is low, pump speed is medium, pump speed is high. The abbreviations (otk), (vk) correspond to the pump status: pump is turned off, pump is turned on.

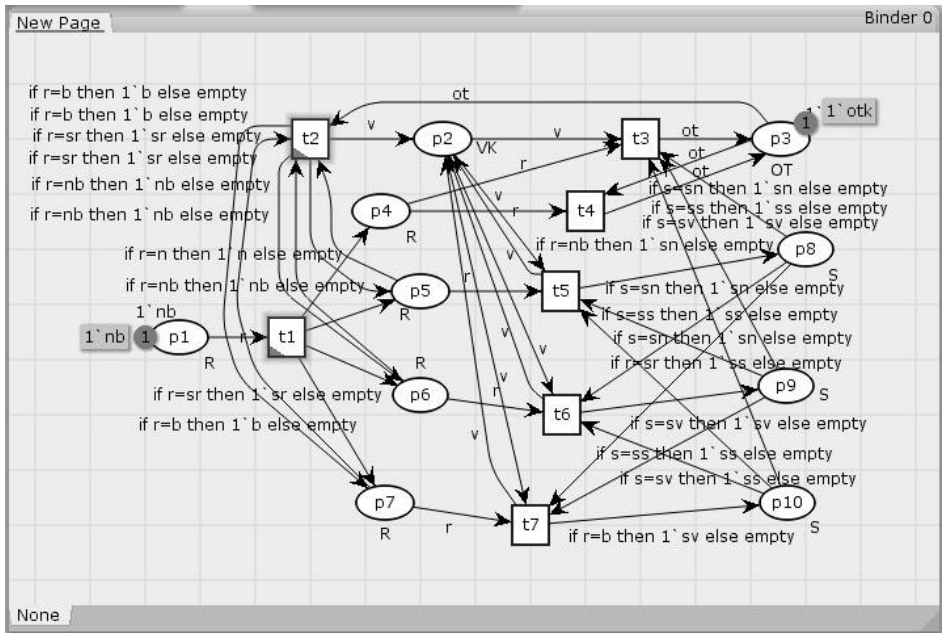


Fig. 1. A graph model of a fuzzy painted PN control system for a pumping unit.

Computer experiments of network simulation were, carried out with different initial markings according to situations in the system and network analysis. In Figure 1., the initial marking has a form  $\mu_0 = \{nb, \varepsilon, otk, \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon\}$ , where  $\varepsilon$  means empty marking. This corresponds to a situation where there is input information about the medium water flow rate and the shutdown status of the pump. In the PN the

sequence of events is displayed by the triggering of transitions. On the developed model, it is possible to work out the control principles that correspond to situations, identify weaknesses, deadlocks and make adjustments.

### References

1. Лезнов Б.С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. М.: Машиностроение, 2013, 176 с.
2. Сергей Титов. Энергоэффективные решения для управления насосными агрегатами в процессе нефтедобычи. Control Engineering Россия, Санкт-Петербург: ООО «Электроникс Пабблишинг», №1 (67), 2017, с. 54-56.
3. Frank M. White, «Fluid Mechanics», McGraw Hill, 2011.p.885.
4. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984, 264 с.
5. Huseynzade Sh.S. Automation Model of the Adaptive Control on Petri nets. Bulletin of the Taras Shevchenko National University of Kyiv, a series of physical and mathematical sciences, №1, 2018, p.p. 55-59.
6. Zaitsev D.A. Switched LAN Simulation by Colored Petri Nets // Mathematics and Computers in Simulation. Netherlands: Elsevier BV, 2004, vol. 65, pp. 245-249.
7. W.M.P. van der Aalst, C. Stahl, Modeling Business Processes –A Petri Net –Oriented Approach by, The MIT Press, 2011 (ISBN-13: 978-0-262-01538-7), 400 p.

## ИОНИСТОРЫ КАК АЛЬТЕРНАТИВА АККУМУЛЯТОРАМ

**Зборщенко А.А.**

*студент*

**Фирсов А.Д.**

*кандидат физ.-мат.наук,  
доцент кафедры «Транспортных  
систем и технологий»*

*Университет таможенного дела  
и финансов, г.Днепр*

У статті приділена увага актуальності акумуляування енергії, а також її ефективного використання в сучасній автомобільній сфері. Увага приділена порівняльній характеристиці іоністорів і вказівкою їх переваг над конкурентами. Також в роботі розглянуто питання актуальності використання іоністорів як більш ефективного оджерела запасеної електроенергії. Головна перевага іоністорів - архітектура, що дозволяє зберігати заряд якомога довше. Невирішеною проблемою сьогодні є підвищення питомої ємності суперконденсаторів.

**Ключевые слова:** *суперконденсаторы, ионисторы, аккумуляторы, литиевые батареи.*

Вопрос сохранения и транспортировки электрической энергии был заблаговременно решен за счет аккумуляторов. Такие устройства не те-

ряют актуальности и сегодня, именуясь суперконденсаторами или ионисторами.

Конструктивно суперконденсатор представляет собой элемент с двумя электродами, промеж которых находится электролит. Электроды выполнены в виде пластин с пористой поверхностью. Чаще всего используется активированный уголь. Для наглядности можно рассмотреть рисунок:

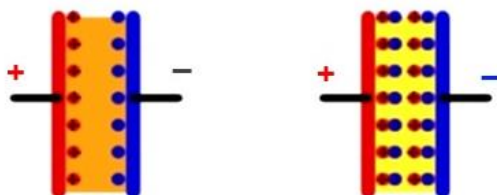


Рис. 1. Слева – конденсатор, справа – суперконденсатор

Как видно из рисунка 1, конденсатор имеет лишь один электрический слой и конструктивно между электродами установлен диэлектрик. В случае с суперконденсатором мы имеем двойной электрический слой. Между электродами расстояние очень мало, а возможность накопления электрической энергии возрастает в разы. При этом скорость заряда суперконденсатора гораздо больше, в отличие от привычных конденсаторов и химических аккумуляторов.

Важно понимать разницу между суперконденсатором от других источников накопления энергии.

Обычный конденсатор зачастую имеет емкость от триллионных долей, до целостных единиц фарад. Энергоемкость таких зарядов крайне мала, в сравнении с классическими аккумуляторами. Тем временем у ионисторов та величина заметно выше. В открытой продаже сегодня находятся суперконденсаторы, способные накапливать заряд о 5 килоФарад. При переводе в энергию, можно получить 18,2 кДж, что эквивалентно отдаче современных литиевых ячеек.

Для наглядности рассмотрим схему:



Рис. 2. Сравнительная характеристика емкости конденсаторов, ионисторов и аккумуляторов

Исходя из рисунка 2 можно проследить, что по емкости ионисторы превосходят обычные конденсаторы, но при этом все еще уступают аккумуляторам по объему запасаемой энергии.

Суперконденсаторы имеют высокую актуальность. Литиевые батареи отрицательно справляются с токами величиной 1С. При работе с такими токами, литиевые ячейки перегреваются, а сам аккумулятор склонен взорваться по причине внушительных нагрузок. Из-за невозможности работать с большими токами, приходится мириться с большим временем зарядки.

Среди преимуществ суперконденсаторов можно выделить:

- В суперконденсаторе эта проблема решена за счет конструкции. То есть, скорость зарядки не зависит от возможностей источника питания.
- Литиевые ячейки имеют срок службы в 1000 циклов заряда/разряда без ощутимой потери емкости. Суперконденсатор способен пережить и 10, и 100 тысяч, и даже миллиоциклов без последствий.
- Устойчивость к перепаду температур без потери емкости.
- Нетоксичность, а в силу отсутствия лития в конструкции, уровень безопасности растет.

Преимущества таких устройств говорят сами за себя, но почему суперконденсаторы не так активно используются? Причинами выступают:

- Серьезным минусом стала удельная емкость. Она ниже, чем у аккумуляторов. Упомянутые ионисторы на 5000 Ф имеют длину 21 см, диаметр 6 см, и весят 800 грамм. Для сравнения, аналогичная установка, формата 18500, имеет длину 5, диаметр 1,8 см, и весит около 30-35 грамм. Разница по объему – почти в 50 раз, по весу – около 25.
- Цена ионисторов заметно выше классических аккумуляторов, при этом уровень производительности различается колоссально.
- Приличный вес.
- Остаточный заряд зависит от напряжения – ионистор полностью разряжается, таким образом, при зарядке может потребоваться наличие мощного преобразователя-стабилизатора.

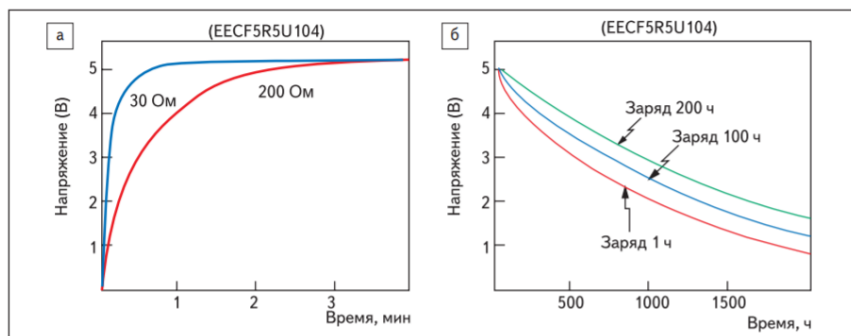


Рис. 3. Зависимость напряжения ионистора от времени заряда при различном сопротивлении (материалы получены из официальных источников производителя Varta).



Сегодня суперконденсаторы активно применяются в машиностроении. К примеру, коммунальный транспорт в РБ пополнился электробусами АКСМ-Е433 Vitovt.



Рис. 4. АКСМ-Е433 (электробус)

Основной упор разработчики сделали на скорость зарядки и автономность. Электробусу с его многочисленными остановками хватает заряда на 12 км пути, а время зарядки составляет всего 7 минут. Маршрут размерен остановками с разницей в сотню км. Зарядка проводится на конечных остановках посредством мобильных зарядных станций или путем подключения к линиям электропередач. Скромный пробег объясняется малой удельной мощностью ионисторов.

К тому же, суперконденсаторы уже стали способом экономии на организации цепей питания. Они конечно неспособны сейчас заменить большинство литиевых ячеек, хотя суперконденсаторы нашли применение в современных гибридных автомобилях.

#### **Информационные ресурсы:**

1. Суперконденсатор [Электронный ресурс] / – Режим доступа до ресурсу: <http://scsiexplorer.com.ua/index.php/osnovnie-ponyatiya/1201-superkondensator.html>.
2. Графеновый суперконденсатор [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://scorcher.ru/journal/art/art2359.php>.
3. Суперконденсаторы на транспорте и электронике [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://hype.ru/@boevoy-homyak/superkondensatory-na-transporte-i-v-elektronike-est-li-smysl-i-perspektivy-3m58fgng>.

## ЕЛЕКТРИЗАЦІЯ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ПАЛИВ ЯК МЕТОД ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВИСОКИХ НАПРУГ

**Зубченко О.М.**

*кандидат технічних наук, доцент*

**Самардак О.В., викладач**

**Горпинченко В.В., викладач**

**Поліщук Н.П., викладач**

*Тальнівський будівельно-економічний  
коледж УНУС*

**Анотація.** Обґрунтовано отримання електричної енергії з розподілу зарядів в діелектричних рідинах і застосування зарядів статичної електрики в позитивних цілях, наведено розробку технологічного способу і пристрою отримання електричної енергії з розподілу зарядів в діелектричних рідинах.

**Ключові слова:** Електризація, електрична енергія, подвійний електричний шар.

Загострення енергетичних проблем спонукає до пошуку нових джерел енергії, які мають в повній мірі задовольняти потреби людства в необхідній тепловій та електричній енергії, та забезпечувати високу екологічну чистоту, простоту і безпеку в обслуговуванні. Науковці всіх країн працюють над створенням альтернативних палив в порівнянні з вуглеводневим паливом, а також над пошуком альтернативних видів енергії.

Парадоксальним є те, що деякі фізичні явища, відомі людству з дуже давніх пір, у даний час є найменш вивченими, як наприклад, статична електризація. Інтенсивне вивчення електризації почалося на початку ХХ століття, коли, у зв'язку з бурхливим технічним прогресом, почали виявлятися наслідки утворення електростатичних зарядів: вибухи, пожежі, то що (1).

Збиток, що наносить статична електрика лише, наприклад, на підприємствах США, які мають справу з пилом різних речовин, складає близько 100 млн. доларів у рік (2). Найбільш небезпечною електризація є в галузях промисловості, пов'язаних з виробництвом і споживанням великої кількості легкозаймистих речовин, зокрема вуглеводневих рідин. Не випадково одними з ініціаторів систематичного вивчення електризації нафтопродуктів були найбільші нафтові фірми "Шелл" і "Esso". які створили цільові лабораторії для вивчення причин виникнення статичної електрики та удосконалення методів з її ліквідації.

Сучасні високопродуктивні насоси й устаткування дозволяють робити заправку великого літака за 20-40 хвилин. Обов'язковим елементом системи заправки вважається фільтр тонкого очищення з волокнистих пластиків з пропускну здатністю (3-4 тис.л/хв), високим ступенем очищення і малою вартістю. Однак у момент заправлення літаків саме він призводить до інтенсивної появи зарядів статичної електрики (3). Вияв-

лено випадки прояву статичних зарядів на сітці в перекачувальному насосі літака. а також прогорання фільтрувального папера у фільтрі бензозаправників. Значного прояву статична електрика набула на автозаправних станціях при заправці автомобільного транспорту та при перекачці світлих нафтопродуктів. Внаслідок цього, зафіксовано безліч випадків самозаймання технологічного обладнання та автомобілів саме під час виконання процесу заправки (3).

Як відомо, електризація діелектричних рідин пов'язана з появою подвійних електричних шарів на поверхнях розділу двох рідких середовищ, чи на границях поділу рідина - тверде тіло. Подвійний електричний шар - просторовий розподіл електричних зарядів різних знаків, „нерухомо” зв'язаних зі стінкою труби (шар Гельмгольца –  $10^{-6}$  м) і дифузійного шару іонів протилежного знаку (шар Гюї) (4). За рахунок руху рідини відносно стінки труби і переміщення зарядів шару Гюї в ємкість, виникає різниця потенціалів між трубою і ємністю. При терті рідин об метали в процесах течії чи розбризкування виникає електризація діелектричних рідин за рахунок електролітичного поділу зарядів на границі метал - рідина. Електризація при терті двох рідких діелектриків - наслідок існування подвійних електричних шарів на поверхні розділу рідин з різними діелектричними проникностями, рідина з більшою діелектричною проникливістю заряджається позитивно, а з меншою - негативно (правило Коена) [4]. Заряди статичної електрики спостерігаються при взаємному терті двох діелектриків, чи напівпровідників металів різного хімічного складу, чи однакового складу, але різної щільності, при терті металів об діелектрики, при терті двох однакових діелектриків, при терті рідких діелектриків один об одну, чи об поверхню твердих тіло і ін. При цьому електризуються обидва тіла: а їхні заряди однакові по величині і протилежні за знаком. В зв'язку з тим, що вуглеводневі палива за своєю фізичною природою мають низьку питому електропровідність, вони активно електризуються, зберігають і накопичують електричний заряд. При визначеній щільності електростатичного заряду напруженість електричного поля може досягнути критичних значень і виникне електричний розряд.

На поверхні поділу твердого тіла – рідини, у результаті процесів адсорбції утворюються подвійні електричні шари. Природа сил у кожному шарі різна і залежить від властивостей твердої поверхні і рідини. При фізичній адсорбції діють сили Ван-дер-Ваальса: індукційні, орієнтаційні чи дисперсійні(5). Принципи електролітичного розподілу зарядів на межі розподілу рідина - тверде тіло є фундаментальною основою теоретичних і експериментальних досліджень трибоелектричних процесів. Контактвання поверхонь тертя і діелектричних рідин в цілому а їхніх атомів і молекул зокрема в трибоелектричних процесах розглядається з позиції електролітичної взаємодії. Поява електричних зарядів внаслідок тертя та розподілу зарядів на межі рідина-тверде тіло можлива тільки лише за рахунок речовини та енергії, різності густини речовини. Виходячи з цього, буде доцільно розробити принципово нові способи отримання такої енергії з розподілу зарядів в діелектричних рідинах.

На наш погляд, в даному випадку доцільно буде розглядати статичну електрику, точніше трибоелектрику, яка виникає в трубопроводах та

технологічному обладнанні при терті об їх поверхні діелектричної рідини (в нашому випадку це: нафта, рідкі вуглеводневі палива, різного роду оливи, масла).

Відомо, що виникнення електростатичних зарядів обумовлене наступними умовами: наявність одного з механізмів утворення зарядів, течія, розпилення, дроблення і т.д.: наявність умов для їхньої нагромадження: утворення електростатичного поля з максимальною напруженістю на одній з ділянок, що перевищує пробивну напруженість середовища на цій ділянці: наявність вибухонебезпечної концентрації парів у місці пробою: утворення іскрового пробою з енергією, більшою мінімального значення енергії запалення даного середовища. Достатньою умовою є одночасне існування всіх зазначених вище умов. Кожний із зазначених факторів є складною функцією зовнішніх впливів, конструкції устаткування електрофізичних властивостей рідини. У даний момент ми маємо досить чітку картину умов виникнення статичної електрики в діелектричних рідинах у залежності від різних факторів: фізичних властивостей самої рідини, температури і тиску [6].

Багатьма вченими світу досліджено характеристики розрядів в вуглеводневих парах [6]. розроблено методики розрахунку електростатичних полів, правда для найпростіших випадків, які дають збіг результатам експерименту. У противагу цьому, питання про умови утворення і нагромадження зарядів є поки недостатньо вивчене. Спроби теоретично обґрунтувати електризацію рідин привели до розбіжностей з даними експерименту. Причому не зовсім зрозуміло, що більш помилково: основні допущення, покладені в основу теорії, методика експерименту, чи те й інше разом.

Всі можливі механізми зарядження можна класифікувати на наступні групи:

1. Електризація при контакті з твердою поверхнею: а) при течії рідини в трубах: б) при фільтрації: в) при осадженні зважених часточок; г) при дробленні від удару об тверду поверхню.
2. Електризація при контакті з рідиною, що не змішується.
3. Електризація при контакті з газом: а) розпилення рідини в газі: б) барботування рідини газом.

Вирішальними при експлуатації діелектричної рідини виявляються два механізми: утворення заряду при течії по трубах і фільтрації. Дослідженнями науковців встановлена якісна картина поведінки палива в цих випадках, на підставі яких можна зробити наступний висновок: електризація діелектричних рідин визначається трьома факторами - фізичними властивостями рідини, конструктивними особливостями устаткування і комплексом зовнішніх умов (7). Дослідження електризації рідини звичайно проводилися в комплексі, тобто без винятку якого-небудь з цих факторів. У результаті висновки, отримані з такого роду експериментів часто суперечать один одному. Так неодноразово висловлювалося припущення про те, що матеріал пристроїв практично не робить впливу на ступінь електризації, однак практичні результати показують зворотні дані [7].

Важко заперечувати той факт, що в однакових умовах різні рідини електризуються неоднаково. Це дає підставу припускати, що така властивість рідин існує і може бути визначена при наявності відповідних експериментальних даних. Концепції, покладені в основу явища, роблять непоясненим той факт, що чисті вуглеводні не електризуються. Приведені вище приклади не є переліком всіх протиріч і невідповідностей, а лише коротка ілюстрація недосконалості наших знань у даній області. По визнанню багатьох дослідників вивчення питання статичної електризації, і не тільки рідин, знаходяться в стадії нагромадження експериментального матеріалу [7].

На паливних підприємствах нейтралізація зарядів статичної електрики при наповненні паливом заправок, автоцистерн на пунктах наливу здійснюється індукційними нейтралізаторами статичної електрики (ІНСЕТ), які встановлюються після фільтрів на лінії видачі нафтопродукту. Наявність нейтралізатора дозволяє збільшити продуктивність наповнення цистерн паливом на 70% (з врахуванням можливості обладнання). Але ІНСЕТ не є єдиним засобом боротьби з зарядами статичної електрики. Так, наприклад, на автозаправних станціях успішно застосовують у цих випадках єдину металізацію конструкцій для вирівнювання потенціалів, або просто заземлюють небезпечні ділянки для стікання зарядів в землю [8]. Враховуючи актуальність проблеми захисту палив від накопичення статичного струму в авіаційні палива добавляють комплексні присадки "Assa", «Сигбол» які мають антистатичні властивості. У концентрації 0.003% вони підвищують електропровідність нафтопродуктів і зменшують електризацію.

Приведені вище засоби захисту від електростатичних зарядів не є досить ефективними, так антистатичні присадки лише зменшують електризацію нафтопродуктів, підвищуючи їх електропровідність, але не виключають появу електростатичних зарядів і вимагають від експлуатанта додаткових витрат на їх придбання. Застосування ІНСЕТ дозволяє відводити заряди статичної електрики від об'єктів їх утворення в землю, але не використовувати це джерело енергії в корисних для людства цілях.

В результаті теоретичного дослідження було розроблено та апробовано пристрій та спосіб отримання електричної енергії високих напруг які базуються на позитивному використанні зарядів статичної електрики, отриманих за допомогою ІНСЕТ при експлуатації вуглеводневих палив.

В основу винаходу було поставлено задачі: 1. Шляхом створення більш простішого за будовою і економічно ефективнішого пристрою отримання електричної енергії високих напруг, забезпечити можливість отримання електричної енергії високих напруг, підвищити ефективність використання пристроїв для зняття зарядів статичної електрики. 2. Удосконалення способу отримання електричної енергії високих напруг шляхом отримання електростатичних зарядів з технологічного обладнання, експлуатація якого пов'язана з вуглеводневими паливами, забезпечити отримання електричної енергії високих напруг без особливих затрат енергоносіїв та окислювачів, повністю або частково вирішити проблему боротьби з зарядами статичної електрики на підприємствах, яким притаманне транспортування діелектричної рідини по трубопроводу.

На рис.1 зображено принципову схему пристрою отримання електричної енергії високих напруг та на рис.2 - принципову схему реалізації способу отримання електричної енергії високих напруг .

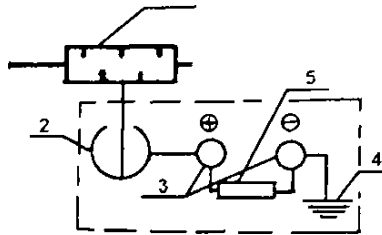


Рис. 1. Пристрій отримання електричної енергії високих напруг:  
1 - ІНС ЕГ, 2 - пола металева куля, 3 - розрядник,  
4 - заземлення, 5 - навантаження.

Пристрій працює наступним чином: заряди статичної електрики постійно накопичуються в елементах технологічного обладнання і за допомогою ІНСКТ їх відводять на металеву кулю 2. а далі на розрядник 3. один кінець якого приєднано з кулю 2. а другий з землею 4. До розрядника 3 приєднано навантаження 5, напруга на якому призводить до появи електричного струму в електричному ланцюгу. Змінюючи величину зазору електричного розрядника керують отриманням потрібної величини потенціалу на металевій кулі 2.

При виникненні небезпечного рівня потенціалу передбачено повітряний розряд для чого розрядник 3 заземлюють.

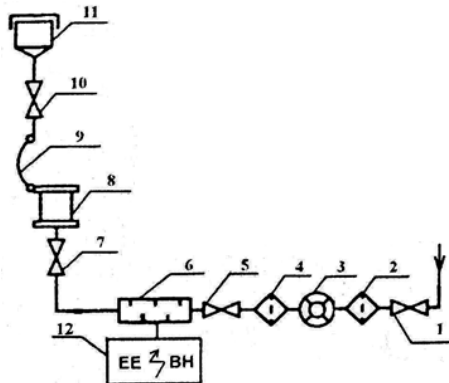


Рис.2. Принципова схема реалізації способу отримання електричної енергії високих напруг

Спосіб отримання електричної енергії високих напруг, який реалізований в пристрої отримання електричної енергії високих напруг може бути пояснений поданим кресленням рис. 2. З технологічного обладнання 1,5,7,10 – задвижки; 2,4 – фільтри; 3 – лічильник; 8 – барабан; 9 - гнучкий трубопровід; 11 - наконечник заправки та трубопроводу заряди ста-

тичної електрики відводять ІНСЕТ 6. Але на відміну від стандартного його застосування, коли після нього заряди статичної електрики відводять в землю, в даному способі, заряди статичної електрики від ІНСЕТ 6 відводять до пристрою отримання електричної енергії високих напруг 12, який і дозволяє отримувати електричний струм високих напруг порядком 20-30 кВ.

**Інформаційні джерела:**

1. Роилен И.О. Медведева В.С. Статическое электричество и меры по борьбе с ним в химической промышленности. Сб.: Охрана химических предприятий от пожаров и взрывов. НИИТЭХИМ, 1991 г.
2. Электризация диэлектрической жидкости вблизи вращающегося диска. Прибылов В.Н. // Вести. Моск. ун-та. Сер. I, Математика. Механика. 2003. № 2. С.39-43.
3. Сканава Г. И. Физика диэлектриков, (Область слабых полей), М.—Л., 1949.
4. Чеботарев Л.И. Эксплуатация средств топливообеспечения аэропортов. - М.: Воздуш. транспорт. 1993. - 240 с.
5. Пат. І34Н71J Україна. Н02N J/00. Н02H і /06. Пристрій для отримання електричної енергії високих напруг / О.М. Зубченко. ІЛ. Трофімов, І.А. Кравець.- Чинний від 17.04.2006.

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Іщенко Г.О.**

*студент 1 курсу факультету біотехнології*

**Зульфїгаров А.О.**

*кандидат хімічних наук,  
старший викладач кафедри загальної  
та неорганічної хімії ХТФ*

*НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»*

**Анотація.** З моменту відкриття електричної енергії люди шукали ефективні методи зберігання енергії для подальшого використання у разі потреби. За останнє сторіччя галузь накопичення енергії продовжувала розвиватися й адаптуватися до мінливих потреб в енергопостачанні. Розвиток інформаційних технологій та активне впровадження в наш побут величезної кількості портативних електронних пристроїв поставило проблему акумулювання електричної енергії на провідне місце. Існує багато способів зберігання енергії, як для побутового, так і для промислового використання. Наведений огляд сучасних технологічних рішень дає змогу оцінити перспективи їх розвитку та визначає основні недоліки, вирішення яких в майбутньому дозволить значно скоротити споживання не відновлювальних корисних копалин.

**Ключові слова:** акумулювання енергії, гідроакуючі системи, літій-йонні акумулятори

Найбільш поширеним типом акумуляторів для використання в побутових умовах наразі став *літій-йонний* акумулятор. Принцип роботи Li-йонних акумуляторів заснований на переміщенні позитивно заряджених іонів літію  $\text{Li}^+$  між позитивними й негативними електродами в процесі розрядки й зарядки. Перенос іонів забезпечує рідкий електроліт. Наявність негативного електроду, який приймає і віддає іони, є загальним для всіх систем, але існує широкий вибір матеріалів, придатних для реалізації позитивного електроду й здатних забезпечувати різницю потенціалів між електродами до 3 В. Але такий тип акумуляторів має ряд недоліків, таких як:

- Висока вірогідність займання рідкого електроліту (причина, по якій вони широко не використовуються в промисловості)
- Труднощі при утилізації
- Негативний вплив на навколишнє середовище

Іншим видом енергозберігаючих систем є *твердотільні* акумулятори – тип акумуляторів, який за технологією схожий на літій-йонний акумулятор, але використовує твердий електроліт. Через це вони є більш надійними та компактними (при однаковому об'ємі можуть зберігати у 2 рази більше енергії, ніж літій-йонні). Ще одним видом акумулюючих пристроїв є *проточні* акумулятори – акумулятори, в яких енергія генерується при взаємодії двох рідин, розділених мембраною, здатною пропускати заряджені частки. Рідкі електроліти зберігаються в двох зовнішніх ємностях. Якщо прокачувати рідини через стільник з мембраною, то при руху вони почнуть обмінюватися іонами і виробляти електричний струм. Обернений процес дозволяє накопичувати енергію в електролітах. Найвагоміша перевага проточних акумуляторів є в можливості зберігання електродів в ємностях, окремо від електродів. Для збільшення потужності батареї необхідно лише збільшити об'єм контейнерів. Саме тому проточні акумулятори зможуть знайти застосування там, де немає обмежень в розмірах приладу, але важлива вартість енергії. Однак існує серйозний недолік, стримуючий розвиток проточних акумуляторів, а саме висока токсичність речовин в електролітах [1].

Існують також ехнології акумулювання енергії в промисловому масштабі. Одним з таких є *гідроакуючі станції*. Енергосховище, яке працює за принципом гідроелектростанції є, можливо, однією з найстаріших форм енергозберігаючих енергосистем. Воно здатне компенсувати недостачу мегаватів електрики в пікові години. Технологія доволі проста: в системі є нижній резервуар води, з якого вода перекачується у верхній, який топографічно знаходиться вище. Коли немає потреби у електриці (наприклад, вночі), ви використовуєте зайву енергію для того, щоб перекачати воду до верхнього резервуару (фактично — зарядити акумулятор). Коли попит на електроенергію високий, вода з цього резервуару зливається через турбіни електрогенераторів вниз, до нижнього резервуару. Потім цикл повторюється. Максимальний ККД таких станцій при вивільненні запасів води 87% (ефективність перетворення енергії при генерації електроенергії в процесі спуску води,); в насос-



ному режимі (закачуванні води в верхній резервуар) - 90,8%. Цей спосіб акумуляції енергії є доволі популярним. Так, Німеччина розглядає використання старих вугільних шахт для побудови гідроакумулюючих станцій, а деякі німецькі дослідники працюють над будівництвом гігантських бетонних сфер, які можуть акумулювати енергію після їх розміщення на дні океану.

Ще одним промисловим методом зберігання енергії є *термічне зберігання розплавленої солі*

Розплавлена сіль здатна довго зберігати тепло, і ця її властивість знаходить застосування на геліоелектростанціях, де сотні великих дзеркал фокусують сонячні промені для генерації енергії. На деяких електростанціях сонячні промені спрямовуються на велику центральну термальну вежу, в якій швидко нагрівається та кипить робоча рідина. Є інша технологія, коли робоча рідина нагрівається в трубах, які проходять перед параболічними дзеркалами. Так чи інакше, це тепло можна використати негайно для запуску парової турбіни, або ж спрямувати сонячну енергію на нагрів солі. Розплавлена сіль здатна зберігати тепло протягом декількох годин. Це допомагає сонячним електростанціям збільшити час роботи і генерувати електрику навіть ввечері. Деякі компанії шукають шляхи зберігання енергії розплавленої солі без потреби в сонячній енергії. Зокрема в одній з лабораторій, що належить корпорації Alphabet, розроблена технологія, яка використовуватиме дешеву електроенергію щоб нагрівати розплавлену сіль та охолоджувати антифриз. Коли потрібна енергія, йде зворотній процес комбінації потоків гарячого та холодного повітря, що здатні крутити турбіни. В майбутньому системи акумуляції енергії можуть і не використовувати розплавлену сіль. Наприклад, дослідники з Georgia Tech нещодавно побудували керамічний насос, який здатний переміщати рідкий метал при дуже високих температурах. Використання рідкого металу може зробити цей вид зберігання енергії більш ефективним [2].

Одним з методів промислового акумулювання є *енергосховище на базі стиснутого повітря*.

Зберігання енергії за рахунок стискання повітря багато в чому схоже на гідроакумулюючу станцію, тільки замість води виробник електрики в період низького попиту накачує в спеціальний резервуар стиснене повітря. Коли потрібна електрика, стиснене повітря випускається з резервуару і крутить турбіну електрогенератора. Оскільки повітря під час компресії нагрівається, це тепло потрібно відводити ще до закачування в резервуар високого тиску. Але під час декомпресії повітря буде сильно охолоджуватися, тому його потрібно знову нагрівати. Для цього використовують або додатковий газовий нагрівач, або інші технології. Хоча схеми зберігання енергії в резервуарах зі стисненим повітрям обговорюються протягом декількох останніх десятиліть, витрати на будівництво та складність самих сховищ завадили створенню багатьох подібних споруд. На сьогодні є всього кілька реально працюючих систем та дещо більша кількість тестових комплексів. Наприклад, канадська компанія Hydrostor працює над створенням потужних систем стисненого повітря в Онтаріо та Арубі.

Наступним прикладом використання технологій зберігання енергії є *газові сховища* (Система power-to-gas). В таких системах надлишкова

електроенергія (отримана з енергії вітру і фотоелектричних систем) використовується для виробництва водню в процесі електролізу (розкладу речовини постійним електричним струмом). Далі відбувається реакція водню з вуглецем, продуктом якої – метан. Газ зберігається у спеціальних резервуарах, і вивільняється в міру необхідності. Стандартний показник ККД для таких систем – близько 50%, а за особливо високих температур (близько 800°C) їх ефективність перевищує 75%. Ця технологія має переваги, зокрема довгострокове зберігання енергії та можливість транспортування контейнерів з газом.

Існують також *гравітаційні системи зберігання енергії*. Принцип їх роботи ґрунтується на гравітації і терті (технологія подібна до гідроакумуючої станції). Цікавий приклад гравітаційного сховища створила американська компанія Advanced Rail Energy Storage North America за допомогою залізної міні-дороги в Неваді. Замість закачування води в верхній резервуар при запасанні енергії проект ARES піднімає вагони з баластом ближче до вершини пагорба, коли вагони спускають з пагорба – енергія вивільняється. Кожен із вагонів оснащений генератором на 2 МВт, при підйомі він працює як електромотор, а на спуску віддає енергію в мережу. ККД всієї системи оцінюється в 80 – 86%. На піку система видає до 50 МВт потужності. Пілотний досвід ARES обмежувався випробуваннями на відстані 240 м. А тому критики наполягають, що такий високий ККД можливий лише для малої довжини шляху вагонів і чим довші відрізки спуску і підйому, тим більше втрат. За таким же гравітаційним принципом працює інший не менш цікавий проект – зберігання енергії в башті. Принцип роботи – кран з шістьма рукавами стоїть у центрі, а на віддаленні від нього лежать бетонні циліндри вагою 35 тонн. Коли виникає надлишок сонячної або вітрової електроенергії, запускається електродвигун, і кран, керований автоматичним алгоритмом, піднімає бетонні блоки один за одним, складаючи їх у вежу навколо своєї осі. Система зберігання «повністю заряджена», коли кран навколів себе вежу з бетонних блоків. Коли в мережі недостача електрики, система запускається в зворотному напрямку, і електроенергія подається в мережу за рахунок гравітаційної енергії. Оскільки бетон набагато щільніше води, для підйому бетонного блоку потрібно (і, отже, він може зберігати) набагато більше енергії, ніж резервуар з водою однакового розміру. ККД такої системи близько 85% [3].

Ще одним цікавим методом зберігання енергії є *термальні накопичувачі енергії*. Компанія Siemens, яка активно розвиває вітрову генерацію, запропонувала рішення по накопиченню енергії в Північній Німеччині. Надлишкова енергія, яку згенерували вітропарки, перетворюється в тепло, нагріває камені (до 600 °C), захищені ізольованим покриттям. Коли є необхідність в додатковій електроенергії, парова турбіна перетворює теплову енергію назад в електрику. Це базова схема роботи такого енергосховища. Сам проект недорогий в організації, але і ефективність його теж поки невисока. Планується, що повнорозмірне сховище зможе вмщати близько 36 МВт/год енергії в контейнері з близько 2000 куб. м скельної породи. За допомогою бойлера накопичене тепло генеруватиме стільки пари, що компактна парова турбіна Siemens може виробляти до 1,5 МВт електроенергії до 24 годин на добу. На ранніх етапах розробки ККД кам'яного сховища складе близько 25% [4].

Виконаний огляд дає змогу виокремити 3 найпоширеніші типи технологій акумулювання електроенергії, що використовуються зараз, а саме літій-йонні акумулятори, гідроакумулюючі станції, термічне зберігання розпавленої солі. Водночас вже розроблені низка новітніх технологій, що можуть бути застосовані у вже існуючому вигляді або при доопрацюванні є перспективними. Головним мотиватором для впровадження нових технологій є збільшення їх ефективності та екологічної безпеки в порівнянні з попередніми розробками.

**Інформаційні джерела:**

1. <http://radiolemberg.com/ua-articles/ua-allarticles/energy>
2. <https://www.imena.ua/blog/energy-storage-schemes-i/>
3. [https://avenston.com/ru/articles/energy\\_storage\\_systems/](https://avenston.com/ru/articles/energy_storage_systems/)
4. <https://kosatka.media/uk/category/blog>

## PROVISION OF ENERGY EFFICIENCY FOR THE PROCESS OF BIOGAS COLLECTION AT THE MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL

**Koloskov V.YU.**

**Osetrova H.O.**

**Snisar O.O.**

*National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

With the development of production in the world, the volume of waste of various levels of danger, which in most cases is removed to the places of their accumulation and subsequent storage - sanctioned landfills or unauthorized landfills, is constantly increasing. Unfortunately, the current waste management situation in Ukraine is very difficult, as evidenced, in particular, by the fact that about 97 percent of municipal solid waste today is being disposed of. On the other hand, numerous violations significantly increase the level of hazard posed by waste storage sites.

In the process of storage of waste of organic origin their chemical decomposition takes place, one of the products of which is flammable methane gas. Often, it flares up, becoming a source of fire that can occur not only on the surface but also in the depths of the debris accumulated. As a result of burning, toxic and poisonous substances are emitted in air to pollute nearby locations. Additionally, the unrestricted distribution of garbage to adjacent landfill sites causes pollution and increases the level of negative impact on the ecosystem of the region. As you can see, the impacts of anthropogenic and environmental character on the objects under consideration are enhanced by mutual reinforcement. Thus, the problem of increasing the number of emergencies in waste storage sites is critical in today's Ukraine and the world. Environmental protection methods and

techniques therefore depend on fire safety provision for municipal solid waste landfills. Today, landfills for the disposal of solid household waste should be created and operated in accordance with the requirements of ДБН В.2.4-2-2005 «Landfills for municipal solid waste. Basic design principles» [1].

Biogas generated at municipal solid waste landfills contains 50-60% methane and can be used as a renewable energy source. The efficiency of biogas collection during operation depends on the degree of coverage of the landfill body with a biogas collection system, the quality of its regulation, the presence of an upper gas-tight layer and gas permeability of the waste. In general, the process of biogas formation and collection at municipal solid waste landfills depends on many factors. In general, the features of the practice of operating municipal solid waste landfills adopted in Ukraine significantly affect both the potential for biogas generation and the possibility of using various methods of collecting it.

Biogas collection and utilization systems at municipal solid waste landfills are widespread in the world. A sufficient amount of biogas to be collected will allow the installation of a gas power station at the landfill to generate electricity from the combustion of biogas. Electricity generation with partial heat recovery allows to improve the economic performance of the project compared to electricity generation. On the other hand, problems related to the connection to the electricity distribution network and its subsequent sale have a significant impact on the implementation of the project.

Reducing greenhouse gas emissions by reducing methane emissions into the atmosphere and replacing the use of natural gas to generate heat and electricity will amount if a full-scale biogas collection and utilization project is implemented.

Important factor of improvement of energy efficiency of the biogas collection and utilization process is based on the fact that chemical decomposition of organic wastes leads to increase of the temperature of biogas collected for the landfill body. This extra heat should be utilized too as it becomes the additional source of the low-potential energy which is valuable and almost free-of-charge energy resource. Obtained in production processes as a result of consumption and conversion of thermal energy, low-potential is available in sufficient quantities at the body of municipal solid waste landfill and can be used for heating and water heating to feed technological systems of landfill or heat supply facilities of landfill which is located distantly from sources of cheap fuel.

#### **References:**

1. ДБН В.2.4-2-2005. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування. – К., Держбуд України, 2005. – 31 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТРОВИХ ПОТОКІВ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Касіячук Д.В.**

*кандидат геологічних наук,  
доцент кафедри геотехногенної  
безпеки та геоінформатики*

*Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу*

**Анотація.** Функціонування енергетичного сектора в ХХІ ст. визначено як таким, що потребує всеосяжного використання альтернативних джерел енергії для забезпечення зростаючих потреб провідних економік світу та людства у цілому. Декарбонізація енергетичного сектора сприятиме послабленню тиску промисловості в їх сукупному внеску з викидів парникових газів, як основного фактору глобальних кліматичних змін. Важливим етапом вибору території побудови об'єкту вітрогенерації має слугувати детальний аналіз її основних вітрових потоків, як головних елементів моделювання з використанням геоінформаційних систем. Моделювання вітрових потоків з урахуванням статистичного підходу дозволяє ґрунтовно підійти до аналізу доцільності використання окремих територій як потенційних до побудови вітропарків. Виділення залежностей у просторовому розподілі основних напрямків вітрових потоків дозволить обґрунтувати експозиційне розміщення вітрової турбіни для збільшення генерації нею енергії.

**Ключові слова:** *вітрові електростанції (ВЕС), статистичний аналіз, геоінформаційне моделювання.*

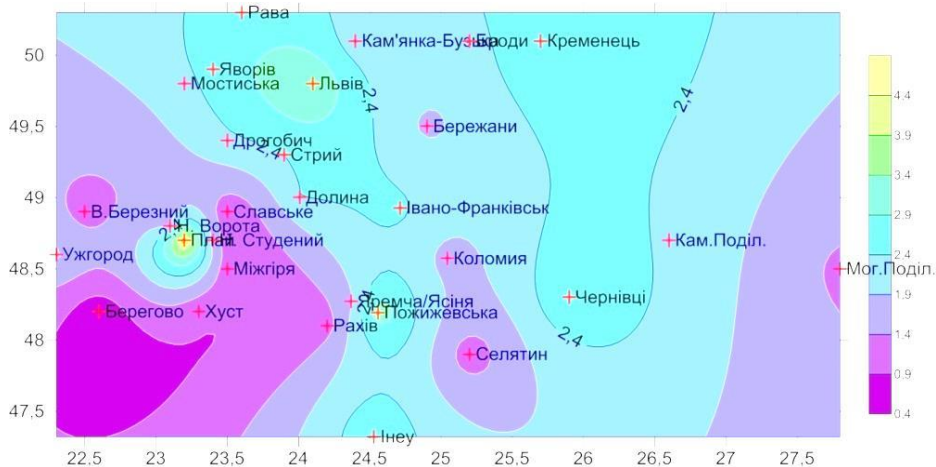
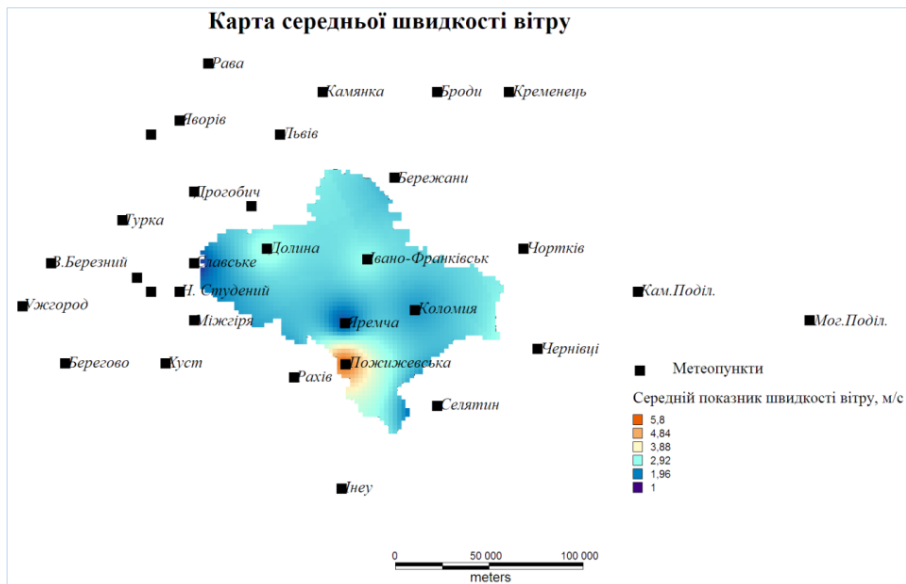
Перспективи розвитку альтернативного сектору енергії має свої особливості, які у першу чергу залежні від метео-кліматичних умов території. Якщо розглядати Україну з точки зору ймовірності прибуткового використання потужностей великих вітропарків, то безумовно територія Нижнього Подніпров'я є більш привабливою. На сьогоднішній день частина енергій, яка виробляється вітровими електростанціями (ВЕС) у загальному енергетичному балансі України є найбільшою.

Розглядаючи досліджуваний Карпатський регіон, як основний рекреаційний курортний високогірний центр туризму, де сконцентровані основні запаси буково-ялицевих лісів, то постає сама собою думка про потребу розвитку альтернативних джерел енергії. Територія регіону, а Івано-Франківської області зокрема, володіє значними енергетичними «запасами» вітрової енергії, що говорить про можливість розгляду території на рівні із основними гравцями ринку півдня України, як плацдарму розвитку вітрових парків.

Моделюючи екологічні баланси ймовірного впливу вітропарків на навколишнє середовище області, третину якої займають гірські хребти, слід відмітити про складну стратифікаційну залежність вітрових потоків і

лісових заповідних площ. Постає проблема в розрахунку параметрів вітру в складних умовах рельєфу, який має значну шорсткість поверхні через наявність лісових масивів і врахування морфометричних характеристик як окремої ділянки так і регіону в цілому.

Головною проблемою при розгляді великих площ, для оцінювання будь-яких параметрів вітрового потенціалу є врахування різних факторів, що в кінцевому результаті може значно впливати на генерацію потужностей проектованої ВЕС і її ймовірного впливу на навколишнє середовище.



*Рис.1 – Карти середньої швидкості вітру  
(з деталізацією у межах території Івано-Франківської області)*

Геоінформаційні технології визначені трьома основними напрямками, де використання ГІС є доцільним і виправданим: 1) визначення придатних територій – аналіз просторової інформації; 2) оцінка вже розроблених проєктів; 3) моніторинг розвитку вітроенергетики. Урахування компонентів географічних інформаційних систем дозволить розробити програму регіонального розвитку ВЕС та доцільності використання [1].

У роботі [2], авторами запропонований геоінформаційний підхід до аналізу вітрових потоків та моделювання генерацій них потужностей ВЕС. На рис. 1 представлена геоінформаційна модель побудована на основі аналізу середніх швидкостей вітру в період з 01.09.2009 р. по 05.10.2019 р. за даними 32 метеопунктів [3].

На основі бази даних був проведений кластерний аналіз для виділення груп взаємопов'язаних метеопунктів з метою їх укрупнення (рис. 2).

Розподіл груп на кластери не показав, окрім, географічної подібності точок спостережень ніякої чіткої структуризації, та потребує детальнішого аналізу.

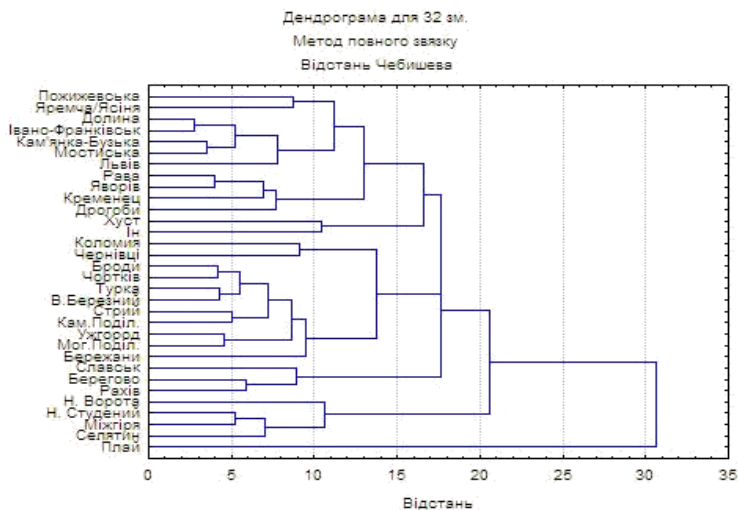
За результатами кластерного аналізу К-середнім, виділено 4 групи кластерів:

Кластер 1 – Пожижевська, Яремча/Ясіня, Дрогобич, Плай, Хуст, Рахів, Інеу;

Кластер 2 – Долина, Івано-Франківськ, Коломия, Кам'янка-Бузька, Львів, Мостицька, Стрий, Ужгород, Мог.Подільський, Чернівці;

Кластер 3 – Рава, Броди, Яворів, Турка, Кременець, Бережани, Чортків, Кам.-Подільський;

Кластер 4 – Славське, В.Березний, Н. Ворота, Н. Студений, Міжгір'я, Берегово, Селятин.



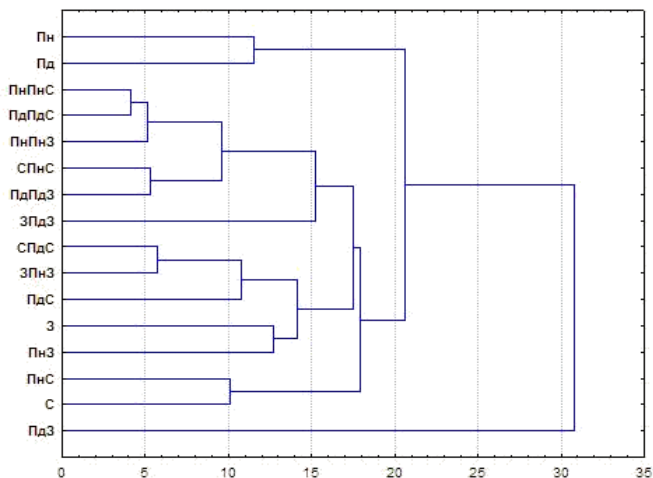


Рис. 2 – Дендрограми переважаючих напрямків вітру по метеопунктах і експозиції потоків

Міри розкиду – такі як дисперсія і стандартне відхилення – дають нам розуміння, наскільки добре, наприклад, середнє представляє весь набір даних. Якщо розкид значень у розподілі великий, то середнє не є таким репрезентативним, ніж якщо розкид даних малий. Тобто, великий розкид даних означає, що, ймовірно, є великі відмінності між значеннями (табл.1). Ураховуючи це варто детально підійти до вибору експозиції турбін для кожної зони.

Таблиця 1

### Кластерний аналіз К-середнім

Кластер 1				Кластер 2			
	Серед.	Станд.	Дисп.		Серед.	Станд.	Дисп.
Пн	2,31	2,18	4,74	Пн	2,60	1,31	1,72
ПнПнС	1,30	1,20	1,44	ПнПнС	1,41	0,70	0,49
ПнС	8,36	5,10	25,96	ПнС	2,48	1,32	1,74
СПнС	3,23	3,55	12,60	СПнС	2,70	1,32	1,75
С	7,36	5,76	33,15	С	7,49	2,76	7,61
СПдС	1,17	1,24	1,54	СПдС	7,53	3,05	9,29
ПдС	3,24	1,62	2,62	ПдС	7,31	2,82	7,93
ПдПдС	1,19	1,02	1,04	ПдПдС	3,02	1,80	3,26
Пд	5,00	3,29	10,79	Пд	3,85	2,43	5,93
ПдПдЗ	3,30	3,03	9,15	ПдПдЗ	2,79	1,80	3,23
ПдЗ	11,99	8,74	76,38	ПдЗ	4,29	1,99	3,95
ЗПдЗ	5,16	5,97	35,66	ЗПдЗ	4,42	3,43	11,75
З	7,16	4,34	18,84	З	6,27	2,02	4,08
ЗПнЗ	1,16	1,24	1,53	ЗПнЗ	8,16	3,00	9,01
ПнЗ	2,43	2,30	5,31	ПнЗ	8,65	5,28	27,92
ПнПнЗ	0,66	0,44	0,19	ПнПнЗ	4,35	1,97	3,89



Кластер 3				Кластер 4			
	Серед.	Станд.	Дисп.		Серед.	Станд.	Дисп.
Пн	5,03	2,16	4,66	Пн	13,06	6,50	42,31
ПнПнС	1,91	1,18	1,39	ПнПнС	1,50	2,03	4,13
ПнС	3,64	1,20	1,45	ПнС	2,21	1,32	1,73
СПнС	1,74	0,79	0,63	СПнС	0,23	0,15	0,02
С	5,75	2,01	4,02	С	1,96	1,83	3,33
СПдС	3,56	2,41	5,82	СПдС	0,29	0,19	0,03
ПдС	10,60	2,47	6,11	ПдС	2,40	2,05	4,20
ПдПдС	3,93	2,28	5,19	ПдПдС	1,30	1,09	1,19
Пд	6,06	3,23	10,43	Пд	10,89	4,48	20,09
ПдПдЗ	1,55	0,48	0,23	ПдПдЗ	1,89	2,51	6,31
ПдЗ	5,39	2,58	6,66	ПдЗ	2,27	1,79	3,20
ЗПдЗ	3,25	2,90	8,40	ЗПдЗ	0,37	0,68	0,46
З	11,56	4,32	18,68	З	2,79	2,85	8,10
ЗПнЗ	4,70	1,46	2,13	ЗПнЗ	0,47	0,39	0,15
ПнЗ	8,21	3,01	9,05	ПнЗ	3,93	2,83	8,00
ПнПнЗ	3,13	1,53	2,33	ПнПнЗ	1,61	1,45	2,10

Виходячи із результатів статистичного аналізу, слід відмітити, що орієнтація вітрових турбін для першого кластеру має бути на ПдЗ-З, другого – З-ПнЗ, третього – З-ПнЗ та четвертого на Пд.

#### Інформаційні джерела:

1. А.Н. Некос, Я.Е. Молодан, «Застосування геоінформаційних систем при вирішенні завдань просторового планування вітроенергетики», Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, № 1104. Серія «Екологія», вип. 10, с.135, 2014.
2. Y. Bilinska, D.V. Kasiyanchuk, V.Danylyak, N.Yazlovetska, «Estimated wind power potential in the Ivano-Frankivsk region», 17th International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects, 14-17 may 2018, Kyiv, 4 p.
3. «Архів погоди на метеостанції ...» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://rp5.ua>. Дата звернення: Жовт. 19, 2019.

## ДО ПИТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В УКРАЇНІ

**Когут В.М.**

*студент магістратури*

*Інженерно-технічного факультету*

*Ужгородський національний університет*

**Анотація.** Україна відноситься до переліку імпортозалежних держав з неефективним використанням енергоресурсів та високим рівнем енергомісткості економіки. Саме енергоефективність на даний час є найважливішим ресурсом для енергетичної безпеки країни та гарантом фор-

мування необхідного потенціалу для подальшого розвитку економіки держави і суспільства.

**Ключові слова:** енергоефективність, енергозбереження, відновлювальні джерела енергії.

Україна – далеко не перша держава у Європі, яка зіткнулася з необхідністю підвищення енергоефективності житлових будинків та будівель соціального призначення. Позитивним для нас є те, що, освоюючи нові технології, ми вже можемо покладатися на практичний досвід інших країн. Акумулюючи результати вже реалізованих реформ і власних розробок, ми можемо знайти найбільш прийнятні моделі для кожного регіону України, враховуючи його індивідуальну специфіку.

Відповідно до Директиви ЄС “Про енергоефективність” Україна зобов’язана транспонувати Директиву у ключові законодавчі акти. Її ціль – досягнення економії енергії на рівні 20% до 2020 року.

Стратегічною метою виконання завдань з енергозбереження є визначення напрямків скорочення обсягів енергоспоживання в усіх сферах господарювання, підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів, забезпечення реалізації загальнодержавної стратегії скорочення споживання природного газу та зменшення енергетичної залежності держави від його імпорту. За даними Інституту відновлювальної енергетики, Закарпатська область має великий потенціал в сфері отримання енергії з відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). У структурі відновлювальних джерел енергії Закарпаття 60,0% припадає на малу гідроенергетику та геотермальну енергію, 22,0% - на енергію біомаси, 9,0% - на енергію вітру, 5,0% - на енергію доквілля, 4,0% - на енергію сонця [1].

Окрім того, актуальною є проблема підвищення енергоефективності будівель, яка постає перед власниками більшості приватних будинків, так як в Україні вартість енергоносіїв внаслідок фінансової кризи значно підвищилися і продовжує зростати й надалі. Хоча в нашій країні не передбачено норм, які визначають енергоефективність будинку, проте умовно прийнято вважати будинок «пасивним» енергоспоживання якого не перевищує 40 кВт·год/м<sup>2</sup> [ 2].

Енергетична ефективність будівлі - це властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу будівлі побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та/або проживання у приміщеннях такої будівлі при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов [3].

В цей час в країнах Європи вимоги стандартів щодо питомого споживання енергії будівель тільки посилюються. Будинок не обов’язково має використовувати менше енергії, але за рахунок підвищення теплоізоляції, рекуперації; власного виробітку (за допомогою сонячних батарей, колекторів, теплових насосів, вітрогенераторів), має зменшитися її надходження з зовнішніх теплових та електричних мереж. Ціни на енергоносії, що різко зросли та продовжують зростати, зробили утримання великого будинку непосильною ношею для їх власників. Основні причини тепловтрат – це низька якість будівельних конструкцій – двері та вікна,

дах і підлогу, а через стіни взагалі втрачаємо до половини тепла. Саме через них відбувається витік тепла в навколишнє середовище. Якщо додати застарілі системи опалення, то енергоефективність будинку буде мінімальною, а витрати на опалення – в 2-3 рази вище, ніж в будинках, де була проведена термомодернізація.

Проблему з підвищенням енергоефективності можна розділити на два блоки - підвищення ефективності використання теплоносія та зниження енерговитрат. Оцінку тепловтрат можна провести самостійно з використанням тепловізора, який покаже основні місця, що потребують додаткової теплоізоляції. Втім, краще довірити оцінку енергоефективності будинку експертам, які мають відповідну ліцензію та проведуть справжній енергоаудит. Це дозволить не тільки знизити тепловтрати, але і підвищити ефективність використання енергоносіїв – електрики, газу і т.д.

Розглянемо основні заходи, які входять до першого блоку - підвищення енергоефективності теплоносія.

Утеплення стін - один з найдієвіших прийомів, як підвищити енергоефективність використання теплоносія, адже через стіни відбувається втрата від 30 до 50 відсотків тепла. При цьому шар утеплення необхідно встановлювати зовні – це зміщує точку промерзання і знижує тепловтрати. Для облицювання можуть використовуватися мінераловатні (базальтова або кам'яна вата, шлаковата або скловата) або полістирольні (полістирол або пінопласт) матеріали.

Встановлення металопластикових енергозберігаючих вікон - загальноприйнята практика, яка себе відмінно зарекомендувала не тільки в європейських країнах, де підвищення енергетичної ефективності житлових і громадських будівель затверджено на законодавчому рівні, а й в Україні. Використання багатокamerних конструкцій дозволяє мінімізувати повітрообмін між приміщенням і зовнішнім середовищем і пов'язані з ним тепловтрати. Установка енергозберігаючих вікон дозволяє знизити тепловтрати на 15 – 25%. При цьому важливо не тільки вибрати якісний склопакет, але і правильно його встановити, щоб уникнути втрат тепла, викликаних неправильним монтажем.

В сучасних енергоефективних будинках значно зростає значення системи вентиляції, оскільки, заходи, які дозволяють поліпшити енергоефективність будинку, практично зводять до нуля природний повітрообмін. Тому, з однієї сторони повинен відбуватись хороший повітрообмін, забезпечивши приплив повітря, багатого киснем, і видалення повітря з підвищеним вмістом вуглекислоти. З іншого боку – повітрообмін повинен супроводжуватися мінімальними втратами тепла. Для цього використовуються спеціальні системи примусової вентиляції з рекупераційними установками. Взимку вони дозволяють підігрівати повітря, що надходить ззовні, а влітку – охолоджують його.

До другого блоку вирішення проблеми з підвищенням енергоефективності входять такі методи зниження енерговитрат:

- перехід на багатотарифний варіант оплати – нічний тариф на електрику на 50% менше, ніж денний;
- встановлення енергозберігаючого освітлення - світлодіодних ламп;
- підбір техніки, що має клас енергоспоживання А чи А +;

- установка датчиків руху в системі зовнішнього освітлення;
- перехід на електрику власної генерації: установка сонячних батарей або вітрогенераторів.

Значно можна досягти зменшення енергоспоживання завдяки модернізації системи опалення, включаючи такі напрямки:

- в першу чергу - комбінуючи різні види енергоносіїв, наприклад, використовувати газові прилади в денну пору, електричні в нічну (коли є вигідним нічний тариф) та підібравши обладнання з найбільшим ККД;
- використання твердопаливних котлів, які використовують пелети з соломи, відходів деревини, відходів переробки соняшника і т.д.;
- встановлення циркуляційних насосів для забезпечення автоматичної циркуляції теплоносія;
- підбір та установка енергоефективних радіаторів;
- програмування режиму опалення.

Також сучасним способом підвищення енергоефективності будинку, яка дозволяє оптимізувати витрати енергії є система «Розумний дім» до якої входять такі компоненти:

- центр керування (у вигляді планшету або консолі), що записує та інтерпритує дані з датчиків;
- датчики диму, затоплення, відкриття вікон або дверей, освітленості, вологості, температури;
- автоматичні водяні крани;
- терморегулятор для батарей;
- зчитувачі показників лічильників;
- спеціальні датчики руху, аналізуючи наявність людини в кімнаті, зменшують або збільшують температуру в кімнаті. Крім того, вони дозволяють підтримувати мінімально прийнятну температуру в той час, поки вдома нікого немає.

Завдяки сучасним технологіям та конструкційним рішенням, які дозволяють в декілька разів підвищити ефективність використання всіх видів енергоносіїв, на даний час, енергоефективність будинку є одною з основних вимог при будівництві нових будівель. А вже в недалекому майбутньому – звичним явищем буде будівництво енергонеутральних будинків з нульовим споживанням енергії, в яких необхідна для життєдіяльності енергія вироблятиметься на місці за рахунок використання відновлюваних джерел енергії.

#### **Інформаційні джерела:**

1. Журнал «Eco town». 22.03.2016. Режим доступу: <https://ecotown.com.ua/news/Na-Zakarpatti-elektryku-vyroblyayut-8-HES-3-sonyachni-elektrostantsiyi-ta-iz-biohazu/>
2. Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності, енергоаудиту та енергоменеджменту з енергоощадності в економіці країн. – Київ – 2017.-С.-56.

- Режим доступу: <https://ua.energy/wpcontent/uploads/2018/01/Pidvyshhennya-energoefektyvnosti-v-YES.pdf>.

3. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, –2017. – С.-3.

УДК 004.942

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ СТІЧНИХ ВОД ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА В СИСТЕМАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ ВЕЛИКИХ МІСТ**

**Мошноріз М.М.**

*кандидат технічних наук,  
доцент кафедри Електромеханічних  
систем автоматизації в промисловості і  
на транспорті*

**Гуцько М.С.**

*студент гр. ЕПА-18м*

*Вінницький національний технічний  
університет*

**Анотація.** Розроблено математичну модель системи транспортування стічних вод. Розроблено алгоритм оптимального розподілу потоків каналізаційних стоків між насосними станціями. Розроблено програму роботи системи керування. Шляхом комп'ютерного моделювання перевірено працездатність насосної станції та оптимізаційного алгоритму.

**Ключові слова:** *електропривод, каналізаційна насосна станція, перетворювач частоти, критерій оптимальності, енергетична ефективність, комп'ютерне моделювання.*

### **Вступ**

Екологічна та санітарно-гігієнічна обстановка великих міст багато в чому визначається надійною роботою систем водовідведення. Збільшення водоспоживання як у промисловій, так і побутовій сферах, призводить до того, що системи водовідведення багатьох міст працюють в напружених навантажувальних режимах, близьких до граничних за пропускну спроможністю. Можливості оперативного управління такими системами, засновані на евристичних уявленнях і досвіді обслуговуючого персоналу, в багатьох випадках виявляються практично вичерпаними [1, 2].

Системи транспортування стічних вод (СТСВ), як правило, є великими споживачами електроенергії, що витрачається каналізаційними насосними станціями під час транспортування стічних вод. Загроза енергетичної кризи в країні висуває в даний час розробку і впровадження енергозберігаючих технологій, в тому числі – в системі комунального господарства. Це стає одним з найбільш актуальних і пріоритетних завдань.

Система водовідведення великого міста динамічна, вона постійно розвивається. У міру зростання міської території, будівництва нових і реконструкції старих районів виникає потреба в прокладанні додаткових каналів, будівництва насосних станцій і т.п. Це призводить до структурних змін системи водовідведення. Рішення про необхідність яких приймаються експертами з будівництва та експлуатації. Математичне моделювання мережі дозволяє попередньо проаналізувати ці рішення, обґрунтовано порівняти можливі варіанти і вибрати найкращий (управління па стадії проектування).

Оптимальне оперативне управління системами водовідведення великих міст, потребує застосування математичного моделювання і ЕОМ. Це дозволяє максимально використовувати реальну пропускну здатність систем, підвищити експлуатаційну надійність і поліпшити показники якості їх функціонування (зниження питомих енерговитрат на транспортування стічних вод), а також істотно полегшити і раціоналізувати роботу обслуговуючого персоналу [1, 3].

**Метою роботи** є підвищення енергоефективності роботи системи транспортування стічних води за рахунок розробки науково-методичних основ оптимального оперативного управління напірно-самопливними системами водовідведення великих міст як в нормальних, так і в аварійних режимах експлуатації, що досягається злагодженим керуванням електроприводами насосних станцій.

Мета досягається шляхом вирішення наступних завдань:

1. Аналіз літературних джерел по темі роботи.
2. Розробка системи автоматизованої роботи електроприводів насосної станції.
3. Вибір критерію і розробка алгоритму оптимального оперативного управління системою водовідведення в нормальних експлуатаційних режимах на базі аналізу експлуатаційних економічних показників.
4. Розробка математичної моделі роботи системи транспортування стічних вод.
5. Моделювання роботи системи транспортування стічних вод відповідно до розроблено критерію.
6. Моделювання роботи насосної станції як одного з виконавчих елементів системи транспортування стічних вод.

### **Результати дослідження**

При вирішенні завдань, що становлять предмет дослідження роботи, насосна станція розглядається як елемент, найважливішою характеристикою якого є статична характеристика "ВХІД-ВИХІД", де під "ВХОДОМ"  $q$  розуміється значення подачі станції, а під "ВИХОДОМ"  $N$  -- спожита нею електрична потужність. При цьому виявилось зручним і доцільним відволіктися від конкретного технічного змісту даної КНС і способу управління її подачею і ідентифікувати шукану залежність за наявними даними, зафіксованим в реальних умовах експлуатації КНС в різних, визначених оперативною ситуацією умовах. Зміст такої ідентифікації полягає у визначенні коефіцієнтів аналітичної безперервної залежності  $N = N(q)$ , вигляд якої формується на підставі фізичних уявлень про

об'єкт, або в результаті візуального аналізу дискретної множини значень  $\{Q_i; E_i\}$

Найбільш зручним способом опису інженерних мереж є їх представлення у вигляді графів. Такий підхід можна знайти, зокрема, в роботах А.Г.Евдокімова. В.В. Дубровського. А.Д.Тевяшева. В.Б.Давидюка та інших дослідників.

Відоми спосіб представлення СТСВ як направленої, зв'язного, ациклічного графу. Вершинами такого графу ж споруди мережі каналізації (насосні станції, резервуари, колектори тощо), а дуги вказують напрям передачі води між сусідніми спорудами. На графі виділяються вершини, через які стічна вода надходить у мережу; такі вершини є входами мережі. Витрати води на входах постійно контролюються і вважаються відомими; вони визначають сумарне навантаження на мережу в будь-який поточний момент часу. Всім вершинам графу присвоюються номери. Якщо загальна кількість вершин  $R$ , то їх нумерацію зручно виконувати у такому порядку: спочатку від одиниці нумерують  $K$  вхідних вершин, а всі інші ( $R - K$ ) нумеруються починаючи від  $K+1$ . Від кожного входу стічна вода може транспортуватися до виходів мережі, в загальному випадку, за кількома маршрутами. Під маршрутом розуміється послідовність споруд, через які вода проходить при своєму русі по мережі. Для реальної мережі кількість  $P$  таких маршрутів завжди кінцева.

З врахуванням введеної нумерації та позначень графів стану СТСВ можна описати матрицею  $[A]$ , що має  $R$  стрічок (вершин) та  $P$  стовпчиків (маршрутів). Елементи матриці  $a_{ij}$  ( $i = \overline{1, R}; j = \overline{1, P}$ ) можуть приймати значення «1» або «0». Для зручності подальшого використання матрицю  $[A]$  ( $R \times P$ ) можна подати у блоковому вигляді, розділивши окремо вершини вхідні ( $A_1$ ) від всіх інших ( $A_2$ ). Введемо до розгляду матрицю-стовпець витрат води за маршрутами  $[q]$ , яка має  $P$  стрічок і матрицю витрат на входах в мережу.

Тоді можна записати таке матричне рівняння [2]:

$$[A_1][q] = [Q], \quad (1)$$

яке фізично показує, що вся стічна вода, що надходить до входів системи, повинна дійти до її виходів. Кожна споруда СТСВ характеризується своєю пропускною здатністю, що можна записати матрицею  $[w]$ , яка має  $(R-K)$  рядків. Нумерація елементів матриці пропускних спроможностей  $[C]$  повинна відповідати нумерації вершин графа системи водовідведення. Числові значення елементів цієї матриці визначаються конструктивними параметрами споруд. Матрична нерівність [2]

$$[A_2][q] \leq [W], \quad (2)$$

враховує вимогу безаварійної роботи кожної споруди, тобто щоб кількість води через неї не перевищувала її пропускну здатність.

Якщо припустити, що СТСВ складається з  $S$  насосних станцій, то кожна з них матиме свої питомі енергозатрати на транспортування одиниці об'єму води. Якщо енергетична характеристика всіх насосних

станцій описується поліномом другого порядку (випадок 2), що є найскладнішою формою опису, то затрати енергії всією СТСВ можна описати рівнянням [2]:

$$E = \sum_{S=1}^S \left( a_s + b_s \cdot \sum_{j \in S} q_j + c_s \cdot \left( \sum_{j \in S} q_j \right)^2 \right) \quad (3)$$

Тоді умова  $E \Rightarrow \min$  буде критерієм мінімізації споживання електроенергії системою транспортування стічних вод.

Розглянемо СТСВ, яка має таку графоаналітичну форму

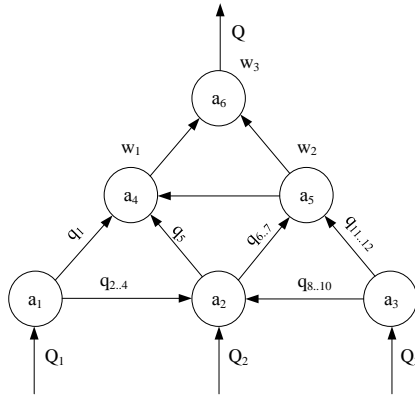


Рис. 1. Граф СТСВ

На основі проведеної оптимізації за методом «Узагальненого приведенного градієнта» отримано значення подач кожної з споруд каналізаційної системи та подач кожного з маршрутів системи, при яких досягається мінімум енергетичних затрат на транспортування заданого об'єму рідини. Результат оптимізації для подач  $Q_1-Q_2-Q_3 = 25-35-40$  подамо також у табличній формі, він матиме вигляд:

Таблиця 1

**Результат оптимізації для подач  $Q_1-Q_2-Q_3 = 25-35-40$  у табличній формі**

Q1-15, Q2-45, Q3-40%		Маршрут (j)												qR	E
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Споруди (i)	1	0,00	0,98	0,95	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	1,00
	2	0,00	0,42	0,37	0,48	1,00	0,48	0,57	0,42	0,37	0,48	0,00	0,00	0,90	
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,67	0,89	0,82	1,00	0,80	
	4	0,97	0,77	0,73	0,00	1,00	0,87	0,00	0,77	0,60	0,00	0,77	0,00	0,64	
	5	0,00	0,00	0,78	1,00	0,00	1,00	0,17	0,00	0,68	1,00	0,89	0,69	0,36	
	6	0,97	0,58	0,77	0,87	1,00	0,87	0,97	0,82	0,71	0,87	0,82	0,97	1,00	
qP		0,65	0,76	0,94	0,82	1,00	0,94	0,55	0,94	0,91	0,94	0,97	0,78		



У таблиці 1 позначено: «Споруди (i)» – номер споруди каналізаційної системи; i – номер споруди, що відповідає номеру рядка у матриці A; «Маршрут (j)» – номер маршруту транспортування стічних вод; j – номер маршруту, що відповідає номеру стовпця у матриці A;  $Q_1, Q_2, Q_3$  – вхідна подача води на каналізаційні споруди першого рівня;  $qP$  – об'єм стоків, що подаються за одиницю часу по P-му маршруту;  $qR$  – об'єм стоків, що проходять через R-ту каналізаційну споруду; E – енергетичні затрати на перекачування всіх стоків ЄТСВ.

Всі величини у таблиці внесено у відносних величинах. Тобто, кожен параметр може змінюватися від нуля до свого номінального або максимального значення. Максимальному значенню буде відповідати значення «1».

### Висновки

Якщо проаналізувати результати оптимізації потоків стічних вод між спорудами ЄТСВ, то можна побачити такі особливості:

1. Остання споруда ЄТСВ ( $a_6$ ) завжди працює з однаковою продуктивністю, що відповідає загальній подачі всієї системи, тобто  $Q_1 + Q_2 + Q_3$ .

2. Зі збільшенням подачі на каналізаційні споруди першого рівня збільшується їх продуктивність і завантаженість. Зі зменшенням подачі – їх завантаженість зменшується.

3. Коли змінюється подача насосних станцій загальна кількість електроенергії, що вони споживають, також змінюється і передбачити характер цієї зміни важко. Більший вплив на загальне споживання електроенергії мають малоефективні насосні станції великої потужності.

Таким чином, для того, щоб підвищити енерго ефективність роботи ЄТСВ необхідно на стадії проектування вирішувати задачу оптимізації її подач на окремих спорудах. Важливий вплив на ефективність роботи системи має запроєктована пропускна спроможність її ділянок та споруд. Як бачимо, за результатами розрахунків певної ЄТСВ, діапазон регулювання продуктивності кожної насосної станції може коливатися в широких межах. Для кращої ефективності він має бути вузьким і неглибоким. Тому задачу оптимізації роботи ЄТСВ можна доповнити і обмеженням на діапазон регулювання продуктивності насосних станцій.

За допомогою вирішення задачі оптимізації роботи окремих споруд ЄТСВ можна досягти зменшення споживання електроенергії, прискорити процес прийняття рішення про роботу системи в аварійних ситуаціях, посприяти у виборі елементів системи на стадії проектування тощо. Крім того, використовуючи досвід моделювання таких систем, можна алгоритмізувати процес прийняття рішення диспетчером. Це дозволить також підвищити надійність роботи системи, оскільки таке рішення буде позбавлене суб'єктивної помилки.

### Інформаційні джерела:

1. Лезнов Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздушных установках / Б.С. Лезнов. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 359 с.
2. Ермолин Ю. А. Оптимизация процесса транспортировки сточных вод в системах водоотведения крупных городов: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора техн. наук. по специальности 05.23.04 – Водоснабжение,

канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. – Москва, 1995. – 48 с.

3. Мошноріз М. М. Метод та засоби оптимізації роботи електроприводів насосної станції водопостачання. Монографія / В. В. Грабко, М. М. Мошноріз. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 138 с.

## ПЕРСПЕКТИВИ ХІМІЧНИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ НА ОСНОВІ ГРАФЕНУ

**Музика С.М.**

*студентка інженерно-хімічного  
факультету*

**Власенко Н.Є.**

*кандидат хімічних наук, доцент*

*НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»*

**Анотація.** Відображено відомості про екологічно чисті альтернативні акумулятори на основі графену. Порівняно властивості різних видів акумуляторів з метою виявлення якісних і кількісних відмінностей. Встановлено, що графенові акумулятори є найбільш екологічно чистими видами акумуляторів на основі вуглеводнів та мають найбільші значення ємностей серед відомих. Доведено, що існують значні перспективи використання графенових акумуляторів, що дозволяє здобути значний енергетичний і матеріальний вигравш.

**Ключові слова:** *графенові акумулятори, альтернативні джерела струму, максимальні енергоємності.*

Весь час постає гостра необхідність збереження чистоти довкілля та економії ресурсів палив [1]. Тому виникла перспективна тенденція використання екологічно чистих альтернативних видів палива та джерел струму [2].

Одним із перспективних напрямків розв'язання цього питання є хімічні джерела струму на основі графену – алотропної сполуки вуглецю. Він являє собою лист вуглецю товщиною в один атом, прозорий, гнучкий, надлегкий (маса 1 метру = 0,77 грама), екологічно чистий і міцний (в 200 разів міцніший за сталь). Цей матеріал дозволяє збільшити ємність батареї на 45%. Він може витримувати більш високі температури, дозволяючи їм заряджатися в рази швидше аналогів [3]. Для акумулятора важливо, що тонкий шар графена приймає заряд миттєво, тому швидкість заряду триває від 8 до 15 хвилин. Матеріал проводить тепло, виробляє електроенергію, він недорогий у виробництві, поширений в природі, і його відносно просто відновити після ушкоджень. Такі акумулятори менш громіздкі, ніж їх літій-іонні «колеги»: маса графенового акумулятора вдвічі менше маси літій-іонного.

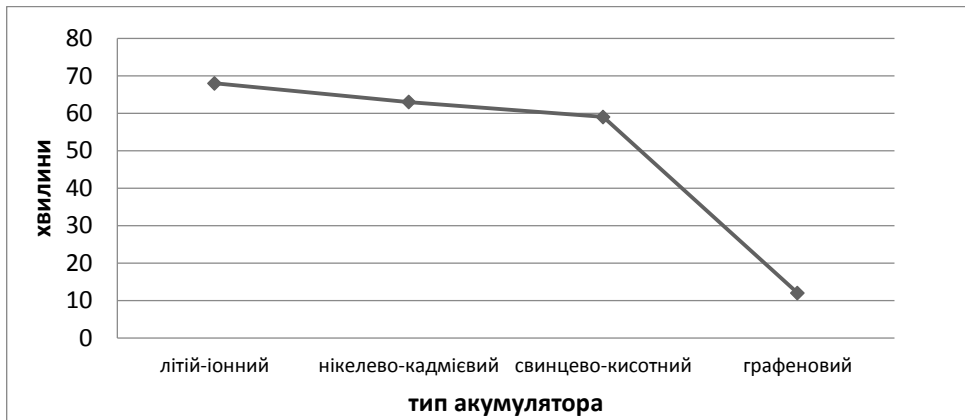


Рис. 1. Залежність швидкості зарядження акумулятора від його типу.

Можна прогнозувати перспективне майбутнє графеновим акумуляторам. Їх плюси незаперечні, а мінуси мінімальні. Всі вищеписані переваги будуть корисні для сучасних смартфонів, особливо з огляду на тенденцію ринку робити їх все тонше і тонше від моделі до моделі.

Електромобіль – це також дуже привабливий та сучасний вид транспорту. Він не забруднює навколишнє середовище, створює набагато менше шуму та їздить на дешевому паливі. Даний транспорт задовольняє основні транспортні потреби більшості людей. Розробки акумуляторів для автомобілів з графена перспективні. Екологічний вид транспорту може отримати новий поштовх свого розвитку з графеновими акумуляторами. Такі пристрої дозволяють долати тисячі кілометрів без додаткової підзарядки. Вже існують автомобілі, салони та корпуси яких були створені з цього матеріалу. Речовина використовувалась для шасі, кузова, оббивки салону. З графеном створюються принципово нові зарядні пристрої. Це стає можливим через наближення енергоемності до 65 кВт\*год/кг. Використаний дослідниками такий акумулятор створює умови, при яких електромобіль може збільшити відстань, яку можна подолати без зупинки. Акумулятор з графену є прикладом, ефективно утримуючим електричну енергію. Такі акумулятори не єдині, які використовують в мобільних пристроях чи електромобілях, тому область їх застосування значно більша (Табл.)

Графенові акумулятори швидко посіли своє місце серед інших хімічних джерел струму. Витіснивши, навіть, найпопулярніші сонячні батареї та вітряки, які, на превеликий жаль, не є постійним джерелом струму. Адже багато природних факторів та чинників впливають на не регулярність дії даних конструкцій, приладів. Завдяки графеновим акумуляторам може зрости вигідність електромобілів, беручи до уваги абсолютно нові системи енергозабезпечення промисловості, аграріїв, морського і залізничного транспорту і житлового господарства. Застосування вуглеводнів як палива швидко набирає популярність, адже ціна відіграє також велике значення.

Таблиця 1

**Залежність ємності акумулятора та області застосування від його типу**

Тип акумулятора	Ємність, мА*г	Область застосування
Літій-іонний	3500	мобільні пристрої, будівельні електроінструменти, електромобілі
Нікелево-кадмієвий	2400	заміна стандартного гальванічного елемента, будівельні електроінструменти, тролейбуси, повітряні судна
Свинцево-кислотний	3000	тролейбуси, трамваї, повітряні судна, автомобілі, мотоцикли, електронавантажувачі, штабелери, електротягачі, аварійне електропостачання, джерела безперебійного живлення
Графеновий	60000	мобільні пристрої, електромобілі, медицина, дослідження космосу, електроніка, промисловість, військово-промисловий комплекс

Таким чином, встановлено, що графенові акумулятори є найбільш екологічно чистими видами акумуляторів на основі вуглеводнів та мають найбільші значення ємностей серед відомих. Доведено, що існують значні перспективи використання графенових акумуляторів, що дозволяє здобути енергетичний і матеріальний вигоду.

**Інформаційні джерела:**

1. Goodenough J.B. The Li-Ion Rechargeable Battery / J. B. Goodenough, K.S. Park // A Perspective. J. Am. Chem Soc. 2013. Vol. 135. P. 1167 – 1176. DOI:10.1021/ja3091438.
2. Tsvadze A. Yu. Fundamental'nye problemy litii-ionnykh akkumulyatorov / A. Yu. Tsvadze, T. L. Kulova, A. M. Skundin // Fizikokhimiya poverkhnosti i zashchita materialov. 2013. № 2. S. 149. DOI:10.7868/S0044185613020083.
3. Булаков І.С. Нові графенові акумулятори / Всеукраїнська екологічна компанія, - 2015.

## **КРЕМНІЄВІ ЕПІТАКСІЙНІ СТРУКТУРИ ЯК МЕТОД ОТРИМАННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ СТРУКТУР СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

### **Новосядлий С.П**

*доктор технічних наук, професор  
кафедри комп'ютерної інженерії та  
електроніки*

### **Грига В.М.**

*кандидат технічних наук, доцент  
кафедри комп'ютерної інженерії та  
електроніки*

### **Павлишин А.В.**

*студент кафедри комп'ютерної інже-  
нерії та електроніки*

*Прикарпатський національний  
університет імені Василя Стефаника*

**Анотація.** Одна із сьогоднішніх актуальних задач геліотехніки – зниження ціни ФЕП. Для вирішення цього питання необхідно: 1) добиватися зниження вартісної ціни вихідного напівпровідникового матеріалу; 2) спростити і здешевити технологію формування структур фотоперетворювачів; 3) підвищення ККД. СЕ за рахунок конструкторсько-технологічних удосконалень. Ми розглянемо перетворювачі виготовлені на основі автоепітаксійних структур, які дозволяють знизити вартість виробництва і не поступаються в ефективності монокремнієвим структурам.

**Ключові слова:** *Сонячні елементи, епітаксійні структури, геліотехніка, монокремній.*

Із напівпровідникових матеріалів, які сьогодні використовуються для виготовлення фотоперетворювачів, найбільше поширення отримав монокремній, який використовувався в ролі бази і є несучим елементом конструкції перетворювача. Отримання монокристалічного кремнію із заданими електрофізичними властивостями, є дороговартісною операцією вирощування монозлитків, яка вимагає застосування високотемпературних прецизійних процесів ( $T = 1427\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), використання високотемпературного спеціального устаткування росту та матеріалів високої чистоти ( $<10^{-4}\%$ ).

Тут ми розглянемо перетворювачі виготовлені на основі автоепітаксійних структур кремнію, які являють собою систему: сильнолегованої бором чи фосфором – підкладки і епітаксійний шар, який збігається з підкладкою з типом провідності(створює ізотипний перехід  $n\text{-}n^+$ ,  $p\text{-}p^+$ ), який у подальшому використовується в ролі базової області СЕ. В такій конструкції СЕ монокристалічному кремнію відводиться в основному роль несучого елемента, тому знижуються вимоги до чистоти і кристалічної досконалості монокристалу Si. Одночасно сильно спрощується задача

створення тильного контакту з низьким питомим контактним опором ( $<10^{-5}$  Ом·см<sup>2</sup>). Зокрема, під час виготовлення вихідного монокристалу кремнію може бути використана операція глибокої очистки, якщо у вихідній сировині переважає вміст тих донорних або акцепторних домішок, які визначають тип провідності в епітаксійній плівці. Сильнолегований кремній, який не проходить спеціальної очистки, більше ніж у 100 разів дешевший від того монокремнію, який сьогодні використовується для створення СЕ з високою ефективністю, використовуючи Si-підкладки, які йдуть на виготовлення ІС.

Формування базової області в епітаксійному шарі зводиться до нарощення плівок з питомим опором 0,1 – 10 Ом·см, що не представляє сьогодні якоїсь складності при використанні процесів осадження з газової фази на установках типу УНЕС-2ПКА або «Епіквар-150» і допускає застосування реагентів без глибокої очистки. Перспективним у цьому плані є розробка низькотемпературного процесу епітаксії ( $T < 700$  °С), що не допускає автолегування та розмитості концентраційних профілів легуючих домішок. Перевага епітаксії в тому, що виключаються такі домішки, як ізоконцентраційний кисень і вуглець.

Застосування методів епітаксійної технології доцільно ще і тому, що можна сумістити в єдиному циклі послідовне формування базової області СЕ, та високолегованого, ( $\approx 10^{13}$  см<sup>-3</sup>) також  $n^+$  чи  $p^+$  шару товщиною 0.1-0.35 мкм. Явище автолегування, яке має місце при осадженні шарів на сильнолегованих підкладках і є негативним у технології ІС, для технології СЕ є позитивним. Викликане автолегуванням проникнення домішки в епішар призводить до виникнення тягучого електричного поля в базі СЕ, зокрема напруги холостого ходу  $V_{oc}$  і фактора заповненості FF.

Епітаксійні структури типу  $n-n^+$ ,  $p-p^+$  були отримані в хлоридному епітаксійному процесі, реалізованому у вертикальному реакторі установки УНЕС-2ПКА під завантаження підкладок 150мм на карбідізованому графітовому п'єдисталі (піраміді). У ролі Si-підкладок використовувались пластини Si, леговані бором чи фосфором до концентрації  $5 \cdot 10^{18}$  см<sup>-3</sup>. Необхідну величину питомого опору епішару досягали введенням у газову суміш  $SiCl_4 + H_2$  трибромистого бору  $BBr_3$  або дибо рану  $B_2H_6$ , або трихлористого фосфору  $PCl_3$  або фосфіну  $PH_3$ .

Параметри отриманих шарів вимірювалися з використанням автоматизованого тестового контролю на схемі АУК-TEST. Із Si-підкладки  $p$ -типу з питомим опором  $\rho = 0.001$  Ом·см товщиною 350мкм та епітаксійного шару  $p$ -типу  $\rho = 4$  Ом·см, товщиною 20-30 мкм виготовлялися структури СЕ без просвітлюючого покриття. На поверхні епітаксійної плівки утворювались гомо- $p$ - $n$ -перехід у результаті дифузії фосфору чи імплантації фосфору на глибину 0.5 мкм з опором  $\rho = 10$  Ом·см.

Після нанесення контактів на тильну сторону та формування струмозбираючої гребінки з алюмінієвого сплаву АКГо-1-1 вирізувались елементи площею  $10 \times 20$  мм<sup>2</sup>. Типова для всіх СЕ навантажувальна характеристика, виміряна під імітатором сонячного випромінювання на основі вольфраміві лампи в умовах АМО при інтенсивності світлового потоку  $1360$  Вт<sup>2</sup>, подана на рис. 1. Коефіцієнт заповнення такого елемента складає  $FF=0.71$ , а ККД  $\eta=10.2$  %.

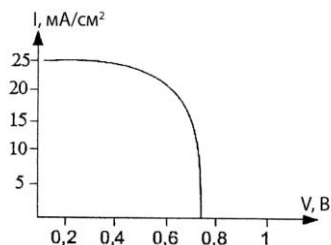


Рис. 1. Вольт-амперна характеристика CE на основі епітаксійної плівки Si з структурою  $p-p^+$  при освітленні в умовах АМО.

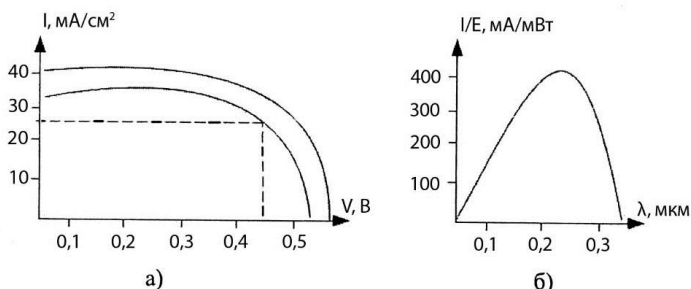


Рис. 2. ВАХ CE на основі КЕС  $p-p^+$  а) і моно-Si ЗП б).

Якщо для такого CE використати просвітлююче покриття, яке підвищує ККД на 30%, то такий елемент забезпечує ККД  $\eta=13\%$ . На рис. 2 наведені навантажувальні характеристики CE при їх освітленні вольфрамовою лампою розжарення з інтенсивністю світлового потоку  $55 \text{ мВт}/\text{см}^2$ . Просвітлення на даний елемент не наносилось, щоб не спотворювати спектральної чутливості CE, яка подана на рис. 2б). Спектральна чутливість CE вимірювалась на монохроматорі МДР-3. Виготовлені елементи мали дзеркальний тильний контакт із хромового сплаву ВХ-2К. Оскільки у високолегованій підкладці проходить помітне поглинання довгохвильового випромінювання на вільних носіях заряду, то зменшення товщини спричиняє збільшення чутливості елемента в довгохвильовій області спектра за рахунок відбивання від тильного контакту і поглинання в базі вже під час оберненого ходу променя. На цьому ж рисунку наведена спектральна чутливість CE, виготовлених на моно-Si ЗП  $p$ -типу з питомим опором  $\rho = 2 \text{ Ом}\cdot\text{см}$  товщиною 350 мкм, які дали  $\eta=13,8\%$ .

Порівнюючи криві на рис. 2 бачимо, що елементи з товстою і тонкою базою, як з наявності тягнутого поля (за рахунок дифузії домінує з підкладки в епішар), мають майже однакову чутливість у всьому спектральному діапазоні.

Для виготовлення CE використовують також епітаксійні структури  $p-n^+$  з такими параметрами: сильнолегована фосфором підкладка ( $n^+$ -типу) з концентрацією домішок  $2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$  товщиною 250 мкм та епітаксійна плівка з питомим опором  $4,5 \text{ Ом}\cdot\text{см}$  товщиною 30 мкм. На рис. 3 наведено навантажувальну а) і спектральну б) характеристики даної структури CE. У ролі просвітлюючого покриття тут використовувалася плівка ZnS.

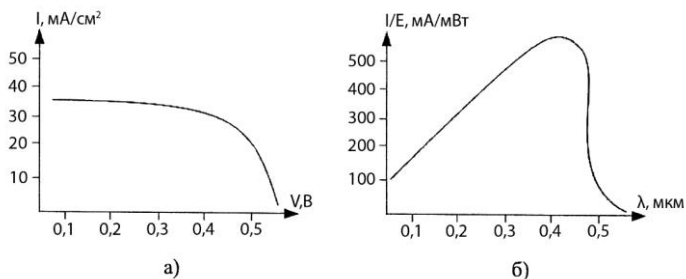


Рис. 3. ВАХ СЕ на основі епішару зі структурою  $p-n^+$  при освітленні в режимі АМО а) і її спектральна чутливість б).

Як за ефективністю, так і за спектральною чутливістю вони не відрізняються від СЕ, виготовлених на  $p-p^+$  структурі, хоча товщина епішару в КЕМ може бути занижена до 20-30 мкм. Таким чином, епітаксійні структури  $p-n^+$ ,  $p-p^+$  типів можуть з успіхом використовувати в геліотехніці. Очевидно, що управління розподілом домішок у  $p$ - і  $n$ -областях таких структур, зокрема імпульсний фотонний відпал дозволяє певним чином покращувати їх ВАХ. Це вказує на те, що спрацьовує гетерна область  $p^+$  чи  $p^+$ -типів, що покращує чистоту базового шару. Тут доцільно було б розробити низькотемпературну технологію епішарів товщиною 10-20 мкм з різкою межею ізотипного переходу.

Виміряні на імітаторі сонячного випромінювання зі спектром AM1,5 показали, що в цих умовах сформовані структури СЕ із просвітлюючим покриттям можуть забезпечувати ККД у межах 15-18%. Тут доцільно оптимізувати параметри КЕС: товщину плівок, питомий опір, дефектів, межу розділу.

### Інформаційні джерела:

1. Новосядлий С.П. Високоєфективні структури ФЕП. Монографія. – Івано-Франківськ: видавництво Прикарпатського національний університету ім. Василя Стефаника, 2015. – 370 с.
2. Новосядлий С.П. Суб- і наномікронна технологія структур ВІС: монографія. – Івано-Франківськ: Місто НВ, 2010
3. Новосядлий С. П., Грига В. М., Іванишин І. І., Петрованчук А. О., Жолоб І. В. (2018). Моделювання газозфазних фотостимульованих процесів субмікронних структур ВІС/НВІС. Прикарпатський вісник НТШ Число, (2(46)), 61-118. [https://doi.org/10.31471/2304-7399-2018-2\(46\)-61-118](https://doi.org/10.31471/2304-7399-2018-2(46)-61-118). – 64-168 с.



## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБПАЛЮВАННЯ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ З МЕТОЮ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

**Чумак Л. І.**

*кандидат технічних наук,  
доцент кафедри автоматизації та  
комп'ютерно-інтегрованих технологій*

**Собчук А. О., студент**

**Хорошко О. О., студент**

*Придніпровська державна академія  
будівництва і архітектури*

**Анотація:** наведено результати досліджень математичної моделі процесу обпалювання керамічної цегли у тунельній печі, з урахуванням динаміки теплового процесу для визначення параметрів устаткування параметрів устаткування і раціонального закону регулювання температури. Реалізація моделі в середовищі MATLAB Simulink дозволила провести оптимізацію системи. Запропоновано один із способів підвищення ефективності теплової обробки керамічної цегли.

**Ключові слова:** *математична модель, обпалювання, керамічна цегла, оптимізація, енергозбереження.*

Моделювання – це процес дослідження об'єктів пізнання допомогою їх моделей. При цьому дослідник має справу не з реальним об'єктом, а з його моделлю.

Математична модель процесу являє собою залежність вихідних величин процесу від вхідних параметрів. Модель об'єкта управління може бути знайдена на підставі аналізу фізичних законів. В основі цього лежить застосування методу малих відхилень, сутність якого полягає в такому. Використовується запис малих відхилень, як змінний параметр, що входить у рівняння теплового балансу. Потім з одержаного рівняння віднімають вихідні і результат ділять на приріст часу  $\Delta t \rightarrow 0$ . Отримане співвідношення є математичною моделлю процесу обпалювання [1].

Рівняння теплового балансу зони обпалювання тунельної печі має вигляд:

$$Q_1 - Q_2 - Q_3 = 0. \quad (1)$$

При цьому приймається, що цегла з вагонеткою при в'їзді в зону і виїзді приносить і несе рівну частку тепла. Крім того, зміни, що відбуваються із цеглою, не змінюють кількості тепла в процесі обпалювання. Тоді в рівнянні (1) ураховуються такі потоки тепла:

$Q_1$  – тепловий потік газів (первинний) від пальників;

$Q_2$  – тепловий потік газів (вторинний), що залишає зону обпалювання;

$Q_3$  – потік теплових втрат через огороження зони обпалювання (стіни і звід печі).

У цьому випадку не враховуються теплові втрати через підсмоктувачі, потоки між зоною охолодження і обпалювання, вплив підсмоктувань і викидів за рахунок теплоносіїв – ці потоки є неконтрольованими збуреннями, а також потоки тепла, що виходять із зони разом із цеглою і вагонетками.

Слід зазначити, що потоки  $Q_1$  і  $Q_2$  – керуючі, а  $Q_3$  – збурення.

$$T_0^2 = 0,101; T_1 = 0,105; T_2 = 0,053; k = 0,2.$$

Передавальна функція об'єкта регулювання (ОР):

$$W(p) = \frac{0,2(0,053\delta + 1)}{0,0101\delta^2 + 0,105\delta + 1}$$

Кожна система автоматичного регулювання складається з регулятора та об'єкта управління (ОУ). Критерієм для правильного вибору закону регулювання може служити значення відношення часу чистого запізнення об'єкта до його постійної часу  $\square / T$ . Якщо це відношення менше 0,2, то вибирають регулятор позиційної дії, при значенні відношення більше 1 – імпульсного типу, якщо ж  $0,2 < \square / T < 1$ , то регулятор безперервної дії. Оскільки в нашому випадку  $T$  приблизно 25% від  $\square$ , вибираємо регулятор безперервної дії.

Для виконання оптимізації системи управління процесом обпалювання керамічної цегли розроблено структурну схему системи (рис. 1).

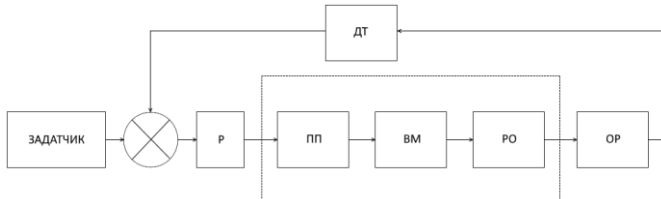


Рис. 1. Структурна схема САР обпалювання керамічної цегли

де: ПП – підсилювач потужності, пускач; ВМ – виконавчий механізм, МЄО; Р – регулятор, комп'ютер; РО – регулюючий орган, заслінка; ОР – об'єкт регулювання, зона обпалювання; ДТ – датчик температури, термомпара.

Виконуємо розрахунок динамічних параметрів системи з подальшим їх моделюванням за допомогою прикладної програми Simulink моделювання MATLAB Simulink.

Передавальна функція датчика температури – це інтегральна ланка:

$$W_{ДТ}(p) = \frac{k}{T \cdot p + 1}; \quad (2)$$

$$k = \frac{X_{вих}}{X_{ех}} = \frac{4}{1000} = 0,004 \left( \frac{B}{^{\circ}C} \right) \quad (3)$$

$$T = 60 \text{ (с)};$$

$$W_{ДТ}(p) = \frac{0,004}{60 \cdot p + 1} \quad (4)$$

Передавальна функція виконавчого механізму – це інтегральна ланка:

$$W_{BM,PO}(p) = \frac{k}{T \cdot p + 1} \quad (5)$$

$$W_{BM,PO}(p) = \frac{0,055}{50 \cdot p + 1}$$

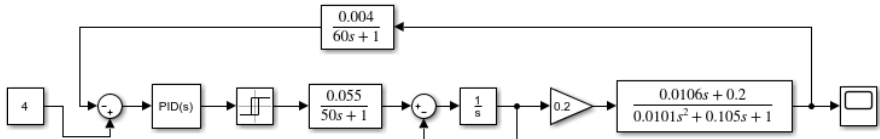


Рис. 2. Блок-схема моделі САР обпалювання керамічної цегли, реалізована в MATLAB

Пускач представлений у вигляді блока логіки з підсилювачем. Регулятор представлений на схемі блоком PID-Controller

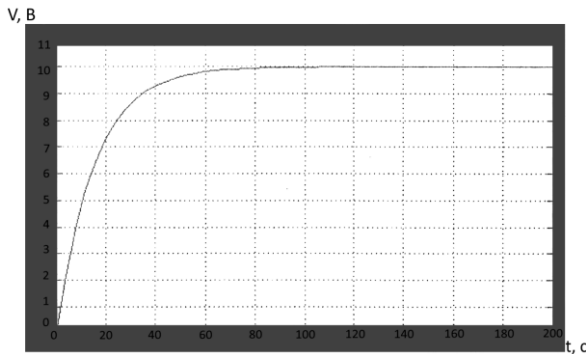


Рис. 3. Перехідний процес системи до оптимізації

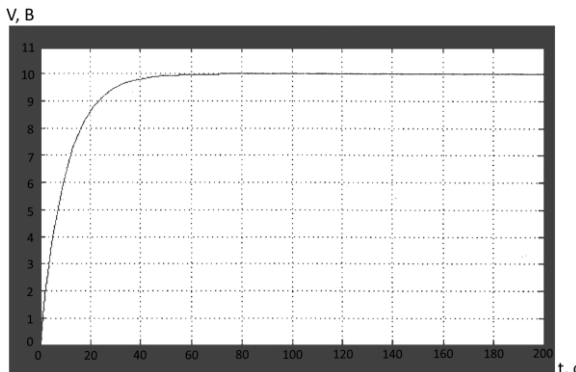


Рис. 4. Перехідний процес системи після оптимізації

Для поліпшення теплової роботи обпалювальної печі пропонується встановлення системи опалення, яка використовує рекуперативні пальники. Застосування рекуперативних пальників призводить до розподіленого відбору димових газів по довжині обпалювального каналу на відміну від зосередженого при традиційному способі опалення. Цей спосіб опалення печі дозволяє знизити неконтрольовані підсоси з позапічного простору, підвищивши якість нагріву виробів і енергоефективність роботи печі.

При традиційній схемі опалення обпалювальної печі для збільшення терміну служби димососа і димової труби температуру димових газів підтримують на рівні 150-180 °С. Коефіцієнт надлишку повітря при цьому становить 5-10. Таким чином втрати теплоти з відхідними димовими газами становлять 35-60%. При використанні системи опалення з рекуперативними пальниками вдається знизити ці втрати до 20-25%. Дійсно, при високому ступені рекуперації температура димових газів становитиме 250-300 °С при коефіцієнті надлишку повітря в межах 1,5-2, що буде відповідати наведеному відсотку втрат теплової енергії.

Відпрацьовані гази, рухаючись у протитечії коші, видаляються послідовно по ходу руху через індивідуальні рекуператори пальників, нагріваючи повітря, що надходить на горіння, і заміщаючи на свіжі продукти згоряння, що не містять оксидів сірки. Це дозволяє заблокувати появу плям на лицьовій поверхні виробів при контакт з відпрацьованими димовими газами, а також робити досушку цегли в печі. Слід зазначити, що запропонована система опалення печей створює практично постійний тиск в випалювальному каналі і сприяє більш якісному нагріванню виробів.

**Висновок:** у результаті математичного моделювання було знайдено передавальну функцію системи автоматизованого управління процесу обпалювання керамічної цегли, побудовано перехідний процес. За допомогою програми MATLAB Simulink проведено оптимізацію системи, зменшено час регулювання з 81 до 72 секунд, це дозволить поліпшити якість регулювання процесу обпалювання виробів, зменшить витрати теплоносія. Також було запропоновано застосування рекуперативних пальників, що підвищить якість нагріву виробів і енергоефективність роботи печі.

#### **Інформаційні джерела:**

1. Мартыненко И. И., Лысенко В. Ф. Проектирование систем автоматики. – М. : Агропромиздат, 1990. – 243 с.
2. Дьяконов В. MATLAB 6: учебный курс, СПб., Питер. – 2001. – 592 с.

## ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ. ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ БІЗНЕСАМИ РІЗНИХ ОБСЯГІВ

**Тараба М.О.**

*студент інституту енергозбереження та енергоменеджменту*

*Національний технічний університет України "КПІ імені Ігоря Сікорського"*

**Анотація:** У доповіді розповідається про основні проблеми добувних ресурсів у енергетиці, та вихід з цієї ситуації шляхом використання відновлюваних джерел енергії.

**Ключові слова:** енергетика, енергетичний, відновлювана, викопне паливо, сонячна станція, сонячна енергія.

Порівнюючи нинішній стан справ на енергетичному ринку з минулим століттям, можна чітко простежити тенденцію до скорочення використання викопного палива. результат одного з найбільших недоліків викопного палива, а саме, то що вони використовуються. Експерти прогнозують, що ці ресурси (нафта, газ, вугілля і т. Д.) Будуть задовольняти потреби людства ще на 30-50 років, з огляду на кількість традиційних джерел енергії, які ми використовуємо щодня. Таким чином, ми можемо зробити висновок, що ці ресурси закінчатся досить скоро.

Можливо, один з найважливіших і найбільш продуктивних (з точки зору виробництва електроенергії) секторів ядерної енергетики був відкритий в 20-м столітті. Однак ця форма енергії має один серйозний недолік, який може нанести неймовірно великої шкоди навколишньому середовищу в разі аварії на атомній станції. Відомими прикладами цього є аварії на АЕС в Пенсильванії, Чорнобилі та Фукусімі. Хоча підрозділи з ядерної безпеки взяли всі причини, де з урахуванням аварій і розроблених способів дій в разі небезпеки, ми все ще не можемо бути впевнені, що така аварія не відбудеться в майбутньому.

Інша проблема полягає в тому, що будівництво нового ядерного реактора досить дорого і вимагає багато часу. Ця проблема дуже важлива, так як більшість ядерних реакторів перевищили свій термін служби і працюють тільки тому, що їх термін був продовжений, що створює додаткову загрозу для суспільства.

Проте, у нас є альтернатива, і ця альтернатива є відновлюваною енергією. У минулому році великі виробники електроенергії почали будувати свої перші пілотні проекти по виробництву відновлюваної енергії. З тих пір вони вивчають здійсненність і економічну обґрунтованість таких проектів.

Хорошим прикладом є DTEK WDE, який ввів в експлуатацію Трифановську сонячну електростанцію (СЕС) в Херсонській області 37 000 сонячних панелей, потужність яких становить 10 МВт. Завод, який виробляє «зелену» електроенергію, підключений в Єдину енергетичну систему України. Загальна вироблення сонячної електростанції становить 1-12 млн. кВт. «зеленої» електроенергії, чого достатньо для живлення 15 на-

вколишніх сіл. Тріфанівська СЕС є першим проектом ДТЕК WDE в секторі сонячної енергетики по виробництву відновлюваної енергії. Його результати стануть основою стратегії розвитку в цьому сегменті.

Тепер розглянемо інший проект. Це Ботієвську вітроелектростанцію, яка вважається найбільшою вітроелектростанцією в Україні. (Приморський П Азв 3/5 район в Запорізькій області). Його потужність становить 200 МВт. СЕС проводяться в два етапи: 30 одиниць були запущені в грудні 2012 року, в квітні 2014 року - інші 35. Очікується, що середньорічна вироблення складе 686 млн. кВт-год. У 2014 році станція виробила 652 млн. кВт-год. Станція забезпечує електроенергією південь Запорізької області і раніше частина Кримської області.

Однак не тільки великі виробники електроенергії використовують поновлювані джерела енергії завдяки своїм властивостям (їх менші розміри в порівнянні зі звичайними електростанціями), навіть звичайні домашні господарства можуть дозволити собі використання сонячних батарей і вітряних турбін. Таким чином, прості люди можуть вкладати свої гроші в сонячні батареї в своїх будинках.

#### **Інформаційні джерела:**

1. WINDData LLC Ветроэнергетика с 1991 года. WINDData LLC. Получено 28 мая 2015 г.
2. Новый Роберт (ноябрь 2010 г.). Производство электроэнергии. Основные проекты развития - октябрь 2010 года. Архивировано 16 марта 2011 года на Wayback Machine. Австралийское бюро экономики сельского хозяйства и ресурсов, стр. 8.

## **ОЦІНКИ РЕАЛЬНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ І ВИЗНАЧЕННЯ ТАКТИКИ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ВІТЧИЗНЯНИМИ ЗАЛІЗОРУДНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ З ПІДЗЕМНИМИ СПОСОБАМИ ВИДОБУТКУ ЗРС**

**Ялова А.М**

*кандидат технічних наук,  
доцент кафедри теплоенергетики*

**Бондар Н.В.**

*старший викладач  
кафедри теплоенергетики*

**Сусідко А.В.**

*аспірант*

*Криворізький національний університет*

**Анотація** Особливістю гірничного залізрудного виробництва, яка відрізняє його від інших аналогів за способом видобутку корисних копалин, є постійне зниження рівня ведення робіт, через що собівартість видобутку руди з кожним роком зростає. Як показує аналіз доданків зага-

льної собівартості, істотну роль у цьому відіграють енерговитрати. Запропоновані методи до комплексного вирішення завдання підвищення електроенергоефективності видобутку ЗРС шляхом застосування системи контролю, оцінки та управління цим процесом з урахуванням раніше обґрунтованих прогнозних технологічних доданків дозволить досягти бажаного ефекту в аналізованій проблемі - скорочення рівня споживання електричної енергії в оптимістичному варіанті на 35 - 40% , в песимістичному - на 5 - 20%. Фактори з впровадження теплоефективних технологій через механізм енергоменеджменту, дозволять масово впроваджувати нові технології на об'єктах залізрудних виробництв.

**Ключові слова :** *енергоефективність, тепла енергія, електрична енергія, споживання.*

Основними видами енергії, споживаної залізрудними шахтами, є електрична, тепла енергія та природний газ. Підвищення енергоефективності – це завдання комплексне, для розв'язання якого на залізрудних підприємствах потрібні не тільки технічні, але й організаційні заходи, і, насамперед, розробка та впровадження дієвої структури енергоменеджменту . Особливістю гірничого залізрудного виробництва, яка відрізняє його від інших аналогів за способом видобутку корисних копалин, є постійне зниження рівня ведення робіт, через що собівартість видобутку руди з кожним роком зростає. Як показує аналіз доданків загальної собівартості, істотну роль у цьому відіграють енерговитрати. В загальному контексті мета енергозбереження на залізрудних шахтах – це зниження собівартості 1т. руди, яка добувається.

Оцінка рівнів споживання різних видів енергії на залізрудному підприємстві з підземними способами видобутку залізрудної сировини ПАТ «Криворізький залізрудний комбінат» показала, що 90% енергії становить електрична енергія. При цьому процес споживання електричної енергії приймачами підземних залізрудних підприємств, при майже незмінному електробалансі, носить різкоколивальний характер, де рівні - піки коливань обсягів у функції ряду тимчасових періодів в середньому складають відповідно: по добі до 25%; по днях тижня - 10%; по днях місяця - 30%; по роках - 30%. При цьому за аналізовані п'ять років значення коефіцієнта кореляції між обсягами видобутку ЗРС і питомого споживання електричної енергії по всіх шахтах змінювалися у відносно невеликому діапазоні: 0,699 - 0,597. Однак по конкретним рокам такої близькості значень не спостерігалось. Так, загальний показник кореляції в 2015 р склав 0,489, а в 2017 - 0,890, тобто різниця склала майже 2 рази. Основним - базовим графіком споживання електричної енергії залізрудних шахт, що формує всі інші графіки, слід вважати добовий, з природними вимогами до нього по мінімізації пікових сплесків рівнів споживання. Знизити приріст пікової потужності на окремо взятому підприємстві можливо тільки шляхом ущільнення добових графіків навантажень із залученням споживачів-регуляторів, які здатні перенести частину своєї навантаження з одних годин доби на інші або з робочих днів на вихідні.

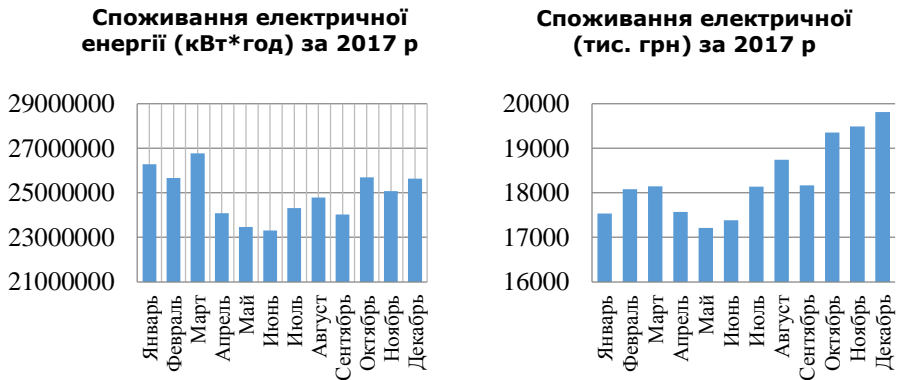


Рис.1. Споживання електричної енергії ПАТ «КЖПК» за 2017 р.

З метою досягнення належного рівня оперативного реагування та відповідного впливу на ту чи іншу ситуацію, як в часі, так і рівні, управління споживачами-регуляторами має бути централізовано з боку диспетчера енергосистеми підприємства. При цьому рівень ефективності управління буде визначатися адекватністю відпрацювання АСУ відповідного алгоритму.

Один з базових принципів будови такого алгоритму оцінки, контролю та управління рівнем електроенергоспоживання залізрудного підприємства, в т.ч. за допомогою споживачів-регуляторів, полягає в прийнятті рішень на основі статистичної інформації, обробленої за допомогою методів моделювання і математичної статистики. Основою такого аналізу енергоспоживання можуть бути принципи системного підходу, які дозволять забезпечити комплексне вивчення проблеми підвищення ефективності управління енергоспоживанням і знайти шляхи оптимального вирішення всього комплексу поставлених завдань.

Визначення перспективних рівнів електроспоживання гірничих підприємств в умовах невизначеності і неповноти інформації доцільно виконувати з використанням отриманих моделей електроспоживання, синтезованих із застосуванням теорії факторного аналізу (розкладання Каруна-Лоева, метод головних компонент). Застосування зазначених моделей дозволяє виконувати ефективний прогноз рівнів і режимів електроспоживання (витрати електроенергії, середньої і максимальної потужності на місячному і річному тимчасових рівнях) з адаптацією при внесенні додаткових умов.

Для реального зниження питомих показників витрат ЕЕ на тону видобутого ЗРС вітчизняними гірничорудними підприємствами необхідно:

- оцінити диференційовано можливості оптимізації рівнів споживання ЕЕ у функціях ряду змінних факторів, що впливають на всіх доданків комплексу: електропостачання - електроспоживання як об'єкта регулювання кожної окремо взятої шахти;

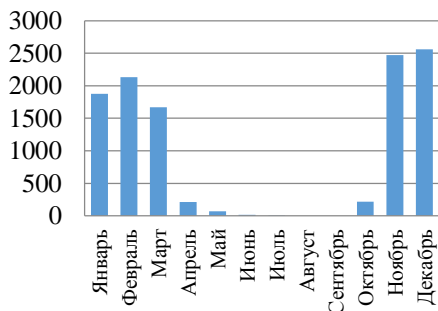


- розробити обґрунтований комплекс пропозицій щодо реалізації пропонуванних рекомендацій в практику роботи залізрудного підприємства;
- обґрунтувати, запропонувати і впровадити в практику роботи гірничорудного підприємства систему контролю, обліку і управління процесом споживання ЕЕ в комплексі АСУ технологічним процесом по окремо взятій шахті і комбінату в цілому.

Запропоновані методи до комплексного вирішення завдання підвищення електроенергоефективності видобутку ЗРС шляхом застосування системи контролю, оцінки та управління цим процесом з урахуванням раніше обґрунтованих прогнозних технологічних доданків дозволить досягти бажаного ефекту в аналізованій проблемі - скорочення рівня споживання електричної енергії в оптимістичному варіанті на 35 - 40% , в песимістичному - на 5 - 20%

Теплова енергія є важливою складовою в енергобалансі вітчизняних залізрудних підприємств з підземними способами видобутку ЗРС хоча і становить всього біля 7% від загальної кількості споживаної енергії. Вона витрачається для підігріву повітря, що подається в шахту в холодну пору року, для запобігання обмерзання стволу шахти та пов'язаних з цим аварійних ситуацій , а також тепла енергія витрачається на побутові та санітарно гігієнічні потреби. Але для її виробництва витрачається паливо, яке рудні шахти додатково закупують. А це ще додаткові 3-4 % витрат енергії. Енергоефективне споживання теплової енергії в залізрудних шахтах можливо звести до трьох груп: перша – впровадження теплотехнічного обладнання нового технічного рівня, наближення теплотехнічного обладнання та теплових мереж до номінальних характеристик; друга - дотримання раціонально встановлених режимів роботи теплотехнічних установок; третя - модернізація і модифікація теплотехнічних установок і теплових мереж.

**Споживання теплової енергії (Гкал) за 2017 р**



**Споживання теплової енергії (тис.грн) за 2017 р**

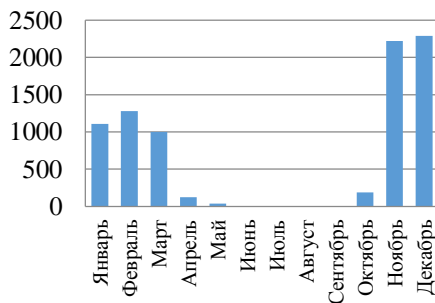


Рис. 2. Споживання теплової енергії ПАТ «КЖРК» за 2017 р.

Проведений аналіз ринку енергоефективних технологій показав, що, з одного боку, існує величезний технічний і економічний потенціал підвищення теплоефективності, а з іншого боку, є ряд чинників, що обмежують зростання застосування технологій. При цьому обмежувальні фактори властиві всім галузям. Найбільш значущими бар'єрами на шляху реалізації тепло ефективних проектів є: недолік або відсутність власних коштів на реалізацію; складність або неможливість залучення зовнішнього фінансування; брак досвіду і компетенції персоналу підприємств по розробці теплоефективних проектів; складність оцінки ефектів (технологічного та економічного) від реалізації проекту.

Для подолання більшості вищевказаних бар'єрів необхідно застосувати комплексний підхід до реалізації теплоефективних проектів, який включає не тільки всебічний розгляд технологічного ланцюга об'єкта при визначенні потенціалу теплоефективності, а й якісну характеристику реалізації проекту, а саме: обстеження об'єкта та виявлення потенціалу теплоефективності; вибір технічних рішень, їх техніко-економічне обґрунтування; залучення фінансування для реалізації заходів; реалізація заходів (проекування, поставка обладнання, виконання будівельно-монтажних і пусконаладжувальних робіт); навчання персоналу та супровід об'єкта протягом гарантійного терміну; після інвестиційний моніторинг фактично одержуваного ефекту. Такий підхід до реалізації проектів дозволяє істотно скоротити терміни введення в експлуатацію і знизити ризики для замовника. Всі вищевказані фактори, включаючи впровадження теплоефективних технологій через механізм енергоменеджменту, дозволять масово впроваджувати нові технології на об'єктах залізорудних виробництв.

### **Інформаційні джерела:**

1. Ялова А.М. Потенціал електроенергоефективності та методи його реалізації в умовах залізорудних шахт Диссертационная работа на соискание ученой степени канд. техн. наук. – В.: Вінницький національний технічний університет. – 2015. – 250 с.
2. Розен В.П. Оцінювання енергоефективності електроспоживання вугільних шахт / В.П. Розен, Л.В. Давиденко, В.І.Волинець // Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах. – Матеріали IV-ої міжнародної науково-технічної конференції «Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах» - 30 червня – 1 липня. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2012. – С. 130 – 132.

## ЗМІСТ

<i>Баранецький О.В., Зульфїгаров А.О.</i> Сучасність альтернативної енергетики та перспективи подальшого розвитку .....	3
<i>Voiko S.I.</i> Local alternative energy solutions in Ukraine .....	5
<i>Бондаренко В.Б.</i> Підвищення надійності та продуктивності вихорострумової діагностики елементів повітряних ЛЕП .....	8
<i>Бродська І.І., Марчак О.І.</i> Перспективи використання альтернативних джерел енергії для підвищення ефективності будівництва в житловому комплексі .....	12
<i>Венгер О.А., Душейко М.Г., Іващук А.В.</i> Спектральні характеристики просвітлюючого покриття іто для радіаційно-стійких фотоелектричних перетворювачів .....	15
<i>Huseynzade Sh.S., Aliyeva G.N.</i> Approach to the development of a fuzzy model of a pump unit control system on bases of petri nets .....	18
<i>Зборщенко А.А., Фирсов А.Д.</i> Ионисторы как альтернатива аккумуляторам .....	22
<i>Зубченко О.М., Самардак О.В., Горпинченко В.В., Поліщук Н.П.</i> Електризація вуглеводневих палив як метод отримання електричної енергії високих напруг .....	26
<i>Іщенко Г.О., Зульфїгаров А.О.</i> Перспективи розвитку та використання сучасних енергозберігаючих технологій .....	31
<i>Koloskov V.Yu., Osetrova H.O., Snisar O.O.</i> Provision of energy efficiency for the process of biogas collection at the municipal solid waste landfill .....	35
<i>Касіянюк Д.В.</i> Дослідження вітрових потоків Карпатського регіону з використанням геоінформаційних технологій .....	37
<i>Когут В.М.</i> До питання енергоефективності в Україні .....	41
<i>Мошноріз М.М., Гуцько М.С.</i> Оптимізація процесу транспортування стічних вод засобами електропривода в системах водовідведення великих міст .....	45
<i>Музика С.М., Власенко Н.Є.</i> Перспективи хімічних джерел струму на основі графену .....	50
<i>Новосядлий С.П., Грига В.М., Павлишин А.В.</i> Кремнієві епітаксійні структури як метод отримання високоефективних структур сонячних елементів .....	53
<i>Чумак Л.І., Собчук А.О., Хорошко О.О.</i> Математичне моделювання процесу обпалювання керамічної цегли та оптимізація процесу теплової обробки з метою енергозбереження .....	57
<i>Тараба М.О.</i> Переваги використання відновлювальних джерел енергії. Використання відновлювальних джерел бізнесами різних обсягів .....	61
<i>Ялова А.М., Бондар Н.В., Сусідко А.В.</i> Оцінки реального потенціалу підвищення енергоефективності і визначення тактики її реалізації вітчизняними залізрудними підприємствами з підземними способами видобутку ЗРС .....	62

**Наукове видання**

**Збірник матеріалів  
Всеукраїнської науково-практичної  
конференції**

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

Київ, 27 листопада 2019 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 04.12.2019. 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