

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»  
Мішкольцький університет (Угорщина)  
Магдебурзький університет (Німеччина)  
Петрошанський університет (Румунія)  
Познанська політехніка (Польща)  
Софійський університет (Болгарія)

Ministry of Education and Science of Ukraine  
National Technical University  
«Kharkiv Polytechnic Institute»  
University of Miskolc (Hungary)  
Magdeburg University (Germany)  
Petrosani University (Romania)  
Poznan Polytechnic University (Poland)  
Sofia University (Bulgaria)

**ІНФОРМАЦІЙНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ:  
НАУКА, ТЕХНІКА,  
ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА,  
ЗДОРОВ'Я**

Наукове видання

Тези доповідей  
**XXVI МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ  
MicroCAD-2018**

У чотирьох частинах  
**Ч. II.**

**Харків 2018**

**INFORMATION  
TECHNOLOGIES:  
SCIENCE, ENGINEERING,  
TECHNOLOGY, EDUCATION,  
HEALTH**

Scientific publication

Abstracts  
**XXVI INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC-PRACTICAL  
CONFERENCE  
MicroCAD-2018**

The four parts  
**P. II.**

**Kharkiv 2018**

**ББК 73**  
**I 57**  
**УДК 002**

**Голова конференції:** Сокол Є.І. (Україна).

**Співголови конференції:** Торма А. (Угорщина), Раду С. М. (Румунія), Стракелян Й. (Німеччина), Лодиговські Т., Шмідт Я. (Польща), Герджиков А. (Болгарія).

Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – 332 с.

Подано тези доповідей науково-практичної конференції MicroCAD-2018 за теоретичними та практичними результатами наукових досліджень і розробок, які виконані викладачами вищої школи, науковими співробітниками, аспірантами, студентами, фахівцями різних організацій і підприємств.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, студентів, фахівців.

Тези доповідей відтворені з авторських оригіналів.

ISSN 2222-2944

**ББК 73**

© Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
2018

## ЗМІСТ

<b>Секція 8.</b> Мікропроцесорна техніка в автоматичі та приладобудуванні	4
<b>Секція 9.</b> Електромеханічне та електричне перетворення енергії	56
<b>Секція 10.</b> Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології в енергетиці	119
<b>Секція 11.</b> Сучасні хімічні та харчові технології і матеріали, біотехнології та технології видобування і переробки паливних копалин	180

## **СЕКЦІЯ 8. МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА В АВТОМАТИЦІ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

### **СВІТЛОДІОДНЕ ОСВІТЛЕННЯ – ШЛЯХ ДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**Ареф'єва Т. О., Опришкіна М.І.**

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуто питання енергозбереження за допомогою світлодіодних ламп. Значна частина електроенергії, споживана підприємствами, витрачається на освітлення виробничих приміщень. Отже, виникає завдання виробництва модернізації в галузі освітлення шляхом застосування енергозберігаючих джерел світла. Одним із шляхів вирішення даної задачі може бути використання світлодіодного освітлення.

Світлодіодні технології освітлення завдяки ефективним витратам електроенергії і простоті конструкції знайшли широке застосування в світильниках, прожекторах, світлодіодних стрічках і особливо в компактних освітлювальних приладах – ручних ліхтариках.

У порівнянні зі звичайними лампами розжарювання світлодіоди володіють багатьма перевагами:

- економічно використовують енергію (приблизно в 4,5-5 разів менше);
- середній термін служби світлодіодного освітлення може сягати 100 000 годин, що в 50-200 разів більше в порівнянні з лампами розжарювання;
- не мають ртутних парів (на відміну від газорозрядних люмінесцентних ламп);
- можливість отримувати різні спектральні характеристики без застосування світлофільтрів (як у випадку ламп розжарювання);
- безпека використання;
- висока міцність;
- мають незначне тепловиділення.

Недоліком світлодіодних ламп є висока ціна.

Серед виробників саме світлодіодні джерела світла вважаються найбільш функціонально-перспективним напрямком як з точки зору енергоефективності, так і затратності та практичного застосування.

За результатами дослідів та певних розрахунків можна дійти висновків, що п'ять світлодіодних ламп потужністю 20 Вт споживають стільки ж електроенергії, як і лампа розжарювання потужністю 100 Вт. До того ж світлодіодні лампи здатні випромінювати такий же, а іноді навіть і більш яскравий світловий потік. Світлодіоди мають достатньо великий термін служби, за рахунок чого більшість виробників надають до 10 років гарантії.

Враховуючи всі аспекти, можна зробити висновок, що світлодіодне освітлення є шляхом до енергозбереження. Особливо актуальним це є для великих підприємств. Хоч світлодіодна продукція і має достатньо велику вартість, але терміни окупності складають всього кілька років, що в будь-якому випадку буде вигідним вкладом.

## **ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ НА КРИСТАЛІ В СУЧАСНИХ ЗАСОБАХ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

**Балєв В.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглянуті питання вибору елементної бази для розробки сучасних класичних та віртуальних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ).

Одними з основних критеріїв при покупці ЗВТ виступає їхня вартість та функціональність. Покупець розривається між бажанням мати багатофункціональний пристрій, який окрім безпосередньо вимірювання та відображення значення фізичної величини може записувати дані в запам'ятовуючому пристрої та будувати графіки зміни фізичної величини в часі, вміє виконувати додаткові математичні обчислення, визначати максимальні та мінімальні значення за визначений часовий інтервал, визначати частотний склад сигналу, тощо і вартістю таких приладів. Багатофункціональність потребує більш складної принципової схеми ЗВТ з використанням більш потужних мікроконтролерів, графічних засобів відображення вимірювальної інформації, суттєво ускладнюється та здорожується програмне забезпечення ЗВТ. В багатьох випадках перемагає фактор вартості ЗВТ і покупець обирає менш коштовний пристрій.

Вирішити цю дилему можна обираючи класичні ЗВТ які мають інтерфейс для підключення до обчислювальної техніки, що дозволяє використовувати відповідне програмне забезпечення для подальшої обробки отриманої інформації та візуалізації результатів засобами обчислювальної техніки, або віддаючи перевагу віртуальним ЗВТ в яких функції отримання, обробки та візуалізації інформації можуть виконуватись в трьох різних пристроях.

Використовуючи віртуальні ЗВТ ми отримуємо можливість застосування засобів отримання інформації для побудови різноманітних ЗВТ. Але така універсальність потребує більш уважного підбору елементної бази для забезпечення можливості виконання широкого класу завдань без суттєвого ускладнення та підвищення вартості цієї складової віртуальних ЗВТ.

Найважливішими елементами сучасних цифрових ЗВТ залишаються АЦП, ЦАП та мікроконтролер, характеристики яких головним чином визначають швидкість та точність отримання результатів вимірювання фізичної величини. Один з чинників сьогодення – широке використання System-on-Chip (систем на кристалі), які об'єднують всі ці елементи на одному кристалі, суттєво змінюючи габарити та вартість. Типова система на кристалі має один, або декілька мікроконтролерів або ядер цифрової обробки сигналів, модулі пам'яті, таймери, лічильники, блоки стандартних інтерфейсів Ethernet, USART, SPI, блоки цифро-аналогових и аналого-цифрових перетворювачів.

Використання систем на кристалі може суттєво підвищити універсальність розроблених з їх використанням ЗВТ та забезпечити покупців менш коштовними багатофункціональними засобами вимірювань.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДСП

**Бараненко О. Ф., Григоренко І. В.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Комплексна механізація й автоматизація є основними формами організації виробництва на базі новітніх досягнень науки й техніки. Вони стають головними засобами, що вирішують, забезпечують подальший технічний прогрес. Надійність і достовірність технологічного контролю і автоматичного управління багато в чому визначаються якістю налагодження контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматизації, систем і пристроїв технологічної сигналізації, захисту та блокування.

У роботі [1] було розглянуто систему, яка має п'ять каналів вимірювання: два канали температури, два канали вологості та один канал тиску. Уся інформація по каналам виводиться на пульт керування, що представляє собою електронно-обчислювальну машину, у разі відхилення від нормованих параметрів він може зупинити або запобігти порушення технології виробництва та зберігання.

Для каналу тиску обраний датчик DMP 331P, який призначений для моніторингу технологічних процесів шляхом пропорційного перетворення значення тиску в електричний сигнал. Конструктивною особливістю датчика є торцева мембрана, що дозволяє застосовувати датчик для вимірювання тиску в вузьких субстанціях. Спеціальна конструкція датчика DMP 331P дозволяє застосовувати його для вимірювання тиску в середовищах з температурою до 300 ° С. Використання датчика DMP 331P дозволяє проводити вимірювання статичного і динамічного тиску в діапазонах від 100 мбар до 40 бар (від 10 кПа до 4 МПа). Основна похибка менш 0,35%. Датчик придатний для використання у всіх середовищах неагресивних до нержавіючої сталі типу 1.4435 і 1.4301. У спеціальному виконанні з танталові покриттям мембрани можливо вимірювання тиску особливо агресивних середовищ (хлор і т.п.). Наявність стандартизованих електричних сигналів на виході забезпечують широкі можливості щодо застосування датчика DMP 331P.

Переваги та особливості датчика тиску DMP331P:

- висока лінійність характеристик;
- довготривала стабільність калібрувальних характеристик;
- різні варіанти електричних і механічних приєднань;
- міцна і надійна конструкція для важких умов експлуатації, тривалий термін служби.

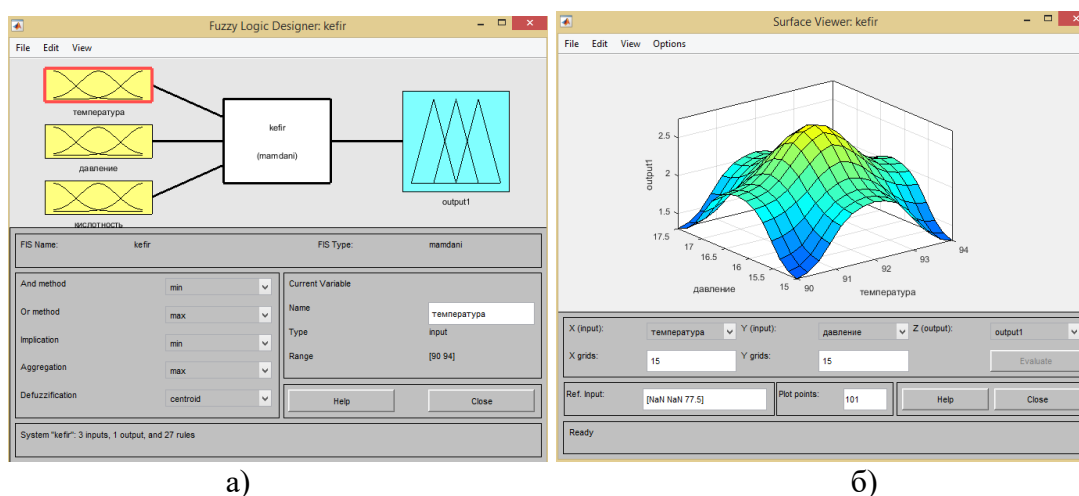
### Література:

1. Григоренко І.В. Вимірювальна система параметрів технологічного процесу виготовлення ДСП / І.В. Григоренко, О.Ф. Бараненко // I Міжнародна науково-технічна конференція: Актуальні проблеми автоматики та приладобудування України. – Харків, 2016. – С. 153 – 154.

## РОЗРОБКА ЕВРИСТИЧНОГО АНАЛІЗАТОРА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕФІРУ

Безбородий Є.А., Григоренко І. В.  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків

На якість продукції впливають такі параметри як сировини та дотримання технології виробництва [1]. Для виявлення впливу параметрів технологічного процесу виготовлення кефіру на вихідну якість продукції використаємо евристичний аналізатор системи fuzzy-logic з використанням системи знань mamdani. Основними параметрами, що впливають на якість кефіру є температура, тиск та кислотність. Таким чином, у моделі повинно бути три входи та один вихід (Рис. 1а). У якості вихідної величини обираємо якість продукції. Для кожного вхідного та вихідного параметрів задаємо тип функції належності. Обираємо розподіл Гауса для вхідних параметрів та трикутний для вихідних. Виконуємо функцію фазіфікації даних, обчислюємо правила, за яким буде прийматися рішення евристичним аналізатором (їх буде 27), та виконуємо операцію дефазіфікації з виведенням фігури центр тяжіння якої дає значення оптимальної якості продукції (Рис. 1б)



а) б)  
Рисунок 1 – Вікно евристичного аналізатора

Висновок: за допомогою графічного інтерфейсу користувача вдалося побудувати систему з нечіткою логікою, яка надала можливість встановити вплив параметрів на якість продукції. Оптимальна якість буде коли температура дорівнює 92 °С, кислотність – 77,5 °Т, тиск – 16,25 МПа. Запропонований підхід надає можливість врахувати параметри впливу на технологічний процес.

### Література:

1. Григоренко І. В. Модернізація мікроконтролерного вимірювача технологічного процесу виготовлення кефіру / І.В. Григоренко, Є.А. Безбородий // Міжнародна науково-технічна конференція: Актуальні проблеми автоматики та приладобудування України. – Харків, 2017. – С 127 –128.

## БЛОК КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ГУБНОЇ ПОМАДИ

Боженко М. М., Григоренко І. В.  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків

Об'єктом розробки є мікроконтролерний вимірювач параметрів технологічного процесу виготовлення губної помади. До складу вимірювача входять наступні вимірювальні перетворювачі: датчик температури та вологості жирової основи; датчик кислотності готової маси помади; датчик температури та тиску при фасуванні помади. Ціль розробки – створення мікроконтролерного вимірювача, що призначений для вимірювань в діапазоні температур від + 17 °С до + 80 °С, діапазоні вологості 11...15% RH, діапазоні кислотності 5,5...7,3, діапазоні тиску 7,8...8 МПа. Структурна схема мікроконтролерного вимірювача представлена на рис.1.

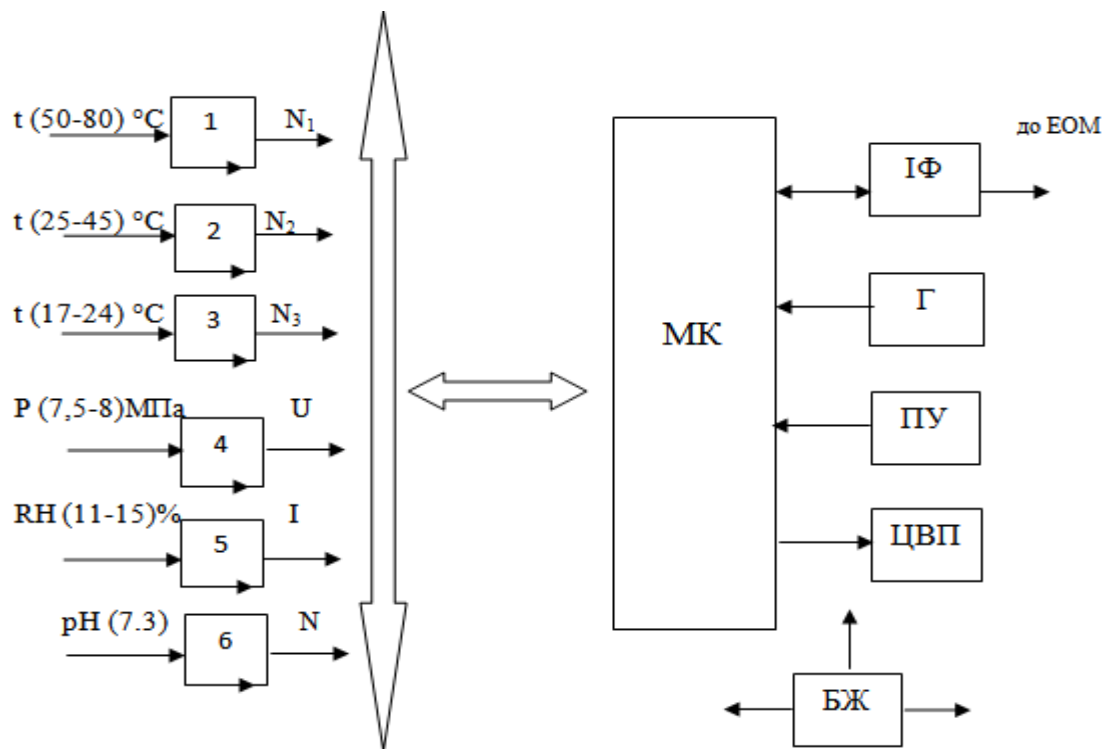


Рисунок 1 – Структурна схема блоку контролю параметрів технологічного процесу виготовлення губної помади

Наведена система має шість каналів вимірювання: три канали вимірювання температури, яка діє на датчики 1, 2 та 3; тиск в зоні «вистрілювання» олівців в пенал - 4; датчик вологості - 5; датчик кислотності готової маси – 6; мікроконтролер (МК); інтерфейс (ІФ); генератор (Г); пульт управління (ПУ); цифровий відліковий пристрій (ЦАП); блок живлення (БЖ).



## РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО ЛЮКСМЕТРА

Бондаренко С.В., Балєв В.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуто питання розробки цифрового люксметра з межами вимірювання освітленості 0-60000 лк, можливістю передачі даних через Bluetooth та індикацією їх на цифровому відліковому пристрої.

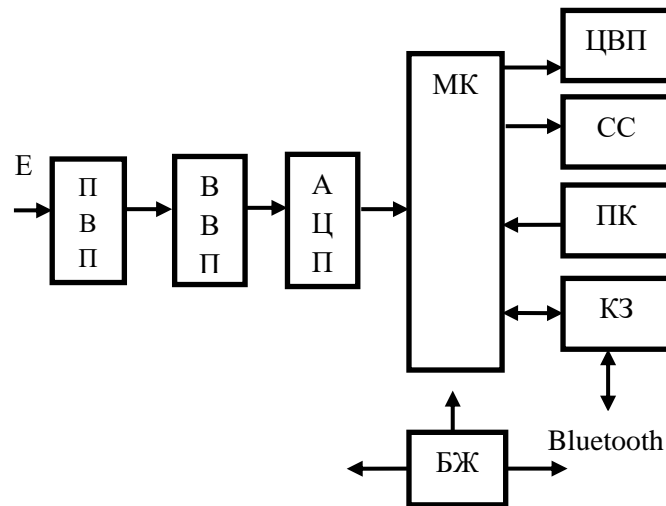


Рисунок 1 – Структурна схема цифрового люксметра

Структурна схема цифрового люксметра (рис. 1) складається з таких частин: ПВП - первинний вимірювальний перетворювач (датчик освітленості) перетворює освітленість в електричний струм; ВВП - вторинний вимірювальний перетворювач (підсилювач потужності) підсилює сигнал датчика за потужністю; АЦП - аналого-цифровий перетворювач перетворює підсилений аналоговий сигнал в цифровий код; ЦВП - цифровий відліковий пристрій відображає значення освітленості; СС - світлодіодна сигналізація сигналізує про перевищення діапазону вимірювання і перемикає режимів роботи; ПК - пульт керування, за допомогою нього обирається режим роботи люксметра; КЗ - контролер зв'язку (Bluetooth модуль), за допомогою нього здійснюється підключення люксметра до комп'ютера або телефону для подальшої індикації значення освітленості і реєстрації багаторазових вимірювань; БЖ - блок живлення забезпечує живлення всієї схеми люксметра; МК - мікроконтролер, забезпечує роботу приладу, згідно програми, яка в нього записана.

У результаті виконання роботи був розроблений цифровий люксметр з межами вимірювання освітленості 0-65535 лк, можливістю передачі даних через Bluetooth, та індикацією їх на цифровому відліковому пристрої. Прилад працює як в режимі однократного вимірювання, так і в режимі реєстрації багаторазових вимірювань. Даний вимірювальний прилад можна застосовувати як в побутових, так і у виробничих цілях.

## МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ И ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

Борисенко А.Н., Кубрик Б.И., Лавриненко О.В.

*Национальный технический университет*

*«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В состав системы диагностики дизель-генератора входит устройство измерения угла опережения и продолжительности впрыска топлива в цилиндры дизеля, а также измерения угла развала верхнего и нижнего коленчатых валов.

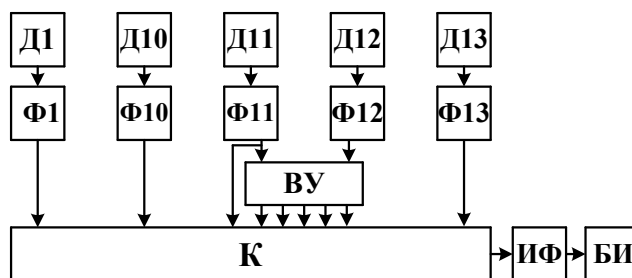


Рисунок 1

Структурная схема устройства приведена на рис.1. В ее состав входят:

- датчики впрыска топлива Д1...Д10 индуктивного типа дифференциальной структуры;
- датчик верхней мертвой точки поршня, первого цилиндра верхнего коленчатого вала Д11;
- индукционный датчик, установленный вблизи эластичной муфты Д12;
- датчик верхней мертвой точки поршня первого цилиндра нижнего коленчатого вала Д13;
- формирователи Ф1–Ф10, по сигналам датчиков впрыска вырабатывают прямоугольный импульс, нормированный по амплитуде и длительностью равный продолжительности впрыска топлива;
- формирователи Ф11–Ф13, по сигналам датчиков Д11–Д13 вырабатывают короткие прямоугольные импульсы нормированной амплитуды;
- вычислительное устройство ВУ, по сигналам Ф11– Ф12 определяет моменты прохождения поршнями всех цилиндров ВМТ и формирует десять последовательностей синхроимпульсов;
- коммутатор К, позволяет задавать один из перечисленных выше режимов измерения;
- интегрирующий фазометр ИФ;
- блок индикации БИ, высвечивает на цифровом табло результат измерения в градусах.

Режим измерения угла опережения впрыска топлива в цилиндры и фазы газораспределение достигается подачей коммутатором на ИФ двух последовательностей импульсов с выхода одного из формирователей (Ф1...Ф10) и соответствующей серии с выхода вычислительного устройства. Переход работы устройства к измерению угла опережения впрыскивания в следующем цилиндре осуществляется с помощью первого переключателя коммутатора. ВУ реализовано на микропроцессоре АТ–89 С2051.

## ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ РІВНЕМІРІВ ПІД ЧАС КОНТРОЛЮ РІВНЯ НАФТОПРОДУКТІВ

Борисенко Є. А., Жук С. С.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Задача автоматизованого вимірювання рівня нафтопродуктів є досить актуальною і цікавою, оскільки їй властива своя специфіка. Невизначеність рівня, особливо для значних об'ємів резервуарів дуже критична, з огляду на те, що це може призвести до значних фінансових втрат. Фізичні та хімічні властивості нафтопродуктів (особливо тих, яким притаманна висока в'язкість) є такими, що ціла низка методів вимірювання рівня є мало прийнятними.

Ультразвукові вимірювачі рівня сипучих і рідинних середовищ в резервуарах широко застосовують у сьогоднішній метрологічній практиці. Це обумовлено їх хорошими метрологічними характеристиками, доступною вартістю і універсальністю в застосуванні. Принцип дії ультразвукових (УЗ) рівнемірів заснований на залежності інтервалу часу  $t$  від початку випромінювання ультразвукового імпульсу передавачем до початку реєстрації луни приймачем від рівня  $L$  контрольованого продукту:  $L = ct / 2$ , де  $c$  – швидкість ультразвуку в середовищі над контрольованим продуктом. Очевидно, що для точного визначення рівня необхідно знати швидкість ультразвуку, котра залежить від температури і хімічного складу середовища поширення. В [2] приведена формула для розрахунку швидкості звуку в  $i$ -

компонентному газі: 
$$c = \sqrt{R_0 T \sum_{i=1}^n x_i C_{p_i} \left( \sum_{i=1}^n x_i M_i \sum_{i=1}^n x_i (C_{p_i} - R_0) \right)^{-1}}$$
, де  $R_0$  –

універсальна газова стала;  $T$  – температура, К;  $C_{p_i}$  – питома теплоємність  $i$ -го компонента при постійному тиску;  $x_i$  – молярна частка  $i$ -го компонента;  $M_i$  – молярна маса  $i$ -го компонента. Супутні вуглеводневі гази мають відмінність у швидкості звуку до 2-х разів у порівнянні зі стандартним повітрям атмосфери. Тому застосування ультразвукових рівнемірів для вимірювання рівня нафтопродуктів вимагає додаткових методів підвищення точності. У подальшій роботі планується дослідити можливість та результати застосування тестових методів підвищення точності.

### Література:

1. Torbjörn Löfqvist. Speed of sound measurements in gas-mixtures at varying composition using an ultrasonic gas flow meter with silicon based transducers [Электронный ресурс] /Torbjörn Löfqvist, Kęstutis Sokas, Jerker Delsing // Luleå University of Technology – Режим доступа к журн.: <http://pure.ltu.se/portal/files/60931/artikel.pdf>.
2. Кондрашов С.І. Метод підвищення точності систем тестових випробувань електричних вимірювальних перетворювачів у робочих режимах: монографія – Харків: НТУ «ХПІ», 2004 – 224 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РЕФЛЕКТОМЕТРУ

**Борисенко Є. А., Корж С. П.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Рефлектометрами називають прилади, що працюють за принципом радара, вони призначені для діагностування кабельних ліній, іноді їх називають кабельними радаром. Областю застосування рефлектометрів є вирішення завдань виявлення пошкоджень силових і сигнальних дротових ліній значної протяжності. Основною перевагою рефлектометрів є здатність не тільки виявляти присутність дефекту на лінії, але і визначати відстань до нього. Для точного визначення відстані до дефекту в рефлектометр мають бути внесені відомості про значення коефіцієнту укорочення досліджуваного кабелю. Коефіцієнт укорочення показує, у скільки разів фазова швидкість хвилі в кабелі відрізняється від швидкості електромагнітної хвилі у вакуумі. Для основних типів кабелів коефіцієнти укорочення наводяться в документації на них, однак цей параметр може змінюватись, що зумовлено старінням ізоляції кабелю, впливом навколишнього середовища (особливо води) і т.п.

Існує метод експериментального визначення фазової швидкості шляхом тестування ділянки кабелю заданого типу відомої довжини. У доповіді оцінюється невизначеність розрахунку фазової швидкості, що викликана зміною крутизни фронту зондуючого імпульсу під час проходження ділянки кабелю відомої довжини. Далі в доповіді пропонується метод визначення фазової швидкості, згідно з яким сигнал з ділянки кабелю відомої довжини аналізується після проходження ним усієї довжини тестованого кабелю. Такий підхід дозволяє отримати меншу невизначеність фазової швидкості за рахунок того, що фронти імпульсів, що реєструються на кінцях кабелю відомої довжини, мають малу відмінність у крутизні. Для перевірки працездатності такого підходу була застосована модель рефлектометра, побудована на ІМС 74АС04. Дана ІМС дозволяє отримати імпульси, тривалістю кілька наносекунд достатньої потужності. Дослідження моделі рефлектометра на реальному відрізку кабелю типу вита пара показав, що описаний в доповіді підхід дозволяє знизити невизначеність фазової швидкості в 2-5 разів.

### **Література:**

1. Контакт есть, сигнала нет [Електронний ресурс] // Geektimes. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: <https://geektimes.ru/post/255112/>.
2. Рефлектометрия и импульсные рефлектометры [Електронний ресурс] // Компоненты и технологии. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2012\\_01\\_164.pdf](https://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2012_01_164.pdf).

## ЛАБОРАТОРНИЙ МАКЕТ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАЛЕКОМІРА

Борисенко Є. А., Халімов Т.Р.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Ультразвукові засоби далекометрії і локації перешкод набули широкого поширення завдяки своїй низькій вартості, хорошим метрологічним і експлуатаційними характеристиками і достатній надійності. Перелічені переваги ультразвукових (УЗ) модулів зумовили їх часте застосування в робототехніці для виявлення перешкод під час переміщенні самохідних роботів. Більш дорогі УЗ прилади застосовують під час вимірювання рівня рідинних і сипких середовищ в резервуарах та під час вимірювання об'ємної витрати речовин, що транспортуються по трубопроводах. Перелічені фактори створюють передумови для вивчення типових УЗ приладів студентами спеціальності 152 – метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка з метою ознайомлення їх з принципом дії, метрологічними характеристиками і особливостями їх експлуатації.

Лабораторний стенд був зібраний на базі модуля ультразвукового далекоміра HC-SR04 і плати Arduino Nano. Дія ультразвукового далекоміра будується на принципі локації. Для ініціації циклу вимірювання на відповідний вивід модуля необхідно подати одиничний імпульс, при цьому на іншому виводі з'явиться імпульс, тривалість якого пропорційна відстані до перешкоди. Контролер Arduino Nano забезпечує індикацію результату вимірювання, виконання одноразового або багаторазового вимірювання, передачу даних по UART в USB порт. Передача даних по UART дозволяє зберігати термінальною програмою в текстовому форматі результати вимірювань. Після обробки отриманих даних можна розрахувати СКВ, математичне сподівання результату вимірювань, побудувати гістограму розподілу спостережень.

В ході дослідження ультразвукового модуля було встановлено, що на результат вимірювання впливає:

- кут розташування відбиваючої поверхні;
- нерівність відбиваючої поверхні;
- наявність об'єктів між відбиваючою поверхнею і далекоміром.

У подальшій роботі планується дослідити метрологічні характеристики УЗ модуля та оснастити його Bluetooth-інтерфейсом.

### Література:

1. Ультразвуковой дальномер HC-SR04 [Электронный ресурс]:– Режим доступа: <http://wiki.amperka.ru/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B:hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module>
2. Circuit Diagram Ultrasonic Distance Sensor HC-SR04 [Електронний ресурс] // PC Services – Режим доступа до ресурсу: <http://www.pcserviceselectronics.co.uk/arduino/Ultrasonic/electronics.php#version>.
3. Ультразвуковой датчик расстояния и Arduino [Електронний ресурс] // Arduino-DIY – Режим доступа до ресурсу: <http://arduino-diy.com/arduino-ultrazvukovoy-datchik-rasstoyaniya>.

## РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО ВИМІРЮВАЧА ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КАРАМЕЛІ

Вовк Л. О., Григоренко І. В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Об'єктом розробки є цифровий вимірювач параметрів технологічного процесу виготовлення карамелі. Вимірювач, що розробляється, призначений для використання на заводах по виробництву карамелі з метою контролю основних параметрів технологічного процесу для забезпечення випуску якісної продукції. Необхідність розробки такого вимірювача пов'язана з тим, що виготовлення карамелі - трудомісткий процес, що складається з декількох етапів. Своєчасний контроль параметрів технологічного процесу на кожному етапі дозволить підвищити якість карамелі, оскільки ретельне дотримання режимів обробки сировини та напівфабрикатів, можливе лише при використанні високоточних вимірювальних перетворювачів, що працюють у комплексі з сучасними обчислювальними системами.

Структурна схема цифрового вимірювача представлена на Рис.1.

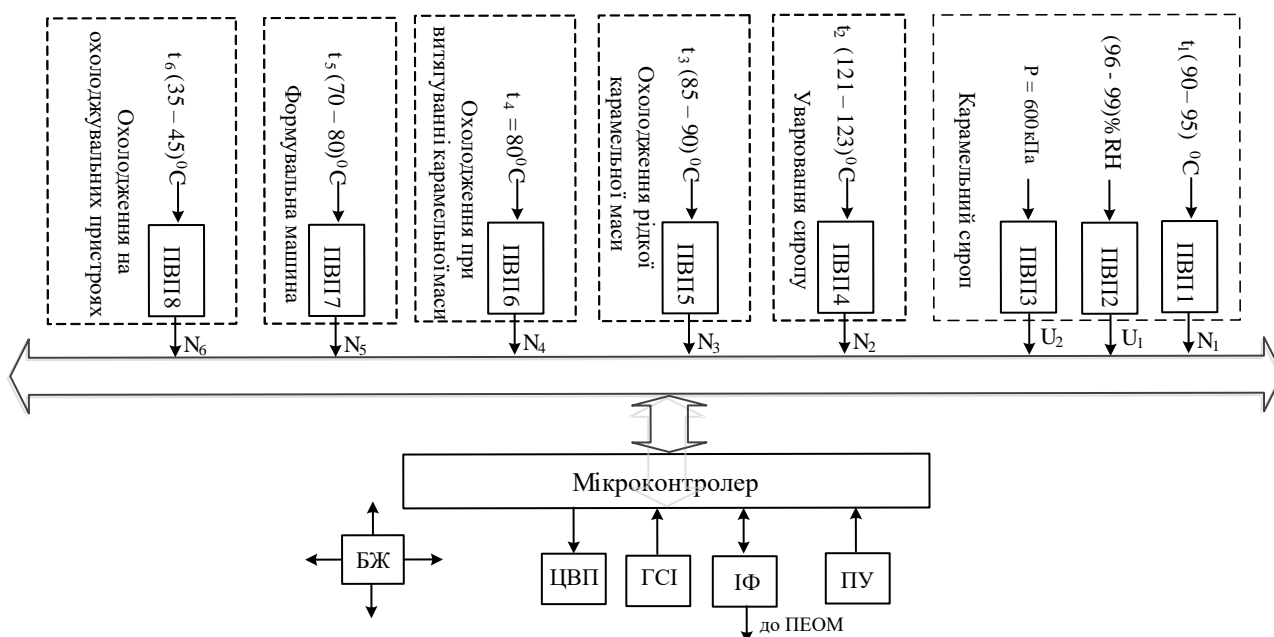


Рисунок 1 – Структурна схема цифрового вимірювача параметрів технологічного процесу виготовлення карамелі

Наведена система має вісім каналів вимірювання: шість каналів вимірювання температури, яка діє не первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) ПВП1, ПВП4 – ПВП8; датчик вологості сировини ПВП2; датчик тиску пару ПВП3, мікроконтролер, цифровому відліковому пристрої (ЦВП), інтерфейс (ІФ), генератор синхронізуючих імпульсів (ГСІ), пульт управління (ПУ), що виконує початкове налаштування мікроконтролеру та забезпечує його скидання, блок живлення (БЖ), що забезпечує необхідну напругу для роботи приладу.

## НОРМОВАНІ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПІД ЧАС ЗДІЙСНЕННЯ ВИХОРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ

Горкунов Б. М., Борисенко Є. А., Шібан Тамер  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Вихороструміві перетворювачі активно застосовуються у структуроскопії завдяки можливості із мінімальними витратами часу здійснювати безконтактну ідентифікацію металевих виробів при допусковому контролі.

У вихорострумівому контролі прийнято виділяти рішення прямої та зворотної задачі. Пряма задача полягає у побудові картини електромагнітного поля при внесенні до нього феромагнітного об'єкта з відомими фізичними параметрами, такими як розмір, магнітні та електричні властивості. При цьому оговорюється, що в області передбачуваного розташування внесеного у поле об'єкта поле є однорідним і однозначно визначеним. Для практичних завдань структуро- і дефектоскопії цікавішим видається рішення зворотної задачі: відстежуючи реакцію поля на внесений об'єкт визначити ряд його фізичних параметрів.

Розглянемо задачу побудови картини поля для циліндричного феромагнітного зразка. Припустимо, що в поле провідника зі струмом вносять циліндричний об'єкт діаметром  $a$ , причому провідник розташований впритул до поверхні циліндра, тобто  $a \approx d$ . За умови, що довжина провідника порівнювана з довжиною циліндра і вони значно перевищують діаметр циліндра картина поля в площині, перпендикулярній до осі циліндра буде незалежна від координати, що відкладається вздовж його поздовжньої осі. В просторі, що описаний полярною системою координат, початком якої є вісь циліндра, присутні просторові гармоніки поля всередині циліндра і поза ним. Ряд із  $n$  косинусних і синусних гармонік цього поля можуть бути описані функціями  $f_n(r, \varphi, t)$  і  $g_n(r, \varphi, t)$ , а по цих функцій можна скласти картину поля в будь-якій точці. При цьому для цих функцій повинні бути задані магнітна проникність і питома провідність матеріалу циліндра, струм у провіднику, радіальна  $r$  і полярна  $\varphi$  координати, значення параметрів  $a$  і  $d$ . Висловлюючи дійсну і уявну частину функцій Бесселя для  $f_i(r, \varphi, t)$  і  $g_i(r, \varphi, t)$  за допомогою функцій Кельвіна можна отримати вирази для амплітуди і фази  $i$ -й гармоніки ЕРС вимірювального провідника в точці з координатами  $(r, \varphi)$ . Частка ділення отриманої ЕРС при наявності об'єкта контролю та ЕРС без нього є нормованою амплітудою і фазою ЕРС  $i$ -й гармоніки. В результаті будуть отримані вирази для амплітуди і фази гармонік, що дозволить вирішити пряму задачу і оцінити чутливість методу.

### Література:

1. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами [ ] / ред.: М. Абрамовиц, И. Стиган ; ред. пер.: В. А. Диткин, Л. Н. Кармазина. – Москва : Наука, 1979. – 832 с.
2. Методы и приборы электромагнитного контроля промышленных изделий [ ] : научное издание / В. Г. Герасимов, В. В. Клюев, В. Е. Шатерников. – Москва : Энергоатомиздат, 1983. - 272 с.

## **ТАРИРОВКА ЦИФРОВОЙ МАГНИТОИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ХОЛЛА**

**Горкунов Б. М., Лысенко В. В., Харченко О. А.**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Результат любого измерения отличается от истинного значения физической величины на некоторое значение, зависящее от точности средств и методов измерения, квалификации оператора, условий, в которых проводилось измерение, и т. д.

Отклонение результата измерения от истинного значения физической величины называется погрешностью измерения. Погрешность измерения является суммой двух составляющих: систематической погрешности и случайной погрешности [1].

При тарировке измерительной системы производится компенсация большей части систематической погрешности всей измерительной системы от входа измеряемой физической величины до выхода измеренного значения этой величины. Тарировка осуществляется путём подачи на первичный преобразователь эталонной величины физического воздействия. Зачастую тарировка делится на два этапа: тарировка нуля и тарировка измерительного диапазона [2].

При измерении величины напряженности магнитного поля с помощью цифровой магнито-измерительной системы с датчиком Холла, подключенным к микроконтроллеру, на первом этапе мы должны минимизировать влияние магнитных полей на датчик холла и по показаниям индикатора, на который был выведен код преобразования из АЦП, программно установить значение нуля физической величины в соответствии с полученным кодом.

Далее производится второй этап. Потребуется создание эталонного магнитного поля. В нашем случае был использован эталонный соленоид с известными параметрами, такими как диаметр и длина катушки, количество витков, площадь сечения проводника. Датчик Холла устанавливается в центр соленоида и при подаче известных токов на соленоид при помощи лабораторного источника тока, определяются расчетные значения напряженности магнитного поля. Создается таблица соответствий кода, полученных с АЦП, и расчетных значений напряженности магнитного поля, после чего данная таблица вносится в программное обеспечение микроконтроллера для последующего отображения эквивалентного коду значения физической величины.

Итогом проведенной работы являлась минимизация систематической погрешности магнитометрической системы.

### **Литература:**

1. <http://metro-logiya.ru/index.php?action=full&id=340>
2. [http://www.lcard.ru/lexicon/calibration\\_gauging](http://www.lcard.ru/lexicon/calibration_gauging)



## **НОРМАЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ МАГНИТНЫХ ОБРАЗЦОВ ПРИ ИХ ИССЛЕДОВАНИИ**

**Горкунов Б. М., Львов С. Г., Гладченко Д. В., Аббаси Жаббар**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Контроль качества металлической продукции зависит от структуры, условий изготовления и хранения исходного материала. Особенно это касается ферромагнитных изделий (конструкционной стали), внешний вид которых зачастую скрыт под коррозией. Как правило, в исходном состоянии ферромагнитные материалы находятся в разной степени намагниченности и результаты контроля известными методами и устройствами структурного состава материала будут ошибочны (до 50 %).

Наиболее эффективными методами контроля электромагнитных параметров ферромагнитных сталей являются вихретоковые методы и устройства, которые позволяют одновременно бесконтактно определять относительную магнитную проницаемость  $\mu_r$  и удельное электрическое сопротивление  $\rho$  на фиксированной частоте зондирующего поля, т.е. на определённой глубине проникновения электромагнитной волны. Выбор частоты электромагнитного поля определяет точность измерения  $\mu_r$  и  $\rho$  [1-2].

В данной работе для увеличения достоверности контроля электромагнитных параметров цилиндрических образцов предложено предварительное нормирование характеристик за счёт проведения размагничивания. Режимы работы устройства размагничивания выбирались оптимальными в зависимости от весогабаритных параметров контролируемых изделий, а так же от их электромагнитных характеристик. Так в данной работе использовали 50 образцов из различных марок стали диаметром 10 мм, длиной 200 мм. Размагничивающая установка работала на частоте 1 Гц с максимальной амплитудой тока 10 А, продолжительность цикла размагничивания с плавным затуханием величины тока с максимального значения до нуля составляла 5 минут.

В результате проведенных экспериментов выяснено, что для некоторых образцов значения контролируемых параметров после размагничивания отличались от исходных вдвое. Таким образом, можно сделать вывод, что перед проведением измерительных операций по определению электромагнитных параметров ферромагнитных образцов обязательной процедурой является выполнение нормализации структуры с целью избавления от начальной намагниченности.

### **Литература:**

1. Неразрушающий контроль: Справочник. Т.2 / Под общ. ред. В. В. Клюева. –Москва: Машиностроение, 2003. – 688 с.
2. Вихретоковый переменного-частотный метод определения механических напряжений / Горкунов Б.М., Сиренко Н.Н., Львов С.Г., Тищенко А.А., Аббаси Жаббар // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – Одеса: ОНПУ, 2017.–№25(101).–С.446-451.

## ТРАНСФОРМАТОРНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ ДВОХПАРАМЕТРОВИХ ВИМІРЮВАНЬ

Горкунов Б. М., Львов С. Г., Єфімцева О. С., Хроменко О. С.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Із існуючих методів і засобів для контролю характеристик і параметрів матеріалів, зразків і виробів виділяються електромагнітні методи і пристрої. Особлива увага приділяється контролю характеристик і параметрів циліндричних немагнітних і слабوماгнітних зразків і виробів, які є елементами і вузлами пристроїв, що використовуються в різних галузях промисловості (приладобудуванні, металургії, електротехніці, машинобудуванні і ін.) [1].

Основною метою представленої роботи було розглянути трансформаторні електромагнітні перетворювачі (ТЕМП) для визначення електрофізичних параметрів виробів в широкому діапазоні їх змінювання. Було розглянуто особливості теорії роботи ТЕМП для двохпараметрових вимірювань і встановлено послідовність вимірювальних процедур і обчислювальних операцій при визначенні  $\rho$  і  $d$  циліндричних виробів.

Викладено принципи побудови схем на основі ТЕМП, серед яких особлива увага приділяється схемі включення ТЕМП з векторним відніманням двох ЕРС і компенсацією частки ЕРС перетворювача, обумовленої магнітним потоком в повітряному зазорі між виробом і вимірювальною обмоткою ТЕМП.

Проведено порівнювальний аналіз характеристик такої схеми з характеристиками схеми включення перетворювача на основі вимірювання амплітуди і фази сигналу ТЕМП з досліджуванним зразком, а також визначені межі застосування порівняних схем з точки зору досягнення мінімальних значень похибок вимірювання  $\rho$  і  $d$ .

Отримано результати експериментальних досліджень з ТЕМП на різноманітних циліндричних зразках в широкому частотному діапазоні зондуючого поля.

В ході роботи був проведений розрахунок очікуваних значень ТЕМП в діапазоні змінення узагальненого параметра  $x$  і побудовані залежності для зразка з міді і латуні.

Крім того, була отримана залежність і розраховані значення похибки розрахунку питомого електричного опору та діаметра виробів, а також була отримана залежність і розраховані значення чутливості ТЕМП до ЕРС та її фази на основі різних методів контролю. На підставі цих даних можна зробити висновок, що метод, оснований на вимірюванні внесеної ЕРС та її фази, є більш точним, а отже, і більш перспективним.

### Література:

1. Горкунов Б.М. Вихретоковый двухпараметровый контроль немагнитных цилиндрических изделий / Б.М. Горкунов, С.Г. Львов // Вестник национального технического университета "ХПИ". – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2004. – Вып. 7. С. 35-41.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ УПРУГОГО МОМЕНТА ВАЛА**

**Горкунов Б. М., Львов С. Г., Салиба Абдель Нур, Прокопенко А.Н.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Получение информации о механическом состоянии валов в различных энергетических установках является достаточно актуальной задачей. Для безаварийной и надежной работы электроприводов, у которых есть приводные валы, трансмиссия, торсионные валики и др., необходимо постоянно контролировать их напряженно-деформированное состояние. Для этих целей целесообразно использовать многопараметровые бесконтактные электромагнитные датчики [1]. Поскольку такие электромагнитные характеристики как относительная магнитная проницаемость  $\mu_r$  и удельное электрическое сопротивление  $\rho$  связаны с физико-механическим состоянием ферромагнитных материалов, то определяя их, можно судить о механической деформации на определенной глубине вала.

При воздействии крутящего момента  $M$  вал деформируется, при этом согласно закономерностям, полученным академиком Н.С. Акуловым, изменяется его  $\mu_r$  и  $\rho$ , которые, в свою очередь, изменяют магнитный поток и его фазу, а последние приводят к изменению амплитуды и фазы ЭДС преобразователя.

Изменяя частоту зондирующего поля, возможно установить оптимальные по чувствительности и погрешности режимы работы преобразователя как для амплитудной, так и для фазовой характеристики вихретокового преобразователя. Проведена оценка влияния воздушного зазора между преобразователем и поверхностью упругого вала на точность измерения.

В работе получены функции преобразования, по которым можно оценить чувствительность преобразователя в широком частотном диапазоне изменения зондирующего поля. Проведенные экспериментальные исследования зависимостей  $U = f(M)$  или  $\varphi = f(M)$  подтверждают полученные расчетные значения  $U$  или  $\varphi$ .

При создании устройства контроля распределения механической деформации по сечению образца важным элементом является разработка алгоритма функционирования устройства, который описывает процедуру измерительных, расчетных и управляющих операций, с целью достижения рациональных по погрешности и чувствительности режимов работы преобразователя.

Таким образом в работе исследована возможность построения вихретокового преобразователя для бесконтактного контроля упругого момента вала. Характерно, что данные устройства можно использовать как в динамическом, так и в статическом режимах работы механических систем.

### **Литература:**

1. Неразрушающий контроль: Справочник. Т.2 / Под общ. ред. В. В. Клюева. – Москва: Машиностроение, 2003. – 688 с.

## ЛАЗЕРНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ БАГАТОМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ

**Григоренко І. В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

На цей час актуальною є проблема вимірювання геометричних розмірів складних трьохмірних поверхонь деталей із заданою точністю. Области практичної діяльності, де виникають подібні завдання дуже різноманітні. Для успішного вирішення поставленої задачі у різних сферах науки і техніки необхідно мати точну кількісну інформацію о геометричних розмірах, формі та положенні об'єктів контролю. Отримати потрібну інформацію можливо завдяки лазерним системам, які можуть як сканувати поверхні так і утворювати нові вироби, наприклад у 3D принтерах. Основними вимогами до засобів розмірного контролю є висока точність отриманих результатів (похибка лінійних розмірів не повинна перевищувати 1 мкм), швидкодія (не гірше 1мс), та можливість швидко налаштування на інший розмір.

У роботі [1] було розглянуто рішення цієї задачі для двовимірного випадку при контролі деталі, закріпленої у металообробляючому верстаті, однак двомірні моделі складають лише невелику область задач. При скануванні поверхні складної форми лазерна система оперує інтенсивністю світлового потоку  $I(x, y, z)$ . Перепад інтенсивності на площині поверхні характеризується модулем градієнта функції  $I(x, y, z)$  від трьох змінних  $x, y, z$

$$\|grad(I(x, y, z))\| = \sqrt{\left(\frac{\partial I(x, y, z)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial I(x, y, z)}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial I(x, y, z)}{\partial z}\right)^2},$$

де змінні  $x, y, z$  – представляють лінійні величини у трьох взаємно перпендикулярних напрямках і вимірювані в одиницях довжини.

Визначення координат контуру деталі здійснюється в такій послідовності: сканується зображення деталі, на основі цього будується матриця координат опорних крапок поверхні і значень модуля градієнта функції інтенсивності в цих точках; за отриманою матрицею будуються безперервні функції розподілу ймовірності для модуля градієнтів інтенсивності світлового сигналу; функції розподілу ймовірності будуються уздовж контуру зображення даного виробу таким чином, щоб здійснювалося перетин з даним контуром; визначаються значення координат, відповідних максимальному значенню функції розподілу (дані координати і приймаються за координати опорних точок контуру); через опорні точки контуру проводиться безперервна лінія, яка може бути апроксимована. Сканування зображення деталі здійснюється послідовним аналізом інтенсивності світлового випромінювання.

### Література:

1. Григоренко І. В. Аналіз точності системи лазерного контролю геометричних розмірів та якості поверхні виробів / І. В. Григоренко, С. І. Кондрашов, А. С. Белевцова // VIII Міжнар. наук. – тен. конф.: Метрологія та вимірювальна техніка. – Харків, 2012. – С 476–479.

## СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ УСТАНОВКОЮ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА

Гунбін М.В., Кордюмов О.І., Лунін Д.О., Карунник С.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Економія енергоресурсів (газ, вугілля, та інші), використання альтернативних джерел енергії – найважливіше завдання сучасності. У багатоповерхових будинках тільки в одному під'їзді в каналізацію за добу зливають десятки кубометрів води з температурою вище 20°C.

Метою даного дослідження є розробка ідеології управління пристроєм для утилізації тепла з відпрацьованих вод (рис.1). Місце використання – під'їзд багатоповерхового будинку з автоматичним газовим котлом.

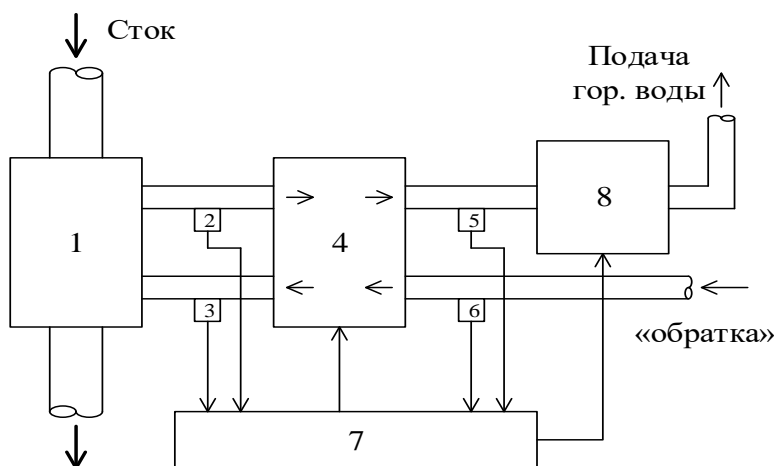


Рисунок 1 – Структурна схема системи управління

1 – теплообмінник; 2,3 – датчики температури на вході та виході теплообмінника;  
4 – тепловий насос; 5,6 – датчики температури на вході і виході теплового насоса;  
7 – блок управління; 8 – газовий котел.

Основним елементом системи є тепловий насос 4. Ступінь його корисності залежить від різниці температур на датчиках 2 і 3, і, в свою чергу, залежить від ефективності роботи теплообмінника 1. Контроль температур і правильності прийняття рішення на основі аналізу їх значень для управління тепловим насосом 4 виконує блок управління 7.

При реєстрації факту перевищення різниці температур на вході і виході теплообмінника 1 деякого, заздалегідь встановленого порогу, блок управління 7 включає тепловий насос 4 і починається процес утилізації тепла з відпрацьованої води (в кухні, ванній і ін.), що приводить до підвищення температури теплоносія на виході теплового насоса 4, який трансформує тепло у внутрішній контур теплового насоса 4 і далі в газовий котел 8.

Датчики температури 5 і 6 здійснюють контроль температур для управління вторинним контуром теплового насоса. Блок управління 7 включений в систему управління газовим котлом 8.

## СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ СУШІННЯ

Денисенко М. А.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У даній роботі було розглянуто технологічний процес пропарювання при сушці капілярно-пористих матеріалів в сушильній камері періодичної дії [1,2]. Показано, що математична модель такого процесу може бути представлена у вигляді системи лінійних диференціальних рівнянь п'ятого порядку з одним входом і одним виходом (рис.1):

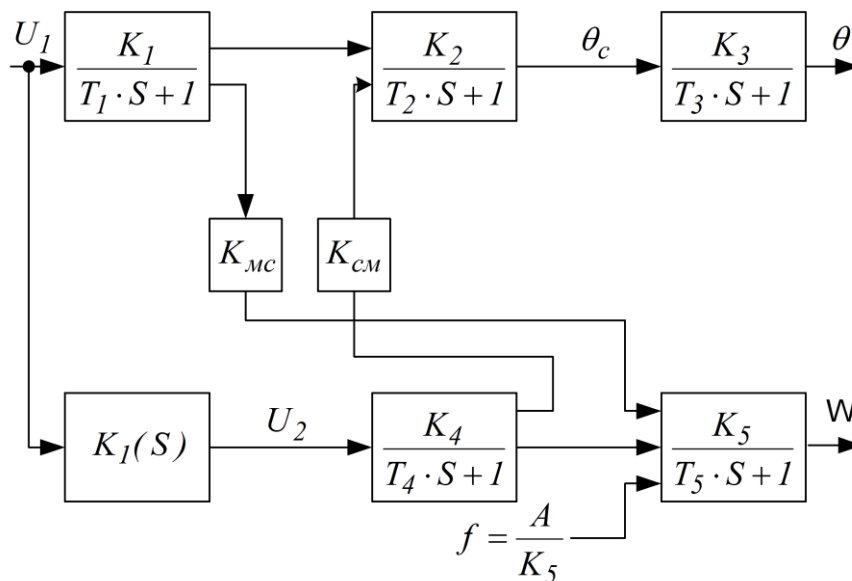


Рисунок 1 – Структурна схема об'єкта управління

На підставі зазначеної структурної схеми (рис. 1) проведено моделювання з урахуванням зміни температури.

Зроблено висновки про реалізацію завдання мінімізації витрати теплоносія з використанням системи MATLAB.

### Література:

1. Рогачёв А.И., Денисенко Н.А. Моделирование процессов сушки капиллярно-пористых материалов в пакете MATLAB/Simulink //Вісник НТУ «ХПІ», збірник наукових праць. Тематич. випуск Автоматика та приладобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». 2010. - №23. - с.85-91.
2. А.И. Рогачёв. Минимизация расхода теплоносителя в объекте с вырожденной передаточной функцией //Интегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. - №1. – с.11-14.

## АНАЛІЗ ПОХИБОК ТА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК

Дроздова Т.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

При відсутності або недостатній кількості статистичних даних про об'єкт, коли він складний для формалізації або існує значний фактор невизначеності, найбільш підходящим методом оцінювання властивостей є експертний метод. Даний метод базується на використанні знань кваліфікованих спеціалістів та полягає в усередненні різними способами їх думок. Найістотнішим його недоліком є принципова неможливість повного виключення суб'єктивізму в оцінках та об'єктивність оцінки компетентності експертів.

Похибки та невизначеності експертних оцінок умовно можна розділити на несвідомі та усвідомлені. До найбільш часто розповсюджених несвідомих похибок експертних оцінок можна віднести наступні:

- похибки доступності – за рахунок базування оцінок на висновках, які краще всього запам'ятовуються;
- похибки репрезентативності – за рахунок базування оцінки на обмежених даних і досвіді без повного врахування інших відповідних доказів;
- похибки зупинки руху і поправок – базуються на будь-якій одній конкретній величині в діапазоні та вносить незначні поправки біля цього значення при проведенні оцінки невизначеності.

Перші дві похибки коригуються шляхом використання огляду відповідних доказів, що прописуються в протоколі висновків. Похибка зупинки руху та поправок виникає, коли експерт систематично занижує невизначеність під впливом «крайньої самовпевненості», тобто коли експертом запропонований більш вузький діапазон величин, ніж є насправді. Тому цей вид похибок корегується за допомогою двоступеневої процедури оцінювання: спочатку оцінюються екстремальні величини, потім – центральні величини певного розподілу.

До більш усвідомлених похибок слід віднести:

- похибку мотивації – бажання експерта вплинути на кінцевий результат або уникнути протиріччя;
- похибку експерта – виникає за рахунок бажання експерта з низькою кваліфікацією представити себе як єдиного експерта в певній галузі;
- управлінську похибку – виникає, коли експерт робить висновок, спрямований не на оцінку, а на досягнення управлінської мети;
- похибку вибору – виникає у випадку обрання експерта, що не є незалежним від закладу, що його обирає, у всіх можливих проявах.

Зазначені похибки експертних оцінок виникають за рахунок застосування емпіричних правил. Вони можуть корегуватися за рахунок визначення коефіцієнту компетентності експерта, коефіцієнту ступеня знайомства експерта, коефіцієнту конкордації тощо.

## **ПЕРЕДАЧА СИГНАЛІВ УПРАВЛІННЯ У ІМІТАЦІЙНО-ТРЕНАЖЕРНОМУ КОМПЛЕКСІ БПЛА**

**Зуєв А.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Ключовою частиною будь-якого імітаційно-тренажерного комплексу (ТК) є оперативна реакція оператора на зміни, що відбуваються в процесі виконання завдання, які передаються через систему аудіовізуальної симуляції. Швидкість і коректність реакції оператора є критерієм ефективності роботи комплексу. Сигнали що надходять від оператора у ТК, повинні бути тотожні і ініційовані саме таким способом, як і сигнали управління реальним БПЛА.

Найбільш раціональним шляхом забезпечення перерахованих вище вимог, є використання тих же органів управління і каналів зв'язку, що використовуються для управління реальним БПЛА. Для управління використовується пульт з декількома аналоговими маніпуляторами і тумблерами суміщений з радіопередавачем і автономним джерелом живлення. У модулі управління ТК необхідно забезпечити зчитування даних, що надходять з пульта до передавача.

Для передачі сигналів в ТК використовується два методи: передача по радіоканалу, через приймально-передавальний тракт з подальшим декодуванням сигналу S.BUS [1] що надходить від приймача і передача сигналу з входу передавача через конвертер PPM->USB. Другий варіант дозволяє отримати сигнал з мінімальною затримкою і не використовує радіоканал, що може має значення при використанні декількох ТК в безпосередній близькості, і не вимагає декодування сигналу.

Для реакції на сигнали управління, з максимально можливою точністю за часом (яка обмежується драйвером пристрою і API), використовується багатопотокова система, яка функціонує паралельно з керуючою програмою ТК, чекаючи настання події [2] пов'язаної зі зміною положення органів управління пульта і передачею сигналів. Потоки припинені і починають роботу в момент надходження нових сигналів і на час їх інтерпретації. У цей момент, засікається відмітка часу, яка буде використовуватися при моделюванні, що дозволяє оцінити тривалість впливу сигналу на модель.

### **Література:**

1. Liang O. RC TX RX Protocols Explained: PWM, PPM, SBUS, DSM2, DSMX, SUMD [Електронний ресурс]. URL: <https://oscarliang.com/pwm-ppm-sbus-dsm2-dsmx-sumd-difference> (дата звернення: 15.07.2017).
2. Microsoft MSDN. Polling and Event Notification [Електронний ресурс]. URL: [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ee418748\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ee418748(v=vs.85).aspx) (дата звернення: 10.02.2018).



## **РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАВІЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ**

**Іванов А. Л., Тополов І. І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Друковані плати застосовуються практично у всіх галузях народного господарства, і потреба в них постійно зростає. Випереджаючі темпи розвитку мікроелектроніки вимагають безперервного підвищення їх технічного рівня, який визначається зростанням щільності монтажу, та підвищення вимог до надійності. Забезпечення цих вимог залежить від досягнень у галузі конструювання і розвитку технології виробництва друкованих плат (ДП) [1]. На високо розвинутому виробництві технологічний процес виготовлення ДП є складним і багатоопераційним (близько 50 операцій) з використанням великої кількості обладнання (до 40-50 одиниць), виробничих площ. Він вимагає фахівців з галузі хімії, фізики, схемотехніки, програмування, організації виробництва, які вирішують усі проблеми та шляхи комплексного вирішення питань, що стоять в даний час у виробництві ДП [2].

Але не кожного разу ДП попадає у виробництво як закінчений проект, та потребує проходження усіх необхідних ланок для її створення по "канонічним" правилам. У радіоаматорській практиці чи, наприклад, фахівцеві якогось дослідного інституту потрібно зробити "сигнальну" плату проміжного проекту, і він робить її кустарним чином. Але операція травлення, на відміну від перенесення маски на поверхню друкованої плати, завжди була найбруднішим етапом у виробництві, мало того навіть становила небезпеку, якщо не для здоров'я так для одягу.

Метою проекту була розробка системи керування травильною установкою, яка б забезпечила швидке, кероване та надійне виконання процесу травлення. Для виконання цих вимог було використано вертикальну прозору травильну ванну, по дну якої прокладено трубку, яка під дією стисненого повітря створює процес барбарації у ванній, чим сумісно з підігрітим розчином хлорного заліза, прискорює процес травлення. Кришка ванни виконана у вигляді порожнього прямокутника з двома отворами, причому один в нижній межі кришки інший у верхній, отвори розташовані у різних кінцях кришки, нижня кришка має уклін до нижнього отвору. Таким чином виключається можливість розбризкування хімічної речовини. Час процесу, діапазон температури, задається і контролюється системою.

### **Література:**

1. Брусницына Л. А. Технология изготовления печатных плат : [учеб. пособие] [науч. ред. В. Ф. Марков] / Л. А. Брусницына, Е. И. Степановских // М - во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун - т. — Екатеринбург : Изд - во Урал. ун - та, 2015. - 200 с.
2. Галецкий Ф. П. Характеристики современных технологий печатных плат // Технологическое оборудование и материалы. 2000. № 12. С. 16–20.

## ДО ОЦІНКИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СКЛАДНОСТІ ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

Івашко А.В., Лунін Д.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У завданнях цифрової обробки сигналів, наприклад в спектральному і кореляційному аналізі, часто виникає необхідність в точному обчисленні перетворень, інваріантних до циклічного зсуву, наприклад так званих теоретико-числових перетворень (ТЧП). Використання таких перетворень дозволяє швидко розраховувати кореляцію і згортання на основі обчислювальної схеми, розглянутої в [1].

ТЧП послідовності  $x_i, i = 0 \dots N - 1$  визначається як

$$X_k = \sum_{i=0}^{N-1} x_i \cdot g^{ik} \pmod{p}, \quad (1)$$

де  $p$  – просте,  $g$ - первісний корінь числа  $p$ .

При розрахунку ТЧП важливим є вибір модуля  $p$ , що визначає обсяг обчислень. В якості модуля найчастіше використовують числа Ферма  $2^{2^m} + 1$  і Мерсена  $2^q - 1$  (де  $q$  - просте). Операція складання по модулю числа Мерсена виконується досить просто, з використанням  $q$ -розрядного суматора з циклічним перенесенням [1].

Відома, однак, невелика кількість чисел Ферма і Мерсена, що дозволяють обчислювати ТЧП необхідної розмірності, тому можуть бути використані також модулі виду  $p = p_1 \cdot p_2 + 1 = (2^a - 1) \cdot 2^b + 1$ , що допускають просту апаратну і програмну реалізацію ТЧП розмірності  $2^n$ .

Оскільки операція множення по модулю виконується за допомогою операцій додавання і зсуву, то трудомісткість розрахунку ТЧП в значній мірі залежить від кількості одиниць в двійковому представлення ступенів первісного кореня  $g$ . Для часто використовуваної в обробці сигналів розмірності 1024 був проведений порівняльний аналіз можливих простих модулів, результати якого зведені в табл. 1.

Таблиця 1

Модуль $p$	12289	15361	61441	64513	114689
Число складань $A$	29785	28968	32555	33067	33799

Аналіз таблиці показує, що мінімальний обсяг обчислень при розрахунку швидкого ТЧП забезпечують значення модуля  $p = 15361$  і первісного кореня  $g = 84$ .

### Література:

1. Івашко А.В. Оцінювання автокореляційних функцій з використанням теоретико-числових перетворень / Івашко А.В., Лунін Д.О. // Вісник НТУ «ХПІ». – 2005. – № 38 – С. 50-54.

## **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВБУДОВАНОЇ СИСТЕМИ СИНДРОМНОГО ТЕСТУВАННЯ ПІДСТАНОВЛЮВАЛЬНОГО БЛОКУ**

**Караман Д. Г.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Тема діагностування апаратних реалізацій криптографічних систем останнім часом активно розглядається в зарубіжних публікаціях. Однак значна частина уваги приділена тільки функціональному діагностуванню — основні зусилля дослідників спрямовані на запобігання атакам по вторинним каналах, таких як атака з впровадженням помилки або атака маніпуляціями в ланцюгах живлення, які виконуються під час функціонування цільового пристрою.

Сучасні апаратні рішення в області криптографії не поступаються за складністю електронним пристроям середнього і високого ступеня інтеграції, таким як вбудовані модулі, процесори, плати розширення. Більш того, до криптографічних модулів пред'являються більш жорсткі вимоги по надійності і відмовостійкості. Отже, зростає необхідність використання напрацювань в області тестового діагностування для підвищення тестопригодності апаратних криптосистем.

Основним механізмом синдромного тестування є подання до схеми, що перевіряється, повного тривіального вичерпного тесту і підрахунок контрольної суми реакцій на виходах схеми — синдрому, як характеристики внутрішнього стану схеми, що перевіряється. Для визначення справності схеми отриманий синдром порівнюється з еталонним значенням або синдромом дублюючої схеми.

Перевагою методу є простота реалізації діагностичного експерименту, в якому використовуються двійкові лічильники і схеми порівняння, а також виключення дорогої процедури машинного синтезу перевіряючих тестів. Однак платою за простоту процедури діагностування є або невисока достовірність результатів діагностування для довільної КС, або необхідність застосування спеціальних методів аналізу схеми і її подальшої модифікації, що забезпечує покриття обумовленого класу несправностей для даного методу тестування.

У доповіді розглянута схема модуля системи шифрування на базі алгоритму ГОСТ 27148-89, що синдромно тестується. Розглянутий модуль складається з восьми 4-входових підстановлювальних блоків і реалізує підстановлювальне перетворення алгоритму шифрування. Для цього модуля розроблена і реалізована модель на мові опису апаратури VHDL з вбудованою схемою діагностування, а також розроблена і реалізована модель системи впровадження/імітації помилки для проведення автоматизованих випробувань. На базі розроблених моделей проведено випробування з вичерпною генерацією тестів і повним перебором помилок.

## **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ АПАРАТНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ АЛГОРИТМУ ШИФРУВАННЯ «КАЛИНА» НА ПЛІС**

**Караман Д. Г., Божок О. І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

«Калина» — кодова назва блочного симетричного алгоритму шифрування, який став лідером за результатами відкритого конкурсу на національний стандарт симетричного алгоритму шифрування, що проводився з 2007 по 2010 рік. Після незначних змін він був прийнятий у якості національного стандарту ДСТУ 7624:2014 і введений в дію з 1 липня 2015 року.

Алгоритм шифрування «Калина» побудований на базі структури SPN (substitution-permutation network) зі збільшеним розміром MDS-матриці, з набором з чотирьох підстановлювальних блоків, попереднім і фінальним забілюванням за допомогою операції додавання по модулю  $2^{64}$ , а також оригінальною конструкцією схеми розширення ключа шифрування розміром аж до 512 біт.

Основними вимогами конкурсу для кандидатів на національний стандарт були високий ступінь криптографічної стійкості і високий рівень продуктивності програмних реалізацій на 64-бітних процесорах загального призначення. Однак прийняття алгоритму в якості національного стандарту означає проходження сертифікаційних процедур для систем криптографічного захисту інформації з будь-якою формою реалізації алгоритму шифрування, в тому числі і апаратною.

Всі найбільш популярні алгоритми шифрування мають безліч варіантів апаратних реалізацій в різних базисах. Одним з найбільш популярних базисів є програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) типу FPGA. Цей базис дозволяє отримувати прийнятні за ефективністю і швидкістю рішення при мінімальних матеріальних і часових витратах на розробку. Ще однією особливістю проектування пристроїв на ПЛІС є отримання платформонезалежного опису реалізованого функціонального блоку, який, згодом, можна модифікувати і покращувати, конвертувати для реалізації в інших базисах, а також використовувати для моделювання роботи пристрою задля освітніх цілей і проведення наукових досліджень.

У доповіді представлена функціональна модель блокового симетричного алгоритму шифрування «Калина», опис якої виконано за допомогою мови опису апаратури VHDL, розглянуті особливості реалізації перетворень даного алгоритму, наведено попередні оцінки апаратних витрат і статичні часові характеристики реалізації представленої моделі в базисі ПЛІС різних виробників.

## **ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ**

**Караман Д. Г., Мірошник А. М.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

За останнє десятиріччя в багатьох установах і на підприємствах була зроблена спроба перевести більшу частину внутрішніх процесів і даних в електронний формат. Програмний комплекс, який дозволяє це здійснити, називають інформаційною системою управління підприємством.

У навчальних закладах теж використовуються інформаційні системи. Вони дозволяють вести централізований облік інформації про навчальний та навчально-допоміжний персонал, учнів, стан та використання аудиторного фонду і спеціалізованого навчального обладнання, здійснювати контроль навчального процесу та актуальність навчально-організаційної інформації (розклад, навчальні плани) і т.п.

Основними особливостями впровадження інформаційної системи є забезпечення оперативного інформування всіх учасників навчального процесу. Викладачі повинні отримувати актуальну інформацію про учнів, навчальний процес, вести електронні журнали відвідування та успішності, наповнювати методичний архів. Студенти повинні отримувати інформацію про зміни навчального процесу, актуальний розклад занять, поточну успішність і стан заборгованостей.

Частина інформації, яку учень може отримати про себе, носить персональний характер і є конфіденційною. Така інформація не повинна передаватися незахищеними каналами зв'язку. Саме тому розглядається необхідність в розміщенні на території університету спеціальних інформаційних терміналів, в яких повинна бути реалізована можливість надійної ідентифікації студента.

В роботі запропоновано програмно-апаратний комплекс, який реалізує доступ ідентифікованого абонента до даних персонального характеру, отриманих шляхом запиту до інформаційної системи навчального закладу. Ідентифікація абонента здійснюється за персональною радіочастотною ідентифікаційною міткою, яка розміщена в посвідченні особи учня (студентському квитку).

Запропонована система забезпечує необхідний рівень захищеності при доступі до персональних даних, а також виключає можливість копіювання або зміни даних, одночасно використовуючи недорогу доступну апаратну платформу для розгортання терміналу: зчитувач радіочастотних міток на базі мікросхеми MFRC522 і одноплатний мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3 - Model B.

## **ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АДМІНІСТРАТИВНИХ ТА ОФІСНИХ БУДІВЕЛЬ**

**Качанов П. О., Гапон А. І., Євсеєнко О. М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Впровадження автоматичних систем регулювання опалення, вентиляції, гарячого водопостачання є основним підходом до економії теплової енергії. Установка систем автоматичного регулювання в індивідуальних теплових пунктах знижує споживання тепла в житловому секторі на 5-10%, а в адміністративних приміщеннях – до 40%. Найбільший ефект досягається за рахунок оптимального регулювання енергоносіїв у весняно-осінній період опалювального сезону, коли автоматика центральних теплових пунктів практично не виконує повною мірою свої функціональні можливості.

В енергетичній стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» йдеться про низький рівень енергоефективності національної економіки та переважання в її структурі енергоємних виробництв. Фонд будівель і споруд знаходиться в незадовільному стані. Низька теплоізолююча здатність будівель призводить до значних втрат тепла з боку споживачів (у більшості будинків втрати теплової енергії сягають 30%).

Більшість існуючих систем опалення житлових і громадських будівель працюють у некерованому режимі протягом 24 годин на добу. Така безперервна робота системи опалення призводить до перевитрати теплового ресурсу. Однак звичайне вимикання / вмикання нагрівальних елементів також може призвести до цього і до порушення комфорту в приміщенні. Тому для економії енергії необхідно знайти оптимальне співвідношення між температурою повітря і тепловим комфортом. Крім того, температура навколишнього повітря, кількість людей у будівлі та освітлення збільшують температуру повітря в приміщенні, що може допомогти заощадити ресурс на опалення.

Задачу теплообміну між навколишнім середовищем і твердим тілом прийнято розглядати з позиції співвідношення причина–наслідок. Метою прямих задач теплообміну є визначення температури у всьому обсязі, якщо відома залежність теплового потоку або температури від часу на границях твердого тіла.

Пошук величини керуючого впливу на тепловий об'єкт вимагає розв'язання зворотної задачі теплопровідності, тобто для заданого розподілу температури у даний час шукається керуючий вплив, який уже в минулому. Даний керуючий вплив формується на підставі прогнозування майбутньої поведінки об'єкта.

Розробка методів розв'язання зворотних задач теплопровідності за допомогою систем з прогнозуючим фільтром на базі мікропроцесорних пристроїв дозволить підвищити якість термостабілізації теплових об'єктів, енергоефективність систем теплопостачання.

## **АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ SMART VEHICLE**

**Колісник М.О., Муравльов В.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Розвиток технології Internet of things (IoT) у всьому світі призвело до появи нових систем, зокрема, розумний транспорт (Smart Vehicle - SV). При підключенні до IoT Smart Vehicle має переваги, пов'язаних з усуненням пробок і управлінням не тільки всередині транспортного засобу (ТЗ), але і дистанційно (в напівавтоматичному режимі управління), або в автоматичному режимі. При цьому може встановлюватися спеціальна мережа двох або більше ТЗ або придорожніх станцій «Автомобіль-до-Автомобілю» (Vehicle-to-Vehicle - V2V), яка дозволяє децентралізовано повідомляти ТЗ один одному про перешкоди на своєму шляху, про зміну швидкості для запобігання зіткнень і аварій, використовує дані про місцезнаходження, напрямку руху, а також забезпечення оптимального використання доріг. Кожне ТЗ також є маршрутизатором і дозволяє відправляти повідомлення на більш віддалені ТЗ і придорожні станції. Технологія управління забезпечується на локальні і більш високі рівнях архітектури з урахуванням невизначеностей, затримок, часткових вимірювань, при цьому система повинна бути здатна приймати автоматичні або напівавтоматичні рішення, надаючи попередження/інформацію о потенційно можливих перешкодах.

Технологія «Управління Транспортною Інфраструктурою» (Vehicle-to-Infrastructure Control - V2I) дозволяє ТС взаємодіяти з мережевою інфраструктурою за допомогою пересеченого управління. Інфраструктура збирає глобальну або локальну інформацію про трафік і дорожніх умовах, а потім координує поведінку групи ТЗ.

Технологія «Транспортний Засіб до Всього» (Vehicle-to-Everything - V2X) використовує частотний спектр 5,9 ГГц - Dedicated Short Range Communication, похідну від стандарту IEEE 802.11, спеціально визначеній для швидко рухомих об'єктів, а також технології Bluetooth, IEEE 802.15. 4, Z-wave і LTE-Advanced. Технологія V2X дозволяє попереджати водіїв про потенційні небезпеки на своєму шляху, таких як ризик зіткнення, небезпечний обгін, гальмування автомобіля, виявлення зони сліпої плями або дорожньої небезпеки.

При створенні системи SV безпека даних має важливе значення, так як ТЗ звертається до бази даних, в якій зберігається історія моделей подорожей, індивідуальні деталі поїздки, які вважаються особистою інформацією і, отже, аналіз даних і додатки повинні бути захищені спеціальними методами захисту від різного роду кібер-атак. Тому подальші дослідження доцільно присвятити оцінці гарантоздатності SV з урахуванням методів і засобів захисту інформації від різного роду кібер-атак, а також методів забезпечення надійної роботи компонентів системи Smart Vehicle.

## ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗРОБКИ ВИМІРЮВАЧА ЖИРНОСТІ МОЛОКА

Кривошей О. О., Балєв В. М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У роботі представлено структурну схему вимірювача жирності молока, який призначений для вимірювання жирності в діапазоні від 0% до 5%, похибка не перевищує 2%. На рис. 1 зображена спрощена структурна схема вимірювача жирності молока, де позначено основні блоки пристрою.

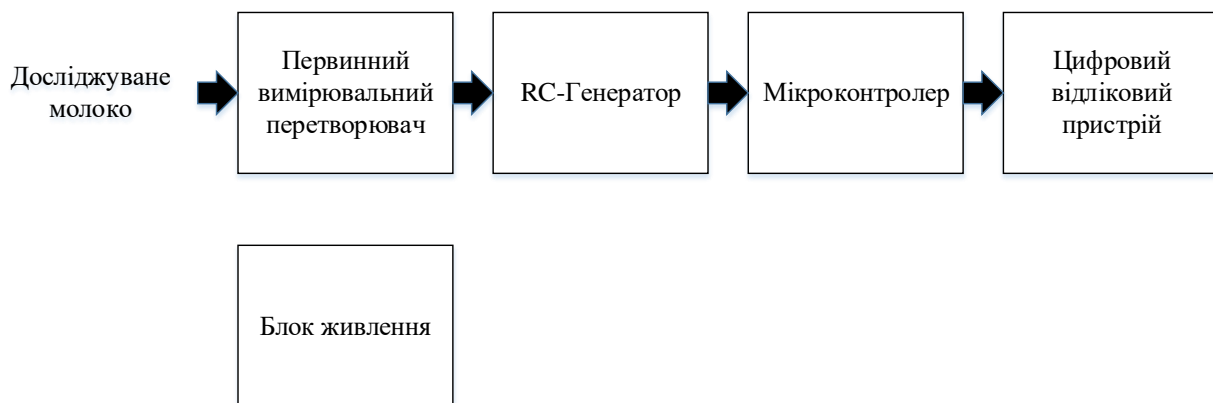


Рисунок 1 – Структурна схема вимірювача жирності молока

1 Первинний вимірювальний перетворювач. Він складається з пробірки до якої з двох боків приєднані дві ізольовані, мідні пластини. Принцип роботи цього пристрою полягає в тому що залежно від влитої в пробірку рідини буде різна ємність, це, в свою чергу, призводить до зміни вихідної частоти RC-генератора.

2 RC-генератор. Він формує початкову частоту яка змінюється в залежності від жирності рідини в пробірці.

3 Мікроконтролер. На нього поступає вихідний сигнал RC-генератора який він опізнає як частоту, потім обчислює по частоті жирність зразка молока і результат виводить на цифровий відліковий пристрій.

4 Цифровий відліковий пристрій. Він відображує оброблену мікроконтролером інформацію, щодо жирності.

5 Блок живлення забезпечує живленням всі елементи пристрою.

Основною метою розробки є створення компактного не дорогого приладу для експрес визначення жирності молока.



## ЦИФРОВИЙ ВИМІРЮВАЧ ОСВІТЛЕНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Лаврук А. В., Григоренко І. В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Об'єктом розробки є цифровий вимірювач освітленості, який здатний передавати дані на відстань до 100 м по радіоканалу, працюючому на частоті 2,4 ГГц, з підключенням до мікроконтролера по SPI-інтерфейсу. Вимірювач, що розробляється, призначений для використання у цеху виготовлення одягу. До складу вимірювача входять модулі передавача з датчиком освітлення, мікроконтролером, радіо-модулем, та приймача з радіо-модулем, мікроконтролером, цифровим відліковим пристроєм та інтерфейсом.

Прилад, що розробляється призначений для вимірювань у діапазоні освітленості до 55000 лк, похибка виміру не перевищує 2%.

Необхідність розробки такого вимірювача пов'язана з тим, що недостатня освітленість може призвести до травматизму або поступової втрати зору через перевтому. Навпаки, при хорошому освітленні усувається напруження ока, полегшується розрізнення об'єктів, швидшає темп роботи.

Структурна схема цифрового вимірювача освітленості складається з системи збору інформацію з передавачем (рис. 1.а), та з системи прийняття та обробки інформації (рис. 1.б).

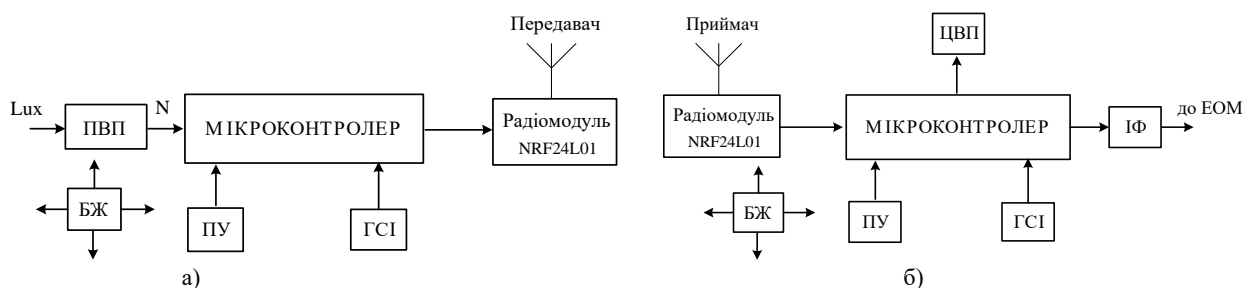


Рисунок 1 – Структурна схема цифрового вимірювача освітленості

До складу входять: первинний вимірювальний перетворювач ПВП – призначений для виміру освітленості. Він має свій вбудований аналого-цифровий перетворювач. Мікроконтролер здійснює обробку вимірювальної інформації, що представлена у цифровому вигляді, для керування даною інформацією та радіомодулем. Генератор синхронізуючих імпульсів (ГСІ). Пульс управління (ПУ) надає можливість налаштовувати мікроконтролер та виконувати його скидання. Радіомодуль NRF24L01 (передавач), призначений для передачі даних о параметрах, що контролюються на відстань (до 100 м), де другий радіомодуль (приймач) здійснює приймання даних та передачу їх для подальшої обробки на мікроконтролер приймача. Блок живлення (БЖ) забезпечує необхідну напругу для роботи приладу.

## **РОЗВИТОК ЕТАЛОННОЇ БАЗИ УКРАЇНИ НАПРИКІНЦІ ХХ ст. – ПОЧАТКУ ХХІ ст.**

**Ляшуга І.Ю.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Стан розвитку еталонної бази визначає науковий та технічний рівень розвитку виробництва, підвищення якості продукції, а також розвиток міжнародної торгівлі та інтеграції в світову економіку. Еталонна база є науково-технічною основою забезпечення єдності вимірювань у державі

На початку 1991 р. розпочалися роботи зі створення власної еталонної бази України. Завдяки участі вчених і фахівців на протязі 1994 р. була розроблена Державна програма щодо створення еталонної бази України. До реалізації основних положень програми залучалися провідні метрологічні установи.

Національний науковий центр «Інститут метрології» (ННЦ «Інститут метрології») є одним із лідерів еталонного забезпечення. Впродовж 1991–1996 рр. заклад систематично поповнювався зразковим обладнанням та технічними засобами, що сприяло створенню державних еталонів з різних видів вимірювань та впровадженням державної програми. Зокрема, в ННЦ «Інститут метрології» було розроблено 10 видів еталонних вимірювань.

Український центр стандартизації та метрології (УкрЦСМ) окрім робіт зі стандартизації та сертифікації займався розробленням еталонів. Було розроблено 7 видів еталонних вимірювань. З моменту введення в експлуатацію еталонів на них були проведені перевірки і метрологічні атестації великої кількості еталонних і робочих засобів вимірювальної техніки. Були проведені випробування робочих і еталонних засобів вимірювальної техніки, які випускалися в Україні

На протязі 1993 р. проводилася розробка державних еталонів Івано-Франківським підприємством «Промприлад», що займався метрологічним забезпеченням об'ємної витрати газу. У 1996 р. був введений еталон з вимірювань потоку, витрати, рівня та об'єму речовин.

Також у Львівському інституті метрології наприкінці 1998 р. проводилися розробки державного первинного еталону одиниці звукового тиску в повітряному середовищі. Еталон був затверджений у 2000 р., який застосовується в медицині, охороні довколишнього середовища, в науці та ін.

Таким чином, створення еталонної бази країни є цінним надбанням країни. Основні метрологічні заклади України займалися здійсненням державної програми та впровадили розробку еталонної бази. На сьогодні в Україні 69 первинних державних еталонів з 12 видів вимірювань. Був створений комплекс лабораторій, які дозволяли займатися науково-дослідними та практичними дослідженнями у різних видах вимірювань.

## ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗРОБКИ ЦИФРОВОГО ВИМІРЮВАЧА ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ БІОПАЛИВНИХ ГРАНУЛ

Мартиненко В. В., Григоренко І. В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У роботі [1] представлено структурну схему цифрового вимірювача параметрів технологічного процесу виготовлення біопаливних гранул, який призначений для вимірювань та контролю температур в діапазоні від + 30 °С до + 130 °С, та діапазоні вологості від 8% до 12%Rh, похибки каналів системи не перевищують 0,5%. На рис. 1 представлено функціональну схему технологічного процесу виготовлення біопаливних гранул, де позначено основні параметри, необхідні для контролю.

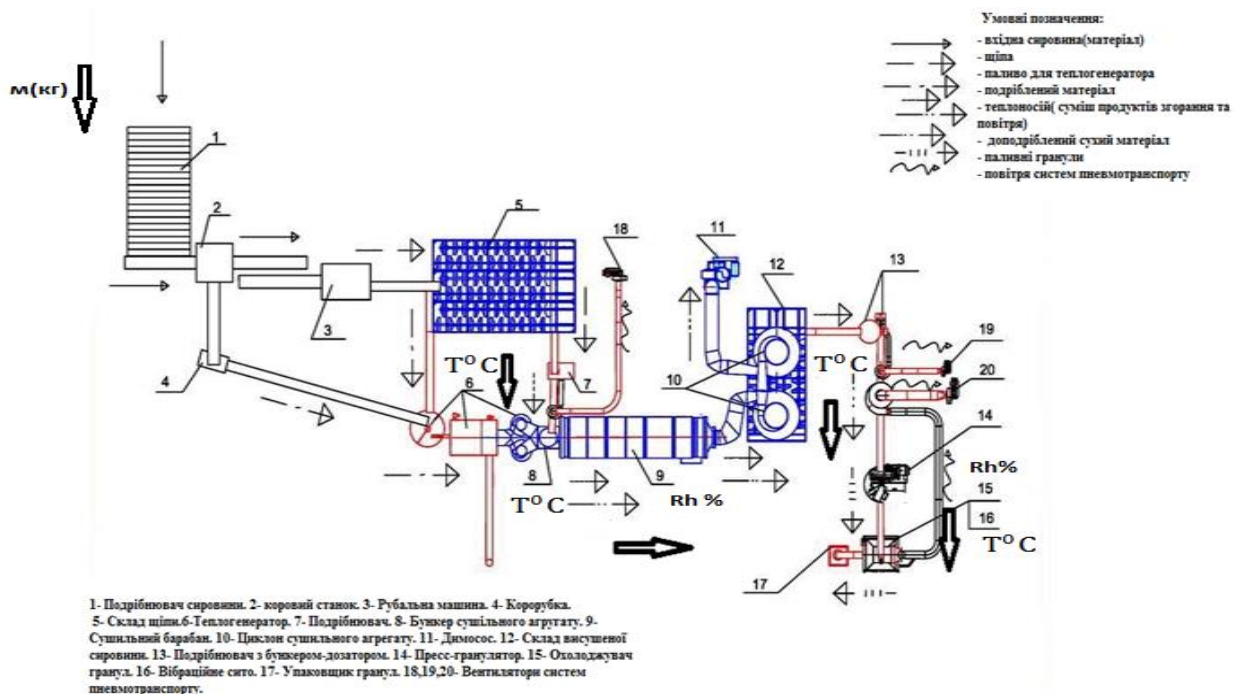


Рисунок 1 – Схема технологічного процесу виготовлення біопаливних гранул

В якості ПВП1 – ПВП4 були обрані напівпровідникові датчики STLM 75, призначені для контролю температури на різних етапах виробництва, ПВП5 та ПВП 6 – датчики контролю вологості сировини M-Sens 2 ПВП7 – тензометричний датчик вимірювання маси Н8Q [1]. В якості мікроконтролера було використано АТmega16, з'єднання з ЕОМ по інтерфейсу RS-485.

### Література:

1. Мартиненко В. В. Цифровий вимірювач параметрів технологічного процесу виготовлення біопаливних гранул / І. В. Григоренко, Мартиненко В. В. // I Міжнародна науково-технічна конференція: Актуальні проблеми автоматики та приладобудування України. – Харків, 2017. – С 178 – 179.

## **ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ ШВИДКОДІЮЧОЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ УСТАНОВКИ**

**Маслакова В.В. Трохін М.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглянуто питання досягнення уточнень результатів виміру температури за допомогою розрахунку структурних величин на прикладі інтелектуальної системи «Розумний будинок».

Метою роботи є розробка швидкодіючого пристрою вимірювання температури з фільтрацією випадкової похибки, шляхом розрахунку структурних величин.

Сучасні автоматизовані системи управління технічними процесами вимагають значної кількості і різноманітності засобів вимірювань, що забезпечують вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для дистанційної передачі, збору, подальшого перетворення, обробки і передачі.

В даний час існує велика кількість різних за своїм призначенням систем автоматичного регулювання. І одні з них вимірюють і підтримують задану температуру у різних середовищах, що і було розглянуто у даній роботі на прикладі цифрового датчика вимірювання температури DS18B20.

Актуальність даної роботи проявляється в тому що, з кожним днем ця ідея вдосконалюється, з'являються все більше переваг використання системи управління мікрокліматом, як на виробництві так і в побуті. Але, не дивлячись на це, виникає певна проблема: «Яким методом досягнути швидкодії приладу в даній роботі, враховуючи вплив похибки?».

Цього було досягнуто, завдяки тому, що був вибраний правильний метод вимірювання температури, а саме метод багатократних вимірювань. Змодельовавши ситуацію виникнення перешкоди під час вимірювання температури, було розраховано значення середнього арифметичного і медіани і порівнянні ці два методи. Виявилось, що при розрахунку середнє арифметичне значення, з урахуванням перешкоди в  $+ 85^{\circ}\text{C}$  дорівнювало  $+ 44.5^{\circ}\text{C}$ , значення медіани дорівнювало  $+ 40^{\circ}\text{C}$ . Теорія була підтверджена, повторним експериментом, з введенням відразу двох перешкод. Результат був практично таким же, середнє арифметичне значення, з урахуванням двох перешкод в  $+ 85^{\circ}\text{C}$  дорівнювало  $+ 49^{\circ}\text{C}$ , а значення медіани знову  $+ 40^{\circ}\text{C}$ .

З цих розрахунків можна зробити висновок, що медіана (на відміну від середнього арифметичного значення) більш стійка до «викидів» - перешкод, що виникають при вимірах температури.

Таким чином, в даній роботі розроблено швидкодіючий пристрій вимірювання температури з фільтрацією випадкової похибки. Практична цінність полягає в тому, що при його використанні, ми отримуємо більш коректне значення температури, і менші витрати часу на процес отримання результату вимірювання.

## РОЗРОБКА СТЕНДУ ПРОМИВКИ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПАЛИВНИХ ФОРСУНОК

Мезенцев Є. М., Тополов І. І.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Підвищення питомої потужності, моторесурсу, поліпшення паливної економічності та експлуатаційних властивостей дизелів є основним напрямлінням розвитку вітчизняного та зарубіжного двигунобудування.

До числа найважливіших систем, що визначають техніко-економічні показники дизеля. Найважливішим елементом системи подачі палива є паливна форсунка. Від її роботи залежить якість сумішоутворення і, як наслідок, показники робочого циклу.

Актуальність проблеми зниження і видалення нагаро-смолистих відкладень з паливної форсунки підтверджується численними дослідженнями, присвяченими вивченню механізму нагаро-смолоутворення і факторів, його визиваючих.

Мета проекту полягала в розробці стенду перевірки та відновлення форсунок повинного забезпечувати управління роботою форсунок на випробувальній рампі, по алгоритму перевірки та очищення [1,2].

Структурна схема вимірювально-відбраковочного стенду перевірки форсунок (СПДТСПФ) рис. 1. містить наступні функціональні блоки:

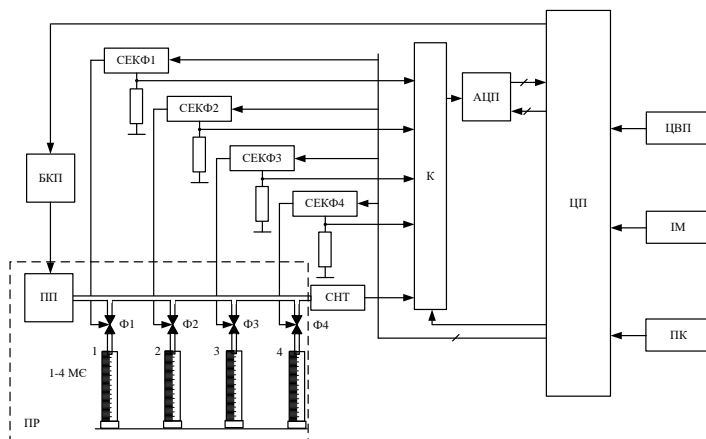


Рисунок 1 – Структурная схема стенду

СНТ - сенсор надлишкового тиску, ПП - паливна помпа, ПР - паливна рампа, БКП - блок керування помпою, Ф1 – Ф4 – форсунки, АЦП - аналого-цифровий перетворювач, МС1 – МС4 - мірні ємності, ПК - пульт керування, ЦВП - цифровий відліковий пристрій, СЕКФ1 – СЕКФ4 - силові елементи комутації форсунок, ЦП - центральний процесор, К – комутатор, ІМ - індикатор мнемосхеми

### Література:

1. Разлейцев И.Ф. Выбор рациональных параметров топливной аппаратуры форсированного транспортного дизеля / И.Ф. Разлейцев // Двигатели внутреннего сгорания. Выпуск 41. – Харьков, Ив-во университет. – 1985. С. 29 - 33.
2. Хаширов Ю.М. Обоснование параметров, определяющих предельное состояние распылителей форсунок типа ФД/ Ю.М. Хаширов, Л.Б. Фельдман // Труды ГОСНИТИ, Т86 М.: 1989 - с. 94 - 101.

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ НА ПІДПРИЄМСТВІ ВІДПОВІДНО ДО МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТИВ

Нікольчук П. Є., Дроздова Т.В.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Одним з основних напрямків управління виробничими витратами є скорочення витрат на споживання енергетичних ресурсів, у число яких входять: електроенергія, теплова енергія, газ, пари, стиснене повітря, вугілля, мазут, гаряча і холодна вода тощо.

Точкові та одноразові заходи не призводять до отримання очікуваного ефекту від зниження енерговитрат у масштабах всього підприємства. Процес управління енергетичними витратами в промислових компаніях повинен здійснюватися на основі принципів комплексного охоплення та системного підходу. Найбільш ефективним рішенням є впровадження системи енергетичного менеджменту (СЕНМ) відповідно до стандарту ДСТУ ISO 51001:2014.

Структурну схему СЕНМ можна представити у вигляді (рис.1):



Рисунок 1 – Структура системи енергоменеджменту відповідно до ДСТУ ISO 51001:2014

В основу енергоменеджменту покладений цикл Демінга – концепція реалізації безперервного процесу вдосконалення, який складається з чотирьох кроків: План–Дія–Перевірка–Заходи. Системи управління використовують цей цикл із постійним зворотнім зв'язком.

Таким чином, для підвищення енергоефективності немає альтернативи створенню і розвитку систем енергоменеджменту на різних рівнях ієрархії. Україна знаходиться на самому початку цього шляху. Тому розробка та впровадження СЕНМ відповідно до міжнародних та національних стандартів України є актуальною задачею і потребує детального вивчення.

## МІКРОКОНТРОЛЕРНИЙ ВИМІРЮВАЧ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ХАЛВИ

Носова І. В., Григоренко І. В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Об'єктом розробки є мікроконтролерний вимірювач параметрів технологічного процесу виготовлення халви. До складу вимірювача входять наступні вимірювальні перетворювачі: датчики контролю вологості сиропу, що уварюється та відносної вологості повітря; датчики температури води, карамельної маси, халви при вимішуванні та повітря при витримуванні готової продукції. Ціль розробки – створення мікроконтролерного вимірювача, що призначений для вимірювань в усьому діапазоні вологості 0...100% RH, діапазоні температур від 0 °С до + 110 °С. Похибка вимірювань не повинна перевищувати 2%. Структурна схема мікроконтролерного вимірювача представлена на рис. 1.

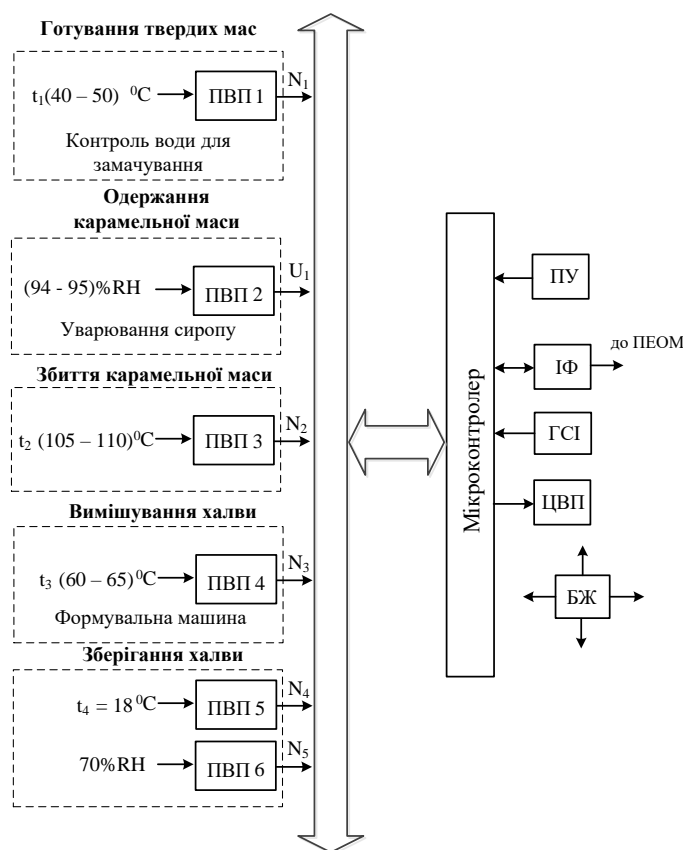


Рисунок 1 – Структурна схема мікроконтролерного вимірювача параметрів технологічного процесу виготовлення халви

Наведена система має шість каналів вимірювання: чотири канала вимірювання температури, яка діє не первинні вимірювальні перетворювачі ПВП1, ПВП3, ПВП4, ПВП5; датчик вологості сировини ПВП2; датчик вологості повітря ПВП6, мікроконтролер, цифровому відліковому пристрої (ЦВП), інтерфейс (ІФ), генератор синхронізуючих імпульсів (ГСІ), пульт управління (ПУ), блок живлення (БЖ).

## БЛОК КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ НАТУРАЛЬНОЇ КАВИ

Опришкін О.С., Колісник Ю.О.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Кава відноситься до групи цінної і дорогої рослинної сировини, використовуваної при виробництві різних кавопродуктів, зокрема натуральної кави, що має широкий попит у населення. Найважливішим етапом у виробництві кави є процес обжарювання сирих зерен кави, від режимів проведення якого залежать якісні показники готової продукції.

Недосконалість техніки для обжарювання зерен кави відбивається на якості кавової продукції, що випускається, створює додаткові технологічні труднощі при дотриманні режимів обжарювання, викликає необхідність введення допоміжних операцій для досягнення необхідної якості готової продукції, що призводить до збільшення собівартості продукту.

Актуальність проведення якісного процесу обжарювання зерен кави ще очевидніша, якщо врахувати, що переробці підлягає імпортна сировина, яка з причини кон'юнктури, що склалася, на світовому ринку не завжди відповідає необхідним вимогам і його початковий склад змінюється в широких межах. В зв'язку з цим виникає необхідність проведення обжарювання зерен кави в оптимальних режимах, при яких технологічні параметри процесу повинні змінюватися залежно від показників якості сировини, що поступає на переробку.

При цьому конструкції обжарювальних апаратів мають бути максимально адаптовані до оптимальних умов проведення процесу, обумовлених економічною доцільністю і отриманням кавопродуктів високої якості. При виборі оптимальних режимів обжарювання кави особливу увагу слід приділити величині чаду і витраті сировини на одиницю готової продукції.

Запропоновано блок контролю параметрів технологічного процесу виготовлення натуральної кави. Завдяки контролю температури, вологості і часу обжарювання, забезпечується якісний технологічний процес, що сприяє поліпшенню смакових і ароматичних властивостей кави, а також підвищенню її якості.

Блок контролю параметрів розроблений на мікроконтролері ATmega8L. Вимірює температуру з похибкою  $\delta_t=0,36\%$ , вологість з похибкою  $\delta_\varphi=0,21\%$ , вагу з похибкою  $\delta_p=0,37\%$ . Пристрій може застосовуватися на підприємствах для покращення та незмінності якості вихідного продукту.

### Література:

1. О кофе и его сортах. <http://www.znaytovar.ru/s/O-kofe-i-ego-sortax.html>.
2. Обжарка кофе. <http://www.znaytovar.ru/s/Obzharka-kofe.html>.
3. Требования к качеству кофе. Режим доступа: [http://www.znaytovar.ru/s/Trebovaniya\\_k\\_kachestvu\\_kofe.html](http://www.znaytovar.ru/s/Trebovaniya_k_kachestvu_kofe.html).



## ЦИФРОВИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ ТЕРМОМЕТР

Опришкіна М.І., Пащенко Т.А

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Цифровий електронний термометр призначений для керування роботою конкретної системи керування температурою в медичних приміщеннях – хірургічних, операційних та дитячих інкубаторах. В робочих та побутових приміщеннях, визначення температури поверхні.

У макеті застосовані цифрові мікросхеми серії Atmel. Перевага даній серії надана з огляду на велику розповсюдженість та надійність.

У якості пристрою відображення температури використовується динамічна індикація.

Оскільки напруга живлення всіх застосованих у макеті мікросхем складає 5В, джерело живлення має забезпечувати достатню стабілізацію. У якості стабілізатора використано ІМС К142ЕН5А, який забезпечує умови, що пред'являються до живлення застосованих мікросхем.

Структурну схему термометру можна представити у вигляді (рис.1):

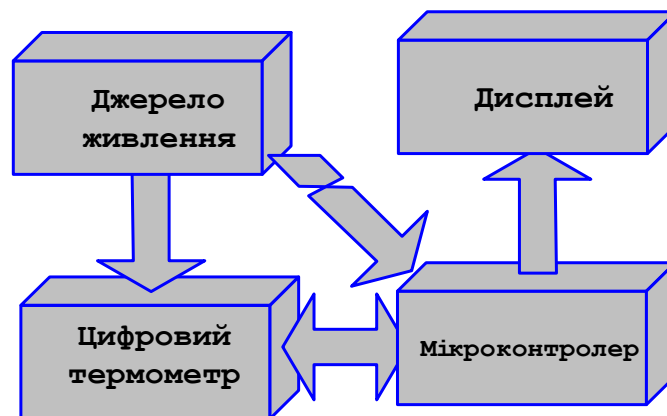


Рисунок 1 – . Структурна схема термометра

– мікроконтролер – де відбувається формування запитів на оновлення інформації, збереження отриманої інформації;

– джерело живлення – де відбувається формування необхідної для живлення пристрою напруги.

– дисплей – це індикація візуального відображення результатів обробки інформації;

– цифровий датчик – температури слугує для прямого перетворення температури в цифровий код

Таким чином, розробка цифрового термометру з датчиком температури є досить актуальною тому що це – безпечний, швидкий та універсальний спосіб виміряти температуру . Термометр легкий у переносці, компактний та має доступну ціну.

## РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ХАРЧОВОЇ ПЛАСТМАСИ

Павлюк Ю. М., Григоренко І. В., Григоренко С. М.

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У роботі [1] представлена система контролю технологічного процесу виготовлення харчової пластмаси, що призначена для вимірювань у діапазоні температур від  $+20^{\circ}\text{C}$  до  $+110^{\circ}\text{C}$ , діапазоні вимірюваного тиску (25 – 40) бар (2,5 – 4) МПа, похибки каналів системи не перевищують 0,5%. На підставі структурної схеми, алгоритму роботи та обраної елементної бази розроблено електричну принципову схему, що представлена на рис. 1.

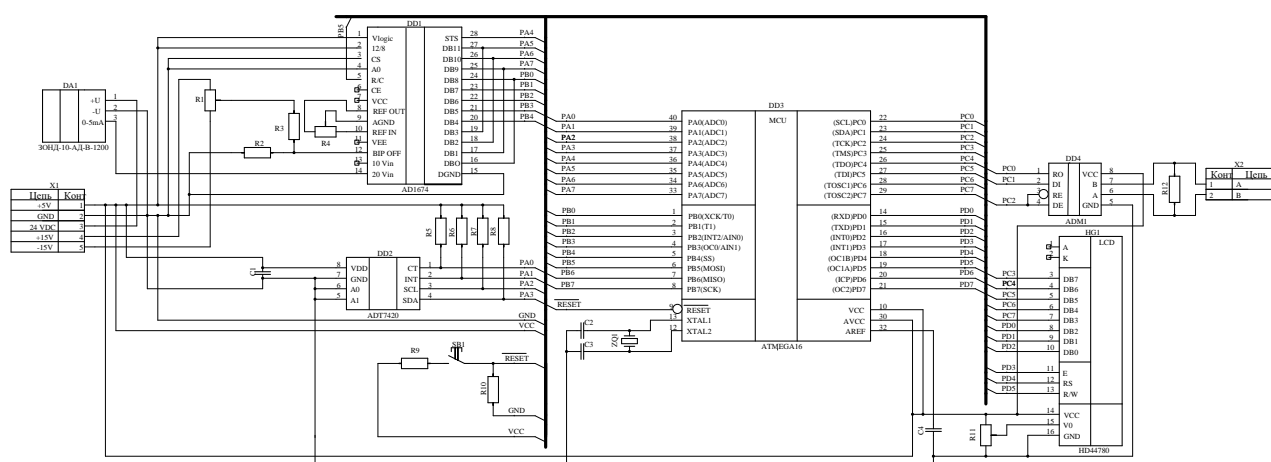


Рисунок 1 – Електрична принципова схема системи контролю технологічного процесу виготовлення харчової пластмаси

Сигнал з датчика абсолютного тиску, представленого мікросхемою ЗОНД–10–АД–В–1200 (DA1), надходить до АЦП AD1674 (DD1), який перетворює напругу у цифровий код. Вихідний сигнал з АЦП надходить на мікроконтролер (МК), що представлений мікросхемою ATmega16 (DD3). Датчик температури (DD2) підключається безпосередньо до шини мікроконтролера DD3. Сигнали з датчика температури (ADT7420) надходять у МК, який здійснює лінеаризацію результату вимірювання і передає готовий результат вимірювання на рідкокристалічний індикатор, представлений мікросхемою HD44780 (HG1). Оброблений МК результат вимірювань також може передаватися на ЕОМ завдяки інтерфейсу RS485 (DD4); передача інформації до ЕОМ здійснюється через роз'єднувач X2. Живлення через X1.

### Література:

1. Григоренко І. В. Система контролю технологічного процесу виготовлення харчової пластмаси / Ю. М. Павлюк, І. В. Григоренко, С. М. Григоренко // I Міжнародна науково-технічна конференція: Актуальні проблеми автоматики та приладобудування України. – Харків, 2017. – С 178 – 179.

## РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО ОСЦИЛОГРАФА

Пашук Я. Ю, Балєв В.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглянуто питання розробки двоканального цифрового осцилографа з межами виміру  $\pm 20$  В, діапазоном частот до 1 кГц, з передачею даних через Bluetooth та можливістю перемикання каналів.

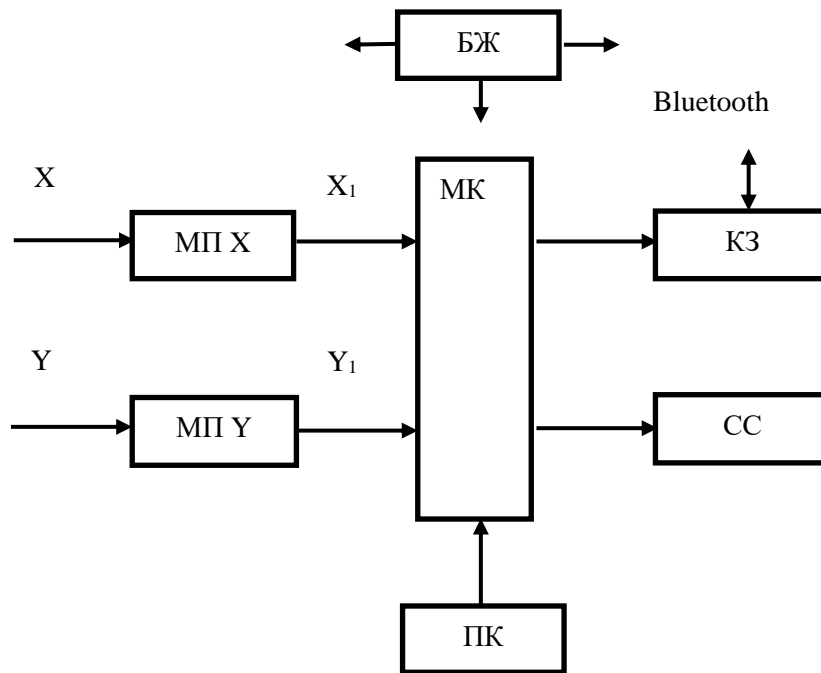


Рисунок 1 – Структурна схема цифрового осцилографа

Структурна схема цифрового осцилографа (рис. 1) включає в себе: МП – масштабуючий пристрій, який перетворює вхідний сигнал за масштабом, СС – світлодіоди сигналізації, призначені для відображення вимірюваного каналу осцилографа, ПК – пульт керування, за допомогою нього перемикаються канали осцилографа, КЗ – контролер зв'язку, здійснює передачу інформації за допомогою Bluetooth-інтерфейсу, БЖ – блок живлення забезпечує живлення всієї схеми осцилографа, МК – мікроконтролер, забезпечує роботу приладу, згідно програмі, яка в нього записана.

У результаті був розроблений двоканальний цифровий осцилограф з межами виміру  $\pm 20$  В, діапазоном частот до 1 кГц, з передачею даних через Bluetooth та можливістю перемикання каналів. Даний вимірювальний прилад можна застосувати в побутових і промислових цілях для вимірювань, в яких не потрібна висока точність.

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ТА МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННІ**

**Пивоваров А. С., Качанов П.О.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В наш час, в Україні, багато підприємств серійного випуску продукції, візуальний контроль якості якої виконує людина-оператор. Це призводить до зниження якості та швидкості виробництва, що обумовлено великою вірогідністю похибки людської уваги. Розробка та впровадження систем комп'ютерного зору, та нейронних систем обліку на такі конвеєрні лінії призведе до підвищення якості, надійності, та швидкості виробництва.

Також, на сьогоднішній день, поширеною проблемою є контроль високовольтних ліній електропостачання, які, з часом, піддаються провисанню, деформації, внаслідок різноманітних фізичних особливостей та кліматичних умов. За відсутності своєчасних ремонтних робіт, це може призвести до обриву або пошкодження, що несе за собою перебої з електропостачанням, а також іншим непередбачуваним збиткам, як для постачальника, так і для населення. Візуальний контроль за усіма ЛЕП на території України – велика проблема, тому актуальною задачею є впровадження комп'ютерного спостереження на базі безпілотних літальних апаратів, та цифровий аналіз стану ліній електропередачі в режимі реального часу без участі людини [1].

Сегментація та обробка зображень, що не являються тривіальними, в режимі реального часу, виявляє собою одну з найскладніших задач машинного зору. Ефективність процедур аналізу зображень, в першу чергу, визначається точністю сегментації. В цьому і полягає одна з головних проблем сегментації та обробки зображень, а також стає причиною великої кількості різноманітних підходів вирішення задач машинного зору [2].

Таким чином, ведеться робота над: дослідженням існуючих методів обробки та сегментації, застосовні для визначення основних візуальних параметрів (ліній, кольору, форм об'єкта, тощо). Акцентується увага на точності, швидкодії алгоритму, розробці оптимальної апаратної частини. Важливі також підбір та дослідження системи аналізу отриманих сегментованих об'єктів на основі нейронних мереж а також засоби передачі інформації з апаратної частини на місця обліку та контролю.

### **Література:**

1. Duan L. Domain adaptation from multiple sources: A domain-dependent regularization approach / L. Duan, D. Xu, I. Tsang // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. – vol. 23. – no. 3. – 2012.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. 1072 с.

## РОЗРОБКА АПАРАТУ ДІАГНОСТУВАННЯ ГІПЕРТОНІЧНИХ ХВОРИХ

Почуєва А. І., Тополов І. І.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Гіпертонічна хвороба (есенціальна гіпертонія) складає до 90% всіх випадків хронічного підвищення артеріального тиску (АТ). В економічно розвинених країнах 18-20% дорослих людей страждають на гіпертонічну хворобу, тобто мають повторні підйоми АТ до 160/95 мм рт.ст. і вище. Хвороба діагностується орієнтуючись на величини так званого "випадкового" тиску, вимірюваного після п'ятихвилинного відпочинку, в положенні сидячи, тричі поспіль. У здорових людей в 20-40 років "випадковий" АТ зазвичай нижче 140/90 мм рт.ст., в 41-60 років - нижче 145/90 мм рт.ст., старіше 60 років - не вище 160/95 мм рт. ст. Стійка зміна кров'яного тиску в бік підвищення називають артеріальною гіпертензією (гіпертонією) [1].

В роботі розглянуті основні неінвазивні методи вимірювання АТ (інвазивний метод використовується тільки під наглядом кваліфікованого персоналу, тому що веде за собою безліч ризиків. Тому в клінічній практиці велику популярність завоювали неінвазивні методи, серед яких найпопулярнішим є вимірювання АТ за методом Короткова), коротенько переглянемо їх:

– аускультативний метод, заснований на звукових явищах організму, пов'язаних з його діяльністю. Прилад для вимірювання складається з тонометра, фонендоскопа, нагнітальної груші і оклюзійної пневмоманжети. Для аускультативної застосовується або стетоскоп, або мембранний фонендоскоп.

– осцилометричний метод, на ньому засновано більшість електронних пристроїв для вимірювання АТ. Метод заснований на зміні тиску повітря в манжеті, в момент проходження крові крізь здавлену ділянку артерії.

– пальпаторний метод вимірювання АТ, при якому проводиться поступова компресія або декомпресія кінцівки в області артерії, і її пальпація нижче місця здавлення, метод здійснюється за допомогою сфигмоманометра, що складається з порожнистої манжети, насоса, манометра і випускного крана. [2].

В результаті проведеного аналізу складена порівняльна характеристика основних методів вимірювання АТ. Розглянуто низку існуючих приладів для вимірювання АТ та їх можливості, обраний метод вимірювання дослідного взірця, сформовані алгоритми роботи, достатню увагу приділено елементній базі приладу, для виконання умови бюджетності і достатньої точності.

### Література:

1. Електронний ресурс : <https://medprosvita.com.ua/krovyano-e-davlenie-propedevtika/> / (дата звернення 10.03.2018).
2. Ананьева О. В. Гипертония – 2008 г. [Електронний ресурс]: URL:<http://www.ereading.club/bookreader.php/87410/Anan%27eva-Gipertoniya.html> (дата звернення 09.03.2018).

## **ПРОПОЗИЦІЇ ПО РОЗДІЛЕННЮ РЕКОМЕНДАЦІЙ НА ГРУПИ ПРИ ОБ'ЄДНАННІ ПЕРВИННИХ ПОТОКІВ ДАНИХ, ЯКІ ПЕРЕДАЮТЬСЯ ЧЕРЕЗ ОПТИЧНИЙ ІНТЕРФЕЙС**

**Смолін Ю.О., Рубякін Д.О., Бабич М. М., Китайов Е. С.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Зовсім недавно комутаційні станції мали лише інтерфейси по стику E1 (2048 кбіт / с), специфіковані в відомій рекомендації ITU-TG.703 (стик А за рекомендацією ITU-TQ.511) [1], а оптичні системи передачі виконувалися як окремі пристрої, які підключаються до АТС по цього стику.

В даний час засоби, що забезпечують передачу одного потоку даних через оптичний інтерфейс цифрової комутаційної станції (ОЦКС) мають свою нішу застосування, але їх використання в оптичних мережах доступу (СД) обмежується підключенням виносних пристроїв малої місткості. При організації підключення до ресурсів комутаційної станції віддаленого обладнання абонентського доступу великої (до декількох тисяч абонентів) ємності виникає потреба передачі через ОЦКС значного числа потоків E1. Передача цих потоків по окремим оптичним волокнам (ОВ) приваблива з точки зору забезпечення максимальної простоти і відмовостійкості такої системи, але є неможливою через непомірно високі витрати на станційне обладнання та лінійні споруди.

Найчастіше проводиться тимчасове об'єднання (мультиплексування) первинних потоків в високошвидкісний потік, який передається по оптичній лінії. Методи об'єднання потоків в ОЦКС мало чим відрізняються від методів, застосовуваних в обладнанні оптичних цифрових системах передачі (ЦСП). Виходячи з цього, можна вважати, що існуючі стандарти і рекомендації ITU-T, що поширюються на ЦСП і інші елементи цифрових мереж, в повній мірі застосовні до обладнання ОЦКС.

Опис багатьох стандартів і рекомендацій, розроблених міжнародними організаціями зі стандартизації, що поширюються на системи передачі даних, наведено в [2].

На підставі їх аналізу та переліку стандартів і рекомендацій ITU-T дані рекомендації можна розділити на три групи:

- 1) специфікуючі інтерфейси і характеристики сигналів об'єднання потоків (G.703, G.823);
- 2) специфікуючі методи об'єднання потоків (G.742, G.751, G.707);
- 3) специфікуючі характеристики ОІ для передачі одиночних і мультиплексованих потоків, а також характеристики оптичних лінійних трактів обладнання (G.955, G.957, G.958).

### **Література:**

1. Никульский И.Е. Оптические интерфейсы цифровых коммутационных станций и сетей доступа/ И.Е.Никульский – М.: Техносфера, 2006. – 256 с.
2. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи /Н.Н. Слепов . – М.: Радио и связь, 2000. – 468 с.

**КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ІНОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ПРИ СТВОРЕННІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ**  
**Смолін Ю.О., Саміло І.Ю., Загребельний В.В., Загребельна А.В.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

**Актуальність і постановка задачі.** Розробка будь-якої нової системи - це процес технічної творчості. Телекомунікаційні системи не є якимось виключенням із цього правила. Крім того, розвиток телекомунікаційних систем є дуже динамічним процесом, динаміка якого обумовлена постійно вдосконалюючою елементною базою та впровадженням інноваційних технологій. У цьому зв'язку оцінювати сам процес створення телекомунікаційних систем та вплив застосовуваних інноваційних технологій на кінцевий продукт створення необхідно не тільки якісно, але й кількісно. Тому вибір цифрових критеріїв контролю з всього різноманіття існуючих або створення нових, для оцінки ефективності нових створюваних телекомунікаційних систем, є важливим і актуальним моментом. [1]

**Виклад основного матеріалу.** В результаті аналізу існуючих критеріїв, що відображають властивості телекомунікаційних систем, як цифрових критеріїв оцінки результатів застосування інноваційних технологій при створенні телекомунікаційних систем, можуть бути виділені наступні:

– наявність готових рішень - критерій, що відображають наявність (або відсутність) прикладів реалізації транспортних мереж операторів телекомунікацій на базі тієї чи іншої технології. Можна оцінювати за допомогою бальної оцінки шляхом встановлення чіткої відповідності того чи іншого діапазону введенням того чи іншого значення балового оцінювання;

– рівень стандартизації - критерій, що відображає рівень стандартизації тієї чи іншої технології побудови транспортних мереж. Можна оцінювати за допомогою бальної оцінки шляхом встановлення чіткої відповідності рівня стандартизації (є прийняті стандарти, регламентовано на рівні рекомендацій, існує в проміжних варіантах і т. д.) тому чи іншому значенню бальної оцінки;

– сумісність з видами навантаження - критерій, що відображає сумісність тієї чи іншої технології побудови транспортних мереж з різними типами корисного навантаження (IP-трафік, цифрові потоки Ех/Тх, і т. д.). Можна оцінювати за допомогою бальної оцінки шляхом встановлення чіткої відповідності рівня сумісності з тією чи іншою цінністю бальної оцінки.

**Висновки.** Виділені критерії числового контролю дозволяють найбільш точно і з більшою точністю визначити результати застосування інноваційних технологій при створенні телекомунікаційних систем.

**Література:**

1 Каптур В.А. Оценка эффективности реорганизации телекоммуникационных сетей. Презентация. - Одесса, ОНАС им. А.С. Попова, 2012. – 21с.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА AVR В СХЕМАХ УПРАВЛІННЯ БІЖУЧИМ РЯДКОМ**

**Смолін Ю.О., Харитонов Т. В., Тохташ В. Д., Бейзерова А.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У більшості виводів мікроконтролерів AVR є вбудований підключаємий «підтягуємий» (тобто приєднаний до шини живлення) резистор, що, здавалося б вирішує одну зі звичайних схемотехнічних проблем, коли наявність такого резистора потрібна для підключення двовивідних кнопок або виходів з «відкритим колектором». Однак в критичних випадках необхідний зовнішній резистор опором 20-25 кОм (в критичних для споживання випадках до 10-30 кОм).

Підтягуючий резистор слід встановлювати не тільки на виводі RESET, а й в тому випадку, коли виводи SCK, MOSI, MISO відповідних портів використовуються для програмування і підключені до програмуемого роз'єму ISP, а також до виводів зовнішніх переривань, якщо вони задіяні.

Якщо ці виводи не "не подтягувати" до напруги живлення додатковими резисторами (хоча це і не обумовлено в технічній документації), то не виключені помилкові спрацьовування зовнішніх переривань, перезапуск системи, а при дуже потужних перешкодах - навіть псування програми в пам'яті програм. З іншого боку, коли виводи програмування служать в якості звичайних портів, сконфігурованих на вихід, а в пристрої застосовуються режими енергозбереження, наявність «підтягуючих» резисторів може привести до зайвого споживання струму (при установці виведення в логічний нуль через резистор потече струм від джерела живлення на вхід мікроконтролера). Якщо реалізований один із режимів енергозбереження, то потрібно ретельно проаналізувати схему, щоб виключити ситуації, при яких через ці резистори протікає струм [1].

Також необхідно встановлювати зовнішні резистори при роботі виводів мікроконтролера на загальну шину, як в інтерфейсі I2C або просто при приєднанні входу мікроконтролера до виходу іншого пристрою з відкритим колектором, наприклад, моніторів живлення при підключенні до двовивідних кнопок (особливо при наявності зовнішнього переривання). Опір вбудованого резистора, насправді представляє собою, польовий транзистор в таких випадках дуже велике для того, щоб електромагнітні перешкоди на ньому ефективно «сідали».

Мікросхеми AVR, як і будь-яка КМОП логіка, завдяки високому порогу спрацьовування ефективно захищені від перешкод по шині «земля». Однак вони поведуться набагато гірше при перешкодах по шині живлення. Тому необхідні розв'язуючі конденсатори, які потрібно встановлювати безпосередньо до виводів живлення (керамічні 0,1-0,5 мкФ).

### **Література:**

1 Ревич Ю. В. Практическое применение микроконтроллеров AVR на языке асемблера / Ю. В. Ревич. - СПб.: БХВ - Петербург, 2012. -352 с.



## **ОСОБЛИВОСТІ ПІДТВЕРДЖЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ПОБУТОВОЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТЕХНІЧНИМ РЕГЛАМЕНТАМ В УКРАЇНІ**

**Соболь А.І., Дроздова Т.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сучасне життя важко уявити без побутової техніки: пральні машини, мікрохвильові печі, праски, парогенератори, холодильники, варильні поверхні, духові шафи, пилососи, телевізори, комп'ютери і так далі - всі прилади покликані спростити та організувати процес домашніх справ. У той же час на український ринок все частіше потрапляють електроприлади низької якості, що загрожують життю і здоров'ю людини. У зв'язку з цим, щоб підтвердити її безпеку перед споживачами, а також бути впевненим в продукції при перевірці контролюючих органів для виробника або імпортера, передбачена процедура сертифікації.

Якість і безпека побутової техніки повинні відповідати вимогам Технічних регламентів і державним стандартам на найвищому рівні.

Сертифікація побутової техніки включає:

- сертифікацію кухонної техніки;
- сертифікацію аудіо, відео техніки;
- сертифікацію кліматичної техніки;
- сертифікацію обчислювальної техніки тощо.

Підтвердження відповідності побутової техніки проводиться на відповідність вимогам Технічних регламентів «Електромагнітна сумісність обладнання» і «Низьковольтне електрообладнання» і передбачає дослідження наданої продукції відповідно до обраного модуля оцінки відповідності та отримання документа – сертифіката відповідності, який вказує на безпеку продукції, що підтверджується протоколами випробувань або декларації про відповідність. Відповідно до даних технічних регламентів до побутової електротехніки застосовні наступні модулі оцінки відповідності:

- модуль А (внутрішній контроль виробництва) - для оцінки відповідності апаратури, не призначеної для безпосереднього підключення до електромережі;
- модуль Аа (модифікований модуль А) - для оцінки відповідності апаратури, призначеної для безпосереднього підключення до електромережі.

Цей модуль застосовується з урахуванням таких додаткових вимог:

- призначений орган з оцінки відповідності, обраний виробником, проводить перевірку апаратури через довільні проміжки часу;
- для перевірки виробник надає зразок апаратури чи обладнання;
- призначений орган з оцінки відповідності досліджує та випробовує зазначений зразок згідно з відповідними стандартами або проводить рівноцінні випробування для перевірки відповідності зразка заданим вимогам.

Таким чином, можна зробити висновок, що тема підтвердження відповідності технічним регламентам є актуальною і надзвичайно важливою в умовах сьогодення і потребує подальшого дослідження.

## СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ В УКРАЇНІ

Тверитникова О.Є., Бірченко О.Р., Чіліндрішвілі О.Й.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

На сьогоднішній день стандартизація та сертифікація, управління якістю складають взаємопов'язану систему і є невід'ємною частиною ринку. Характерною рисою ринкової економіки є наявність конкурентного середовища. Україна, підписавши Угоду про асоціацію з Європейським Союзом, повинна в зазначений термін гармонізувати національні технічні стандарти та привести систему стандартизації та сертифікації у відповідності з європейськими нормами.

В Україні діє 25 нормативних документів державної сертифікації УкрСЕПРО, 12 нормативних документів комерційної системи сертифікації СовАсК і нормативні документи системи сертифікації CERTEX, які поширюються на добровільну сертифікацію продукції. Сертифікація в системі УкрСЕПРО передбачає підтвердження третьою стороною показників, характеристик і властивостей продукції, процесів і послуг на підставі досліджень атестації виробництва та сертифікації систем якості. Право на проведення робіт із сертифікації надається виключно лабораторіям та експертам аудиторам, акредитованим в системі і внесених до реєстру.

Верховна рада України прийняла закон № 124-VIII від 15 січня 2015 р «Про технічні регламенти та оцінку відповідності», що набирає чинності з 10.02.2016 р. в аспекті наближення законодавства Україна повинна забезпечити відповідність національного законодавства технічним регламентам Європейського Союзу та системам стандартизації, акредитації, метрології, роботам з оцінки та ринкового нагляду Європейського Союзу. Новий закон поєднує декілька нормативних актів і встановлює єдині принципи розробки, прийняття і застосування технічних регламентів та оцінки відповідності продукції, здійснення оцінки відповідності. Це єдиний нормативно-правовий акт, прийнятий замість законів «Про підтвердження відповідності» та «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності».

Основні положення закону це: скасування обов'язкової сертифікації продукції з 1 січня 2018 р.; надання інформації про обов'язкову сертифікацію продукції; запровадження реєстру сертифікатів відповідності чи свідоцтв про визнання відповідності продукції; визначення порядку призначення органів з оцінки відповідності; план розроблення технічних регламентів; систематизація відомостей про технічні регламенти; запровадження оцінка відповідності вимогам технічних регламентів; процедура призначення визнаних незалежних організації; акредитовані випробувальні лабораторії виробників тощо.

Отже, гармонізація національної системи стандартизації та сертифікації у відповідності з міжнародними стандартами сприятиме підвищенню показників конкурентоспроможності вітчизняної продукції.

## **СИСТЕМА ВИЩОЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ ВПРОДОВЖ 1970–1980-х рр.**

**Тверитникова О.Є.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Характерною ознакою системи вищої електротехнічної освіти цього періоду став пошук нових форм удосконалення підготовки інженерів-електриків. На початку 1970-х рр. перелік електротехнічних спеціальностей у ВТНЗ Україні був істотно розширений, мережа електротехнічної освіти була скорегована відповідно до потреб розвитку електротехнічного промислового комплексу. На початку 1980-х рр. система підготовки спеціалістів електротехнічного профілю була переглянута, оскільки велика кількість спеціалізацій не відповідала професійній якості підготовки. Підготовка проводилася за типовими навчальними програмами, що пропонувалися Міністерством, а не були укладені викладачами, які безпосередньо викладали певні курси. Негативною була перенасиченість плану навчальними дисциплінами: фахівців готували за 40 дисциплінами, тобто багатопредметність заважала якості підготовки спеціалістів електротехнічного профілю.

У другій половині 1980-х рр. була вжита низка заходів, спрямованих на модернізацію вищої технічної освіти. Нормативно-правові акти 1987 р., зокрема постанови ЦК КПРС і СМ СРСР «Основні напрями перебудови вищої та середньої спеціальної освіти в країні» та ін., наголошували на основних положеннях реформування вищої технічної освіти. Так, рекомендувалося вже до 1 вересня 1987 р. провести впорядкування структури навчальних закладів з метою реорганізації неефективних підрозділів; затвердити новий перелік спеціальностей; провести комп'ютеризацію навчального процесу та технічне переоснащення вишів; покращити процес інтеграції освіти, науки і виробництва; організувати розроблення нових навчальних планів, спрямованих на підвищення якості системи підготовки; переглянути й удосконалити систему підготовки спеціалістів заочної форми навчання; вжити заходів, спрямованих на поліпшення якісного складу науково-педагогічних кадрів. Пропонувалося також покращити систему планування підготовки спеціалістів та організувати підготовку фахівців для наукомістких виробництв, розробити цільову комплексну програму, яка б визначила шляхи до гуманізації технічної освіти. У постановах пропонувалося залучати європейський досвід, зокрема позабюджетного фінансування й модульно-рейтингової системи. Позитивним було критичне переосмислення проведених до цього часу реформ вищої освіти.

У 1980-ті рр. були здійснені спроби реформувати вищу освіту. Загальні проблеми, притаманні вищій школі цього періоду, не минули й вищу електротехнічну школу. Заходи, спрямовані на вдосконалення освітнього процесу, створення системи безперервної освіти не отримали очікуваного результату. Однак ці реформи були важливими для оптимізації вищої технічної освіти України на сучасному етапі.

## **НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ПРИНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ВИХРОСТРУМОВОМУ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ**

**Тюпа І.В., Салам Буссі**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

При допусковому контролі якості електропровідних виробів вихрострумовим методом, об'єктом якого є виявлення та ідентифікація дефектів, визначення глибини зміцненого шару, механічної міцності зварного з'єднання і т.п. в результаті вимірювання інформативних параметрів (амплітуди і фази вихідного сигналу перетворювача) приймають рішення про придатність або непридатність ОК в залежності від того, чи знаходиться контрольований параметр (розмір дефекту, глибина зміцненого шару, міцність) в допустимих межах. Обмежена точність вимірювань вихідних сигналів вихрострумового перетворювача і неможливість забезпечення ідеальних умов проведення контролю часто призводить до помилкових прийнятих рішень, тобто до визнання гідного до експлуатації об'єкта непридатним і навпаки. У переважній більшості випадків, прийняття рішення покладається на оператора, який в процесі контролю виробляє порівняння сигналу вихрострумового перетворювача з набором еталонних сигналів (дефекти стандартних зразків, зразок з встановленим зміцненим шаром, зварений шов з відомими механічними характеристиками). В даному випадку, правильність прийнятого рішення в основному буде залежати від кваліфікації оператора і можливістю виготовлення стандартних зразків.

Розглянемо невизначеність прийняття рішення на прикладі контролю дефектів за допомогою вихрострумового дефектоскопу. Під час налаштування чутливості дефектоскопа на очікуваний розмір дефекту в якості зразкової міри застосовуються стандартні зразки, які виготовляються за певними методиками і мають ряд чітко встановлених електромагнітних властивостей. При роботі з дефектоскопом встановлюється рівень сигналу (амплітуда, фаза, комплексна ЕРС), який відповідає заданим розміром дефекту. При цьому, в процесі контролю невідомого дефекту, проводиться фіксація перевищення (або відповідності) рівня сигналу вихрострумового перетворювача від невідомого дефекту над рівнем сигналу від відповідного зразкового дефекту. З точки зору вимірювальної процедури, в даному випадку використовується диференційний метод порівняння з мірою. Вимірювальна величина, а саме характер амплітуди сигналу від реального і зразкового дефектів є складною і часто невизначеною функцією. При коректному проведенні процедури дефектоскопії, параметри налаштувань дефектоскопу є стабільними і надають однаковий вплив на результат вимірювання сигналу від зразкового і реального дефекту.

Таким чином, результат порівняння залежатиме від параметрів зразків, тобто у випадку зразкового дефекту сигнал має строго детермінований характер з набором дискретних значень, а сигнал від реального дефекту є випадковою величиною, яка є функцій розміру дефекту і матеріалу зразка з п'ятьма ступенями свободи.

## МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІРТУАЛЬНОГО ВИПРОБУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

Хіхло В.Ю., Тверитникова О.Є., Хіхло О.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Останнім часом, використання мов графічного програмування, таких як LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), при створенні віртуальних випробувальних комплексів, сприяє роботі як розробників так і користувачів. Тому що це не потребує спеціальних знань мов програмування.

Значна бібліотека стандартних функцій обробки сигналів і створення інтерфейсу для користувача, налагоджені драйвери взаємодії з апаратними пристроями, величезна номенклатура самих пристроїв вводу-виводу в сполученні з можливостями сучасних комп'ютерів дозволяють створювати в дуже короткий термін будь-які складні випробувальні комплекси.

Алгоритми, які реалізують названі технології, основані на опрацюванні вимірювальної інформації від датчиків, що встановлені на важливі вузли складних промислових агрегатів. Одними з найбільш поширених сигналів, які використовують при безрозбірній діагностиці, є вимірювальні вібраційні сигнали. На рис. 1 представлені типові реалізації сигналів, отриманих від віброакселерометра АП18, встановленого на трубку паливного насосу високого тиску дизеля Д80 при діагностиці стану паливної системи тепловозів ТГМ4.

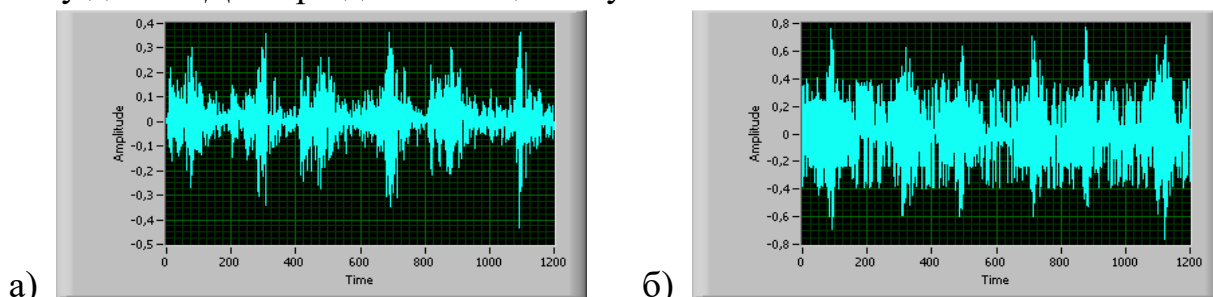


Рисунок 1 – Вібросигнали, робочого (а) та несправного (б) стану форсунок дизельного двигуна

Для визначення типу розподілу вібросигналу (рис. 2), реалізації були оброблені з використанням гістограмного аналізу і подальшим згладжуванням отриманих гістограм за методом найменших квадратів. Після оброблення достатньої кількості гістограм, можна побудувати навчальні сукупності, які будуть відповідати різним технічним станам форсунок.

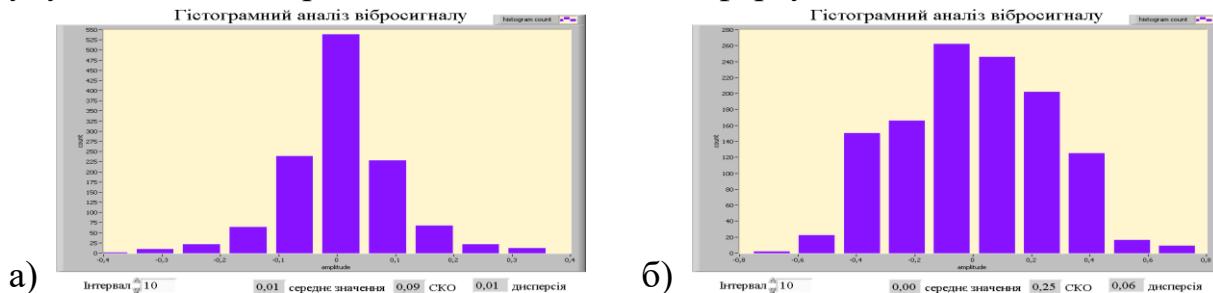


Рисунок 2 – Гістограма розподілу вібросигналу робочого (а) та несправного (б) стану форсунок дизельних двигунів

## РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОПОЧНОЇ

Чумаков Д. В., Трохін М. В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На сучасному етапі розвитку суспільства все більшої актуальності набуває проблема підвищенні економічної ефективності роботи різних видів систем опалення. Це потребує проектування нових вискоефективних, автоматизованих систем керування топочною [1]. Вирішення цієї проблеми не можливе без використання сучасних інформаційних технологій. Тому питання розробки САТ є досить актуальним. На Рис. 1 зображено функціональну схему САТ.



Рисунок 1 – Функціональна схема системи автоматизації топочної

Опис основних блоків САТ: 1. САТ містить у своєму складі блок електрокотла. Це дозволяє збільшити ефективність управління електро-нагрівачами. 2. Управління твердопаливним котлом. Включає в себе управління додатковим циркуляційним насосом ТТК і управління вентилятором. 3. Для управління газовим котлом використовується вхід кімнатного термостата котла і додатковий датчик температури. Забезпечується весь функціонал системи. 4. Автоматичне перемикання між газовим і електричним опаленням при наявності багатотарифного лічильника. 5. Підтримка роботи ГВС. Забезпечує роботу системи гарячого водопостачання з бойлером непрямого нагріву. 6. Автоматичне калібрування під систему опалення і погодозалежне регулювання. Забезпечує необхідну температуру теплоносія в даний момент часу. 7. Вбудований цифровий тижневий програматор. 8. Режим роботи «Зима-Літо». У режимі «Зима» пристрій працює в повному функціоналі. В режимі «Літо» система підтримує задане значення температури ГВП. 9. Функція антибактеріального захисту ГВП. Автоматичний прогрів бойлера до температури понад 65°C один раз в тиждень [1].

### Література:

1. Чумаков Д. В. Локальная система теплоснабжения объектов для антибактериальной защиты / Д. В. Чумаков, Трохін М. В. // МікроКАД, 2017. – С 178 – 179.

## ПОКРАЩЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ КРЕКЕРУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПФЕ

Чуніхіна Т.В., Півень О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Технологічний процес виробництва крекерів, які є підвидом галет або хлібців і вперше з'явилися ще у XVIII сторіччі, передбачає використання соняшникової або соєвої олії для оббризування поверхні. Соєва олія більш стійка до окиснення, ніж соняшникова, але за своєю ціною менш вигідна. Тому було запропоновано використання соняшникової олії з підвищеною окиснювальною стійкістю (шляхом додавання антиоксидантів).

В останній час особливо актуальними є підбір та використання антиоксидантів природного походження на основі лікарсько-технічної сировини.

У роботі ставилася задача вибору рослинної сировини, що містить у своєму складі антиоксидантні речовини, встановлення оптимальних технологічних режимів, які забезпечують антиокиснювальну дію, та розрахунок похибки визначення концентрації антиоксидантів у жирі (олії).

На підставі літературного огляду було вибрано три виду рослинної сировини: кора дубу, зелений чай та листя шавлії. У якості екстрагенту було застосовано водно-етанольний розчин.

Реалізація повного факторного експерименту (ПФЕ) дозволила визначити умови екстрагування, що забезпечують антиокиснювальну дію: температура екстракції 55°C, тривалість процесу 80 хвилин. Також було встановлено, що додавання 1% водно-етанольного екстракту листя шавлії, отриманого при оптимальних умовах, до соняшникової олії збільшує термін зберігання останньої у 1,8 рази.

Наступним етапом дослідження було вивчення антиоксидантної активності екстрактів з кори дуба, зеленого чаю і листів шавлії при застосуванні їх у складі соняшникової олії (фактори ПФЕ:  $x_1$  – водно-етанольний екстракт із кори дубу,  $x_2$  – водно-етанольний екстракт із листя шавлії,  $x_3$  – водно-етанольний екстракт із зеленого чаю; вихідна величина – період індукції), а також виявлення наявності синергічного ефекту суміші екстрактів.

Стійкість соняшникової олії до окиснювального псування в присутності 1% водно-етанольних екстрактів визначали за допомогою волюметричного методу за величиною періоду індукції зразка, що окислювався.

На основі регресійного аналізу було встановлено, що при концентраціях  $x_1 = 0,26$ ;  $x_2 = 0,19$ ;  $x_3 = 0,55$ ; виявлено синергічний ефект між компонентами суміші, що проявляється у підвищенні періоду індукції окиснення соняшникової олії до 76 хв., тобто у 1,8 рази (період індукції соняшникової олії без антиоксидантів складав 40 хв.).

У роботі була розрахована результуюча похибка визначення концентрації антиоксидантів у олії. Її середньоквадратичне значення склало  $\pm 3,4\%$ .

## СЕКЦІЯ 9. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ТА ЕЛЕКТРИЧНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ

### ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ЧЕРТЫ РАЗРЯДА В ГАЗОВЫХ ПУЗЫРЯХ В ЖИДКОСТИ

Бойко Н.И., Макогон А.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Безреагентная энергоэффективная очистка и микробиологическое обеззараживание воды – одна из наиболее актуальных проблем обеспечения нормальной жизнедеятельности человека. Два широко используемых в настоящее время варианта очистки и обеззараживания воды – хлорирование и озонирование имеют ряд существенных недостатков.

Мы разработали новый электрофизический вариант обеззараживания и очистки воды: при помощи разрядов в газовых пузырях в воде (рис. 1). В этом варианте импульсный разряд с частотой следования более 1000 разрядов в секунду осуществляется с высоковольтного острейшего электрода в газовом пузыре на поверхность этого пузыря в толще воды. Затем газовый пузырь (характерный исходный размер газового пузыря  $\sim 1 \text{ см}^3$ ) поднимается к поверхности воды. При подъеме пузырь может быть измельчен для увеличения поверхности соприкосновения с водой. Это позволяет более эффективно перемещать из пузыря в воду активные микрочастицы (электроны, атомы кислорода, гидроксил  $\text{OH}$ , молекулы озона, перекиси водорода и др.). При таком разряде все высокоинтенсивные факторы: активные микрочастицы, широкополосное



Рисунок 1 – Фото разряда в газовом пузыре  
внутри жидкости

излучение, газоразрядная плазма воздействуют на воду во время разряда. После разряда практически все активные микрочастицы попадают в воду, в том числе наиболее короткоживущие и, следовательно, наиболее активные, осуществляя ее очистку и обеззараживание. Это происходит потому, что газовый пузырь после разряда расположен полностью в воде, в отличие от известного варианта обработки воды разрядами через ее поверхность. В

последнем варианте примерно половина наработанных в каждом разряде интенсивных факторов в воду не попадает. Поэтому микробиологически обеззараживающая обработка и очистка воды при помощи разрядов в газовых пузырях приводит к более высоким результатам при меньших удельных энергозатратах.

По сравнению с озонированием больший обеззараживающий эффект и большая степень очистки воды достигается за счет наработки в разрядах в газовых пузырях помимо озона целого ряда факторов, более интенсивных, чем озон. По сравнению с разрядами в жидкости (воде) выигрыш достигается за счет меньших энергетических затрат на разряды в газах, чем в жидкости (воде), устраняется нежелательный электрогидравлический эффект.



## ТЕОРЕТИЧНІ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗБУДЖЕННЯ ЛІНІЙНИХ ІМПУЛЬСНИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Болюх В.Ф., Кочерга О.І.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На даний час використовується ряд систем збудження лінійних імпульсних електромеханічних перетворювачів (ЛЕП), які забезпечують різний характер і тривалість імпульсів струму в обмотках індуктора і якоря. В якості імпульсного джерела використовують ємнісні накопичувачі енергії.

На основі розробленої ланцюгової математичної моделі отримані рекурентні співвідношення для розрахунку взаємопов'язаних електромагнітних, механічних та теплових параметрів ЛЕП [1]. Показано, що електромеханічні показники ЛЕП зі схемою живлення індуктора, яка формує аперіодичний струмовий імпульс збудження, краще, ніж у ЛЕП зі збудженням індуктора однополярним струмовим імпульсом, але гірше, ніж у ЛЕП зі збудженням індуктора коливально-загасаючим струмовим імпульсом. В цьому перетворювачі у процесі роботи найбільш сильно нагрівається індуктор та найменше нагрівається якор. Показано, що у ЛЕП зі схемою живлення індуктора, яка формує аперіодичний струмовий імпульс збудження із підключенням додаткового ємнісного накопичувача, всі електромеханічні показники вище у порівнянні з ЛЕП зі схемою живлення індуктора, яка формує коливально-загасаючий струмовий імпульс збудження. Проведені експериментальні результати з точністю до 7 % збігаються з теоретичними результатами. На рис. показані осцилограми струмів в ЛЕП з аперіодичним імпульсом збудження без і з підключенням додаткового ємнісного накопичувача.

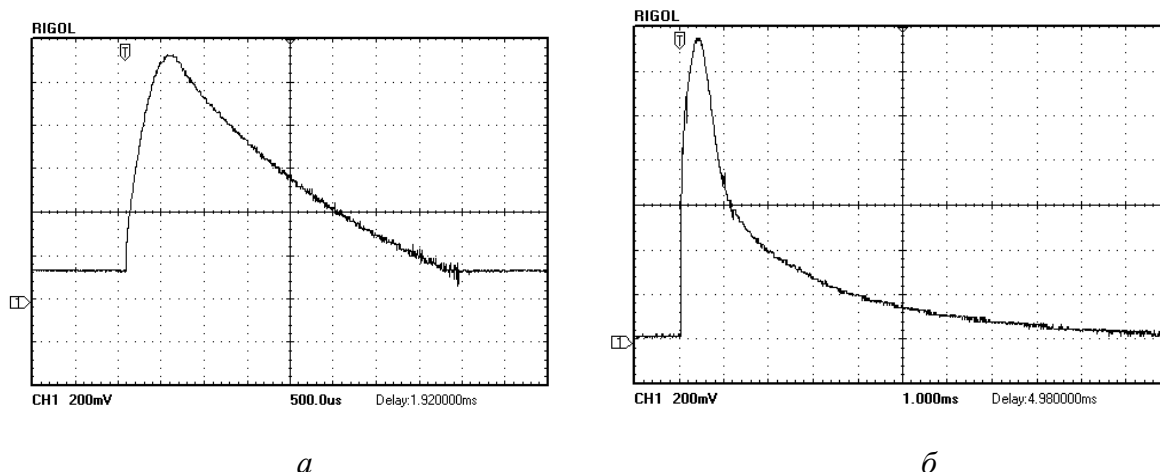


Рис. Осцилограми струмів в ЛЕП з аперіодичним імпульсом збудження без (а) і з (б) підключенням додаткового ємнісного накопичувача

### Література:

1. Болюх В.Ф., Кочерга А.И., Щукин И.С. Исследование линейного импульсно-индукционного электромеханического преобразователя при различных схемах питания индуктора // Электротехника і електромеханіка. – 2018. - № 1. – С.21-28.

## **ЛИНЕЙНЫЕ ИМПУЛЬСНЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА**

**Болюх В.Ф., Кочерга А.И., Щукин И.С.**

*Национальный технический университет*

*«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Наиболее широко применяются линейные импульсные электромеханические преобразователи (ЛИЭП) основных типов: индукционный, электродинамический и электромагнитный. Отличие в основных типах ЛИЭП состоит в конструкции якоря, который обеспечивает передачу силового воздействия на ударный исполнительный элемент. В ЛИЭП индукционного типа электропроводящий якорь (ЭЯ) представляет собой относительно тонкий диск, в котором индуцируются вихревые токи от индуктора, вследствие чего между ними возникает электродинамическая сила отталкивания. В ЛИЭП электродинамического типа катушечный якорь (КЯ) представляет собой многовитковую обмотку, которая последовательно или параллельно соединяется с индуктором. Направление токов в КЯ и индукторе таково, что между ними возникает электродинамическая сила отталкивания. В ЛИЭП электромагнитного типа ферромагнитный якорь (ФЯ) представляет собой относительно толстый диск, на который действует электромагнитная сила притяжения со стороны индуктора. Однако эффективность этих ЛИЭП недостаточно высока.

Одним из путей совершенствования ударно-силовых устройств является разработка ЛИЭП комбинированного типа, объединяющих якоря преобразователей основных типов. В коаксиальном ЛИЭП комбинированного типа ФЯ располагается с одной стороны неподвижного индуктора, а ЭЯ и КЯ – с противоположной стороны. В таком случае можно обеспечить однонаправленное действие электродинамических и электромагнитных усилий на объект воздействия.

Разработана математическая модель линейного ЛИЭП, которая описывает взаимосвязанные электромагнитные, тепловые и механические процессы, имеющие место при быстром перемещении якоря относительно индуктора. Компьютерная модель ЛИЭП реализована в программном пакете *Comsol Multiphysics*.

Установлены особенности протекания электромагнитных процессов и определены электрические, магнитные и силовые показатели ЛИЭП комбинированного типа, включающие КЯ, ФЯ и один или два ЭЯ. Выполнен сравнительный анализ различных ЛИЭП комбинированного типа с использованием критерия эффективности, который в относительном виде учитывает электрические, силовые и полевые (индукция магнитного поля рассеяния) показатели. Установлено, что практически все преобразователи комбинированного типа имеют более высокую эффективность по сравнению с ЛИЭП индукционного типа. Наиболее эффективным является ЛИЭП с двумя ЭЯ и КЯ, который последовательно соединен с индуктором. Этот преобразователь по разным вариантам стратегии оценки в 3-5 и более раз более эффективен, чем ЛИЭП индукционного типа.

## **ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ИМПУЛЬСА ТОКА ВОЗБУЖДЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНО-ИНДУКЦИОННОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

**Болюх В.Ф., Кочерга А.И., Щукин И.С.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Наиболее широко применяются линейные импульсно-индукционные электромеханические преобразователи (ЛИИЭП) коаксиальной конфигурации, в которых ускоряемый якорь бесконтактно взаимодействует с неподвижным индуктором [1]. При возбуждении индуктора от емкостного накопителя энергии (ЕНЭ) в электропроводящем якоре индуцируются вихревые токи. Вследствие этого на якорь действуют электродинамические усилия, вызывающие его аксиальное перемещение. Однако при работе в динамическом режиме с быстрым изменением электромагнитных, механических и тепловых параметров эффективность ЛИИЭП недостаточно высока, что требует новых подходов по улучшению его электромеханических показателей. Одним из путей повышения указанных показателей является формирование необходимых токовых импульсов индуктора за счет схем питания, которые располагаются между ЕНЭ и индуктором.

С использованием разработанной цепной математической модели получены рекуррентные соотношения для расчета взаимосвязанных электромагнитных, механических и тепловых параметров ЛИИЭП при различных формах импульса тока возбуждения, формируемых схемами питания индуктора [2].

Установлено, что электромеханические показатели ЛИИЭП со схемой питания индуктора, формирующей апериодический токовый импульс возбуждения, лучше, чем у ЛИИЭП с возбуждением индуктора однополярным токовым импульсом, но хуже, чем у ЛИИЭП с возбуждением индуктора колебательно-затухающим токовым импульсом. В преобразователе с апериодическим токовым импульсом возбуждения наиболее сильно нагревается индуктор, а наименее сильно – якорь.

Установлено, что в ЛИИЭП со схемой питания индуктора, формирующей апериодический токовый импульс возбуждения с подключением добавочного ЕНЭ, все электромеханические показатели выше по сравнению с ЛИИЭП со схемой питания, формирующей колебательно-затухающий токовый импульс возбуждения индуктора. Однако в этом ЛИИЭП наблюдается повышенный нагрев активных элементов, особенно – индуктора, и происходит снижение КПД.

### **Литература:**

1. Болюх В.Ф., Щукин И.С. Линейные индукционно-динамические преобразователи. - Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing. - 2014. – 496 с.
2. Болюх В.Ф., Кочерга А.И., Щукин И.С. Исследование линейного импульсно-индукционного электромеханического преобразователя при различных схемах питания индуктора // Електротехніка і електромеханіка. – 2018. - № 1. – С.21-28.

## ИНДУКЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО УНИЧТОЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ЦИФРОВОМ SSD НАКОПИТЕЛЕ

Болюх В.Ф., Щукин И.С.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Наиболее надежным способом сохранения важной информации при несанкционированном доступе или при необходимости гарантированного ее уничтожения рассматриваются механические способы, при которых разрушается или необратимо повреждается цифровой накопитель информации (ЦНИ), расположенный внутри или вне компьютера. Электромеханический способ уничтожения информации ЦНИ с использованием индукционно-динамического устройства можно реализовать на работающем или выключенном компьютере за очень короткое время при поступлении сигнала о несанкционированном доступе [1]. В качестве цифровых накопителей информации используются накопители на жестких магнитных дисках (НЖМД), [USB-Flash накопители](#), SSD накопители, оптические диски, карты памяти SD, CF и др. [2].

Наиболее проблематично уничтожить пространственно рассредоточенную информацию в твердотельном SSD цифровом накопителе. Для этого предлагается индукционно-динамическое устройство, у которого индуктор выполнен в виде двух установленных друг напротив друга одинаковых катушек в форме овала. Индуктор зафиксирован относительно плоского цифрового накопителя при помощи скоб, охватывающих их прямолинейные участки. Индуктор с двух противоположных сторон охвачен медными якорями. При разряде емкостного накопителя энергии сформированным токовым импульсом под действием электродинамических усилий индуктор отталкивается от одного якоря, сообщая дополнительную кинетическую энергию второму якорю, который толкает ударный элемент с заостренным бойками в сторону цифрового накопителя энергии (рис.1).

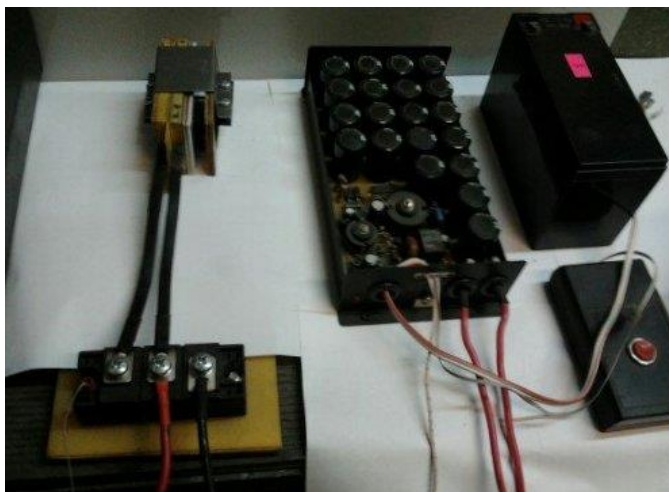


Рис. 1. Индукционно-динамическое устройство в процессе испытаний

### Литература:

- 1.Болюх В.Ф., Марков А.М., Лучук В.Ф., Щукин И.С. Устройство защиты компьютерной информации от несанкционированного доступа на основе индукционно-динамического двигателя // Электротехника і електромеханіка. – 2008. - № 2. – С. 5-10.
- 2.Болюх В.Ф., Щукин И.С. Высокоскоростные импульсные электромеханические и электромагнитные устройства уничтожения информации на цифровых накопителях // Электротехника і електромеханіка. – 2015. - № 5. – С.36-46.

**ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ГРАФОВ ДЛЯ  
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕХАТРОННЫХ  
СИСТЕМ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

**Ватутина А. А., Котляров В. О.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Проектирование мехатронных систем отличается большим разнообразием возможных проектных решений, которые требуют изучения, оптимизации и автоматизации выбора с помощью САПР. Принятое с использованием САПР лучшее решение должно быть обосновано и понятно проектировщику. Необходимость пояснения особенно важна в процессе обучения студентов основам проектирования.

Эффективным средством поиска и обоснования проектных решений является применение в САПР средств искусственного интеллекта. В частности, к таким средствам относятся модели представления знаний. В настоящее время для решения многих задач проектирования актуальными являются такие модели как семантические сети, концептуальные графы, онтологии. В учебном проектировании большие возможности предоставляют концептуальные графы, которые достаточно просты для непосредственного использования начинающими проектировщиками и вместе с тем предлагают широкий набор выразительных средств и методов для описания и автоматического поиска знаний о проектировании.

Для предварительного анализа проектных решений и особенностей их представления в учебной САПР мехатронных систем был выбран узкий класс технических устройств на базе микропроцессорной платформы Raspberry Pi. Целесообразность использования данной платформы зависит от требований к объекту проектирования, целей обучения и других факторов. Из пространства известных проектных решений для ряда задач обучения и требований к мехатронным системам были выбраны наиболее целесообразные технические решения на базе Raspberry Pi. Эти решения представлены в виде концептуальных графов, при этом был определен минимально необходимый набор концептов и отношений между ними, обеспечивающий простоту поиска проектных данных по запрашиваемой учебной теме. Этот поиск был реализован на базе специализированного программного средства CoGUI. Его преимуществами являются простота применения и широкий набор средств, необходимых для представления и поиска проектных решений в образовательном процессе.

В результате проведенных исследований была разработана экспертная система, которая позволяет студентам получить быстрый доступ к необходимым знаниям о проектировании и найти подходящее техническое решение для заданных требований к мехатронной системе.

## **ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ**

**Веселова Н.В., Петренко О.Ю.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Основними та найбільш ефективними напрямками відновлюваної енергетики в Україні є: вітроенергетика, сонячна енергетика та енергія біомаси. Доцільно поєднувати для автономного енергозабезпечення різні види відновлюваних джерел енергії. Комбінована система електрозабезпечення може надавати потужність достатню для забезпечення електроенергією усього приватного будинку. Можливим є використати вітроенергетичну установку (ВЕУ) малої потужності та сонячний фотоелектричний перетворювач (ФЕП), який розміщують на даху будинку. У східній частині України, для забезпечення достатньої кількості електроенергії, необхідно використовувати комбіновані системи з огляду на те, що жоден з ресурсів відновлюваної енергетики не є постійним, а одного сонячного випромінювання, чи вітру буде недостатньо для забезпечення усього дому електроенергією. В сучасних умовах підвищення вартості енергоресурсів і зокрема, цін на електрику, одним з методів вирішення можливості забезпечення країни енергією є застосування ВЕУ середньої і великої потужності у складі вітропарків. А також актуальним є застосування автономних вітроустановок малої потужності для забезпечення потреб приватних господарств і підприємств і віддалених об'єктів.

У більшості недорогих ФЕП використовується аморфний кремній, що дозволяє досягати енергетичної ефективності до 7-11%. У монокристалічних або полікристалічних ФЕП, з яких будують промислові сонячні електроенергетичні системи, ККД 18-22 %. Різниця між монокристалічними та полікристалічними ФЕП складає 1-3% по показнику енергетичної ефективності. Це забезпечується за рахунок того, що полікристалічні пластини фотоматеріалу краще поглинають непрямі та не ортогональні світлові промені (краще сприймають розсіяне та кутове світло). На території приватного будинку достатньо використовувати одну вітроустановку, зазвичай горизонтально-осьову, яка працює за рахунок виникнення явища зриву потоку з лопатей спеціального аеродинамічного профілю або за рахунок зміни площі обмаху вітроколеса. Зміна кута положення лопатей дозволяє керувати рівнем зриву потоку і, відповідно, потужністю вітроустановки під час зміни швидкості вітру або частоти обертання вітроколеса, що дозволить отримати високі показники ККД.

Комбінована система електрозабезпечення найбільш доцільна для реалізації у східній частині України, адже для необхідної кількості енергії недостатньо сонячних батарей на даху будинку, що компенсується ВЕУ. Такий підхід до енергозабезпечення приватних житлових будинків є актуальним та можливим для застосування практично в усіх кліматичних зонах нашої країни.

## ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВИХ ОСЦИЛОГРАФІВ

Вировець С.В., Решетняк О.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

На сьогоднішній день на кафедрі «Електричні апарати» гостро стоїть проблема оновлення лабораторії електричних апаратів. Тому підготовка лабораторного стенду для дослідження технічних характеристик електромеханічного реле за допомогою цифрових осцилографів є дуже актуальною.

Під час виконання роботи було розроблено та виготовлено мобільний лабораторний стенд для проведення дослідження електромеханічного реле, а також розглянуті конструкція, функціональні можливості та особливості застосування цифрових осцилографів *owonVDS2064* та *SigelentSDS1022DL*.

Робота впроваджена у навчальний процес кафедри «Електричні апарати» з навчальної дисципліни «Електричні апарати», що дає змогу студентам ознайомитись з основами роботи з цифровими осцилографами, а також зі схемами підключення цифрових осцилографів для отримування основних характеристик електричних апаратів.

Лабораторний стенд для дослідження технічних характеристик електромеханічного реле за допомогою цифрових осцилографів та його електрична схема зображені на рис. 1.

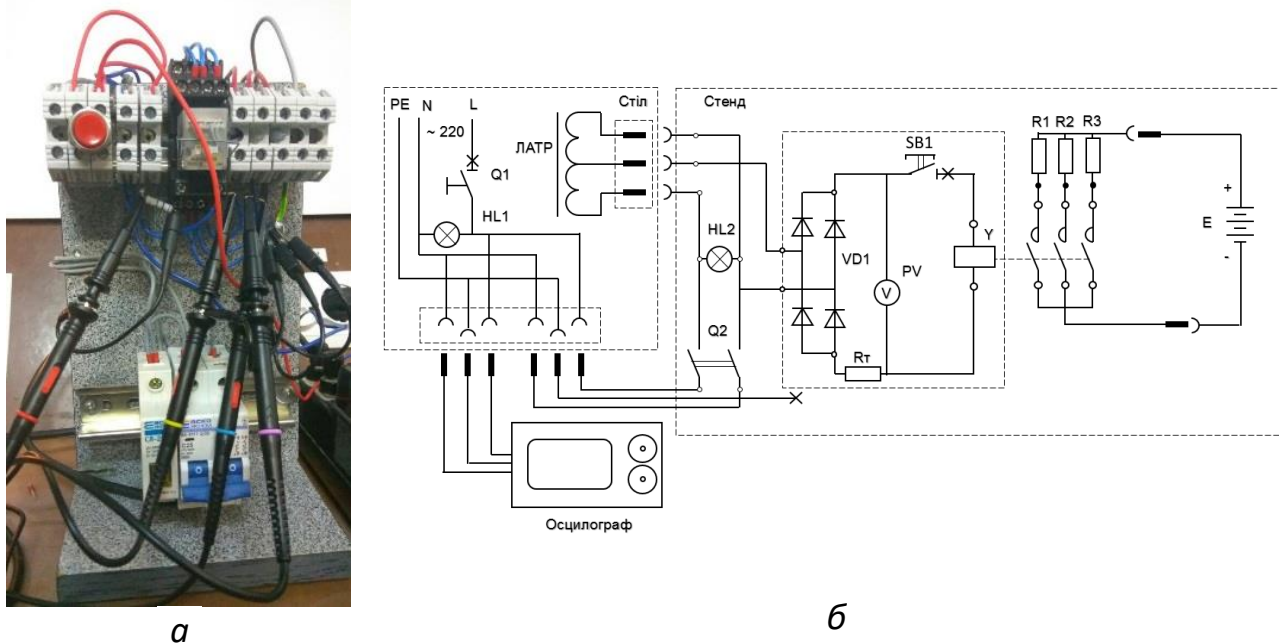


Рис. 1. Лабораторний стенд (а) та електрична схема лабораторного стенду (б)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОМ ДВИГАТЕЛЕ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАТЧИКОВ ПОЛОЖЕНИЯ РОТОРА

Галайко Л.П., Мариноха Д.Л.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Вентильно-индукторные двигатели (ВИД) (в зарубежной литературе Switched Reluctance Motor) начали применяться в различных областях техники сравнительно недавно приблизительно с 1980 года. Их основные преимущества по сравнению с традиционными электрическими машинами простота конструкции, низкая стоимость электромеханического преобразователя и возможность работать в широком диапазоне частот вращения и в различных режимах работы, в том числе и в режиме рекуперативного торможения [1]. Для получения высокого качества этих режимов необходима качественная программа для микропроцессора контроллера, которая должна обеспечить требуемые значения управляющих параметров. Значительное внимание разработчиков ВИД уделяется бездатчиковому управлению для оценки углового положения ротора [2,3]. Бездатчиковое управление обеспечивает непрерывное изменение углов включения и отключения (смотри рис.1), что обеспечивает высокую точность поддержания заданной скорости вращения.

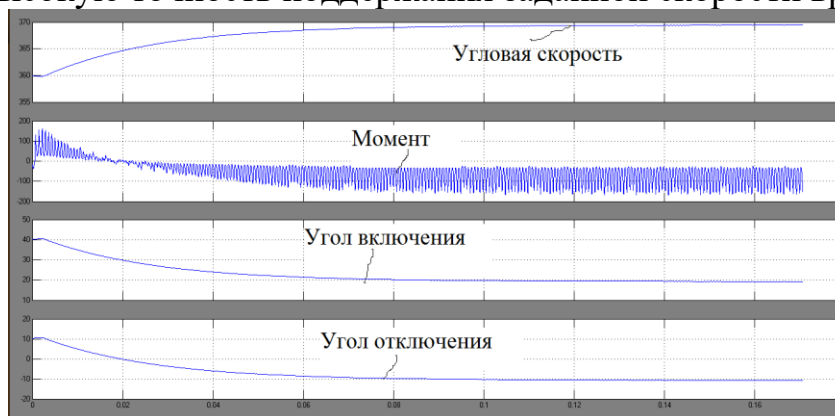


Рисунок 1 – Зависимости угловой скорости, момента, угла включения и отключения от времени в переходном процессе от режима двигателя ( $M=80 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ) к режиму рекуперативного торможения ( $M=-80 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ) при скорости около 360 рад/с (погрешность 2,5%).

### Литература:

1. Галайко Л.П. Анализ режима рекуперативного торможения вентильно-индукторного двигателя рудничного электровоза. / Л.П. Галайко // Вісник Нац. Техн. ун-ту «ХПІ» : зб. наук. п-р.. Сер. : Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2017. – №34 (1256). – С. 38 – 41.
2. Бычков М.Г. Пат. 2 265 959 Российская федерация. Вентильно-индукторный электропривод / Бычков М.Г., Кузнецова В.Н., Фукалов Р.В. – 2003.
3. Syed A. Hossain Four-Quadrant and Zero-Speed Sensorless Control of a Switched Reluctance Motor/ Syed A. Hossain, Igbal Husain, Harald Klode, Avoki M. Omekanda, Suresh Gopalakrishnan // IEEE Transactions on industry Applications. Vol. 39, No. 5, September/October 2003. P. 1343 – 1349.



## **ТРЕХФАЗНЫЙ АИН С СИНУСОИДАЛЬНОЙ ШИМ ДЛЯ АЭРОДРОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ**

**Гиль Н.В., Ивахно В.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Дальнейшее развитие силовой электроники, в частности, появление быстрых полупроводниковых ключей дает возможность повышать частоту преобразования и уменьшать габариты преобразователей. В работе рассматривается трехфазный автономный инвертор напряжения (АИН) с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) для аэродромных источников питания (АИП). Аэродромные преобразователи частоты предназначены для питания бортовой сети самолетов и вертолетов при их предполетном обслуживании в аэропортах. Они включают в себя входной выпрямитель, трехфазный АИН и согласующего трансформатора, а также систему управления. Выходное напряжение АИП - трехфазное синусоидальное 110 В 400 Гц (фазное), номинальная мощность 90 кВт с четырехкратной токовой перегрузкой. Особенностью являются жесткие требования к массе преобразователя и качеству выходной электроэнергии.

Силовой коммутатор каждой фазы АИН строится по мостовой схеме, используются IGBT - модули. В качестве алгоритма управления ключами используется алгоритм двухуровневой (двухполярной) синусоидальной ШИМ для ключей инверторной стойки со сдвигом по фазе импульсов управления ключей стойки на полпериода несущей ШИМ относительно импульсов управления ключами другой стойки (т. наз. поочередное управление или interleaving control). При использовании поочередного управления ключами т повышение повышается вдвое по сравнению с базовой частотой ШИМ частота пульсаций выходного напряжения и, при сохранении базового алгоритма двухполярной ШИМ – исключается режим прерывистых токов в выходной цепи силового коммутатора в режимах, близких к режиму холостого хода.

Силовой фильтр устанавливается между выходом одной фазы АИН и соответствующей фазной обмоткой первичной стороны выходного трансформатора. Такое решение, в отличие от аналогов, где в качестве компонента фильтра используется индуктивность рассеяния трансформатора, позволяет питать трансформатор практически синусоидальным напряжением, радикально снизив добавочные потери в нем.

Предлагается в качестве фильтрового дросселя применить оригинальный дифференциальный дроссель, конструкция которого исключает подмагничивающее влияние низкочастотной составляющей тока инвертора на массогабаритные показатели дросселя. В работе производится имитационное моделирование процессов в АИН в среде МАТЛАБ, а также выбор частоты несущей ШИМ при использовании гибридных IGBT модулей с карбид-кремниевыми обратными диодами, произведен расчет дросселя и сравнение его характеристик с характеристиками при традиционных решениях.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НАДПРОВІДНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

Гончаров Є.В., Поляков І.В., Крюкова Н.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

З відкриттям надпровідності з'явилась теоретична можливість передавати електричну енергію без витрат активної потужності. Однак, достатньо невисокі критичні параметри низькотемпературних надпровідних (НТНП) матеріалів, а також відсутність достатньо потужної і надійної холодильної техніки (температура рідкого гелію) унеможлилювали реалізацію надпровідникової електропередачі. Значні капітальні витрати на НТНП матеріали, прокладання та криостатування кабельної лінії, холодильну техніку, робили НТНП лінії економічно не вигідними.

З появою високотемпературних надпровідних (ВТНП) матеріалів (температура рідкого азоту) розробки надпровідних ліній електропередачі суттєво наблизились до їх впровадження. Силові ВТНП кабельні лінії були визнані в світовій практиці, оскільки вони дозволяють вирішити проблеми передачі великих потоків електроенергії та енергозбереження. Шляхом заміни традиційних силових кабелів надпровідними може бути досягнуте значне збільшення (3–8 разів) потужності розподільних мереж без зміни напруги.

Надпровідний кабель у середині містить пучок мідних проводів. По окружності укладаються ВТНП стрічки провідників 2-го покоління, які являють собою тонке покриття на поверхні підкладки (ВТНП 5 % перерізу проти 40 % для 1-го покоління). ВТНП стрічки укладаються спіраллю, скручуються під кутом – це перший шар (повиву). Поверх цього шару укладається другий шар надпровідних стрічок із протилежним напрямком скрутки. Потім накладається ізоляція товщиною 6–12 мм, і ще приблизно така ж кількість надпровідних стрічок (надпровідний екран). Поверху накладається мідний екран – це захист надпровідника. Цей кабель упаковується в криостат – довгу гнучку подвійну трубу з гофрованої нержавійки, де внутрішня труба, по якій прокачується рідкий азот, обмотана так званою суперізоляцією, а між двома трубами відкачане повітря (високовакуумна термоізоляція).

Основною перевагою ВТНП лінії електропередачі є її здатність при температурі 65–70 К передавати високі потужності (більше 1 ГВА) з мінімальними електричними втратами при напругах 64–128 кВ, за рахунок високої критичної щільності струму ( $j_k > 100 \text{ А/мм}^2$  у порівнянні 1–2  $\text{А/мм}^2$  у звичайних металевих кабелях). При відстанях більше 2–3 км передача енергії по ВТНП кабелях є вже менш ефективною через втрати на змінному струмі. У зв'язку з цим розробка ВТНП ліній на постійному струмі є досить економічно обґрунтованою.

Таким чином, основні переваги силових ВТНП кабелів – це високе струмове навантаження при напрузі 10–20 кВ, що дає значну економію капітальних витрат і міських земельних ресурсів за непотрібністю проміжних підстанцій, малі втрати потужності, екологічна чистота (відсутність масел, мінімальний електромагнітний і тепловий вплив), високий рівень пожежної безпеки.

## МІКРОКОНТРОЛЕРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

Грищук Ю. С., Олійников А.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглянуті питання розробки стенда, з вимірювальним блоком HCPL788J та з високопродуктивним і з наднизьким енергоспоживанням (напруга живлення 3 В), 16-ти розрядним мікроконтролером (МК) MSP430, для автоматизації випробувань та досліджень захисних електричних апаратів на постійному струмі, а саме, плавких запобіжників і автоматичних вимикачів, та його структурної схеми (рис.1) і алгоритму роботи.

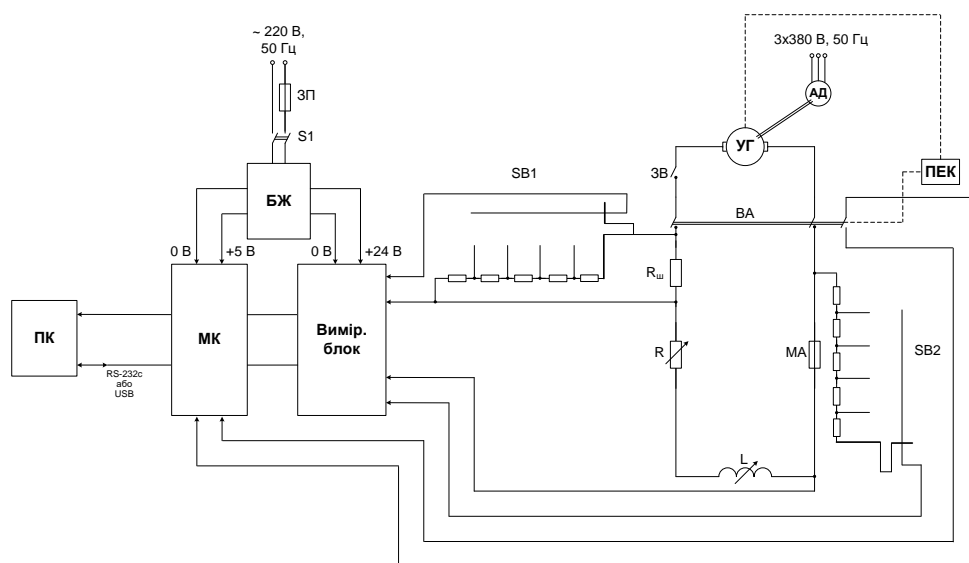


Рис.1– Схема стенду для досліджень електричних апаратів на постійному струмі.

Силове коло стенду складає ударний генератор (УГ) ( $U_n = 880 \text{ В}$ ,  $I_{уд} = 70 \text{ кА}$ ), регульовані реактори  $L$ , регульований опір  $R$ , захисний вимикач (ЗВ), вмикаючий апарат (ВА), дослідний макет апарата (МА). Проведення досліджень здійснюється за допомогою пульта електронного керування (ПЕК), (МК) та вимірювального блоку (ВБ) з гальванічною розв'язкою, куди з перемикачів SB1 і SB2 подаються сигнали масштабованих струму та напруги. Напруга до МК та ВБ подається з блоку живлення (БЖ), який подає на ВБ напругу 24 В.

ВБ має 3 входи по нарузі як змінною так і постійною та дозволяє вимірювати напругу в діапазоні від +750 В до -750 В і 3 входи для вимірювання струму за допомогою безіндуктивних шунтів в діапазоні від +250 мВ до -250 мВ. Сигнали з силової схеми надходять до ВБ, а з нього подаються в МК і через RS-232C надходять до комп'ютера (ПК), який може змінювати режими випробувань або досліджень та обробляти, відображати і документувати отримані результати.

Стенд дозволяє автоматизувати та скоротити терміни проведення комутаційних досліджень, підвищити точність вимірювань і знизити їх вартість.

## ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ СТАНКА С КОМПЕНСАЦИЕЙ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Демченко Д.С., Худяев А.А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Цель магистерской квалификационной работы (МКР) является синтез, анализ и сравнительная оценка эффективности высокоточного итерационного двухканального электропривода (ЭП) механизма подачи (МП) с двумя винтовыми парами (ВП), учетом обобщенной динамической модели (ОДМ) и условного компенсатора (УК) процесса резания (ПР) применительно к подаче рабочего органа (РО) прецизионного координатного металлорежущего станка модели 24К70АФ4. Теоретические положения МКР базируются на результатах работ [1, 2].

Структурно-алгоритмическая схема предлагаемого двухканального ЭП подачи с двумя ВП и СПР-настройкой каналов управления, построенная с учетом ОДМ ПР, модели оператора УКПР и влияния нелинейности трения в МП станка, показана на рис. 1.

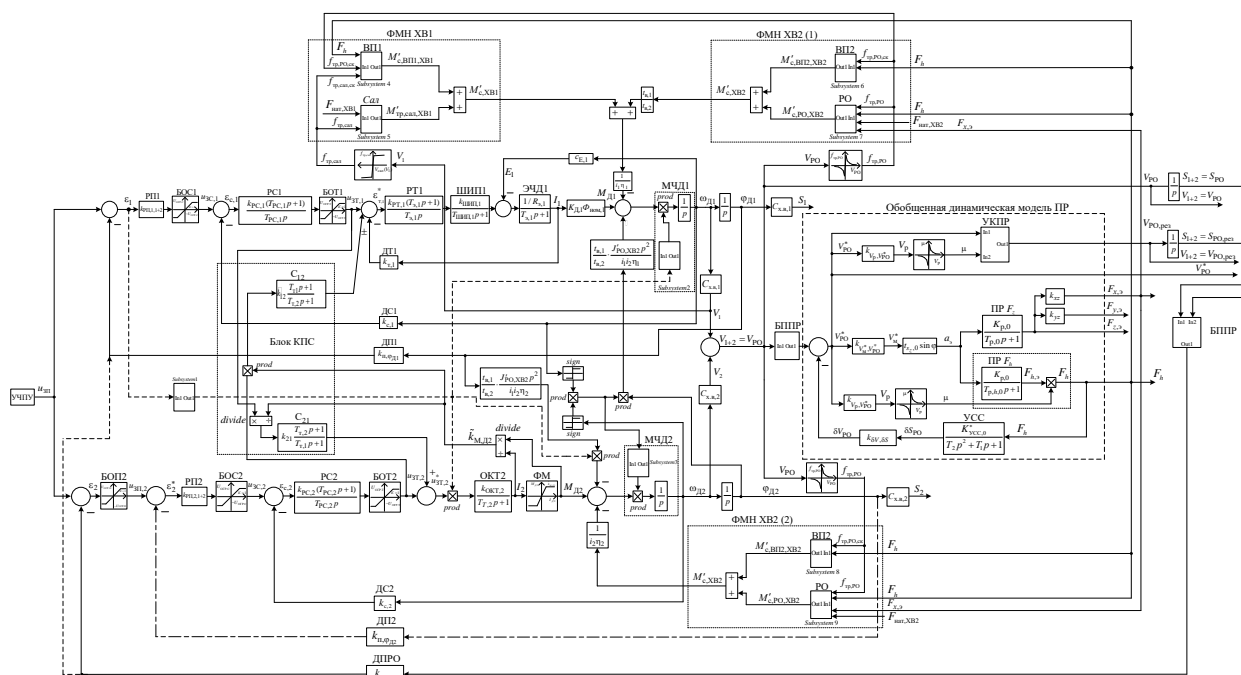


Рис. 1– Структурно-алгоритмическая схема предлагаемого ЭП МП

### Литература:

1. Худяев А. А. Математическая модель движения итерационного двухканального электропривода подачи с двумя винтовыми парами / А.А. Худяев // Сб. научных трудов «Вестник НТУ «ХПИ». Тематич. вып. – 2015. – №12 (1121). – С. 83–88.
2. Худяев А. А., Голобородько С. В. Математическая модель итерационного двухканального электропривода подачи станка с учетом нелинейности процесса резания / А. А. Худяев, С. В. Голобородько // Сб. научных трудов «Вестник НТУ «ХПИ». Тематич. вып. – 2017. – №27 (1249). – С. 160–164.

## **ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ДИНАМИЧЕСКУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ ДКР**

**Дунев А.А., Егоров А.В., Масленников А.М.,  
Юхимчук В.Д., Москаленко В.Ю.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Динамическая характеристика любого двигателя зависит от параметров механической части, начальных условий, внешних возмущающих воздействий. Исследование механической части основывается на движении ротора. В двигателе с катящимся ротором (ДКР) оно обусловлено наличием силы одностороннего магнитного притяжения (СОМП) и механическим контактом между статором и ротором. Как известно, все динамические процессы в любом электродвигателе возникают из-за двух взаимосвязанных форм движения – электромагнитной и механической. Поэтому возникает необходимость рассмотрения вопроса сочетания массы ротора с вращающим моментом на валу двигателя и его частоты вращения. Совокупность этих трех факторов и определяет динамическую характеристику ДКР.

Эти двигатели имеют свою классификацию и различаются по десяти признакам. Среди этого многообразия стоит выделить ДКР с конструктивным выполнением расположения ротора внутри двигателя и дискретным движением. Такое движение ротора возможно благодаря системе управления и поочередной подаче униполярных импульсов напряжения на катушки обмотки статора. Для проведения эксперимента сделано два ротора с толщиной стенки 12 мм и 6 мм. Для создания максимального вращающего момента выбрана частота вращения ротора 0,1 об/мин. При такой частоте вращения коэффициент трения качения приближается к коэффициенту трения покоя (0,8). Увеличение частоты вращения магнитного поля через увеличение частоты подачи импульсов напряжения до 7 Гц привело к снижению вращающего момента и выпадению ротора из синхронизма. Это объясняется тем, что растет влияние момента инерции ротора, а также уменьшения коэффициента трения качения. Эти факторы приводят к тому, что условие движения ротора без проскальзывания не выполняется [1]. При уменьшении толщины ротора до 6 мм, уменьшился его собственный момент инерции, что дало возможность повысить частоту подачи импульсов до 15 Гц при устойчивом движении ротора. Однако вращающий момент двигателя уменьшился вдвое при частоте подачи импульсов напряжения 0,5 Гц. Поэтому при проектировании ДКР толщина и вес ротора играют основополагающую роль.

### **Литература:**

1. Дунев А.А. Определение зоны устойчивой работы двигателя с катящимся ротором на основании объемного численного моделирования электромагнитных процессов: автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.09.01 / Харьковский политехнический институт. – Х. 2015. – 21 с.

## **СОВРЕМЕННЫЙ ДВУХОСЕВОЙ ТРЕКЕР СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ**

**Замаруев В.В., Гречуха В.Р., Силади В.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Тенденция использования возобновляемых источников энергии дает толчок развитию как непосредственно генерирующих объектов – солнечных элементов и панелей, ветрогенераторов и др., так и сопутствующих элементов – несущих конструкций, преобразователей и накопителей электрической энергии, систем управления и позиционирования. Простейшие солнечные электростанции с фиксированным положением панелей остались лишь в сегменте начального уровня и в варианте, монтируемом на крышу. Современные солнечные электростанции имеют одноосевые или двухосевые устройства слежения за положением солнца – трекеры. Использование трекеров позволяет увеличить эффективность применения солнечных панелей на 25–35%. Двухосевой трекер позволяет изменять положение плоскости солнечной панели. Базовая конструкция трекера имеет вертикальную ось вращения и соответствующий привод, изменяющий ориентацию панели по азимуту и горизонтальную ось вращения, позволяющую изменять угол наклона солнечной панели. Конструкция имеет ряд недостатков, связанных как с разработкой и изготовлением редукторов вертикальной оси, так и с ограничением угла поворота, как правило, по азимуту. Упрощение конструкции двухосевых трекеров с одновременным расширением их функциональности привело к созданию системы, использующей для фиксации солнечной панели шаровой шарнир. Изменение положения панели производится изменением положения точек, лежащих на взаимоперпендикулярных осях панели при помощи тросовой передачи. Поворот панели вокруг точки крепления не производится.

Определить положение солнечной панели можно при помощи трехосевого акселерометра. Поскольку панель наклоняется, но не вращается, то ее ось однозначно ориентирована. Положение оси панели может быть задано при ее монтаже, но целесообразно использовать динамическое определение направления оси при помощи трехосевого электронного компаса. Имея данные о проекциях ускорения свободного падения и направления оси в системе координат панели, можно задать направление панели по азимуту от 0 до 360° со склонением от минимального до 90°. Определить азимут и склонение солнца можно при известных координатах установки и времени суток. Эта информация доступна при использовании GPS. Слежение за солнцем осуществляется по вычисляемой траектории с обратной связью по положению панели. При необходимости учета динамических параметров солнечной панели, в датчик положения целесообразно ввести трехосевой гироскоп. Интегральные решения, включающие трехосевые: гироскоп, акселерометр и электронный компас – 9D-датчик на основе микроэлектромеханических систем, широко распространены и легко сопрягаются с современными микроконтроллерами.

## МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ДЛЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Замаруев В.В., Корпич Д.О.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Применение в технологических установках систем очистки, активации химических реакций и др. пьезоэлектрических ультразвуковых излучателей (ПИ) мощностью единицы киловатт приводит к необходимости уточнения законов управления преобразователем, который питает данный излучатель. Большинство систем управления преобразователями для маломощных ПИ базируются на принципах ФАПЧ и поддерживают нулевой фазный сдвиг между током ПИ и приложенным к нему напряжением. Данный подход применим к ПИ малой мощности, состоящих из одной-двух пьезокерамических шайб. Влиянием собственной емкости ПИ  $C_k$  (рис. 1) на частоте механического резонанса (цепь  $Z_{кз}$ ) для маломощных ПИ можно пренебречь. Собственная емкость мощных ПИ, состоящих из десятков пьезокерамических шайб, на частоте механического резонанса вносит значительный фазный сдвиг между током и напряжением ПИ. Поддержание нулевого фазного сдвига приводит к отклонению рабочей частоты ПИ от резонансной. Для определения резонансной частоты мощных ПИ необходимо измерение активной мощности, потребляемой ПИ, что соответствует косвенному измерению акустической мощности ПИ с учетом его КПД. Изменение частоты преобразователя производится с целью получения максимальной мощности – поиск экстремума.

Простейший способ определения активной мощности – суммирование произведений мгновенных значений тока и напряжения ПИ на периоде повторяемости. Одновременность измерения обеспечивается использованием микроконтроллера (МК) с двумя независимыми АЦП. Для систем с рабочей частотой ПИ – 20-40 кГц быстродействия младших МК STM32 недостаточно. Если использовать факт синусоидального характера тока и напряжения ПИ и простоту реализации датчиков перехода сигнала через ноль, то вычисление мощности может быть осуществлено при использовании значений фазного сдвига между током и напряжением ПИ и измерении их амплитуд. Определение значений косинуса угла сдвига и моментов измерения амплитуд сигналов сводится к измерению и формированию временных интервалов. Все вычисления при соответствующем масштабировании могут быть сведены к целочисленным, что позволяет применить в системе управления МК STM32F1x.

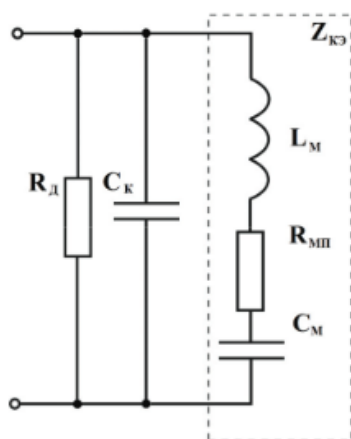


Рисунок 1 – Эквивалентная схема пьезоэлектрического излучателя

## АНАЛИЗ СВОЙСТВ НЕЛИНЕЙНЫХ ДВУХМАССОВЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РЕЖИМЕ СРЫВНЫХ ФРИКЦИОННЫХ АВТОКОЛЕБАНИЙ ПРИ МОДАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ

Киндала Франсиско, Асмолова Л.В.  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков

В промышленных механизмах, в частности, в металлообрабатывающих станках, где имеет место трение между инструментом и обрабатываемой деталью, а так же при работе на низких скоростях скольжения в направляющих станка возникают срывные фрикционные автоколебания, затрудняя плавное перемещение инструмента в строго заданное положение, что снижает точность и качество обработки поверхности детали. Устранение этого возможно, снабдив систему модальным регулятором, построенным на основе суммирования обратных связей по вектору состояния и при соответствующем подборе их значений, получить желаемые характеристики объекта управления относительно исходных координат.

Целью работы является составление математических моделей двухмассовой электромеханической системы с упругой кинематической связью в структурном виде, построенной по принципу модального управления с учетом нелинейной характеристики трения и без нее; оценить качество динамических процессов регулирования координат путем анализа результатов имитационного моделирования в среде MATLAB.

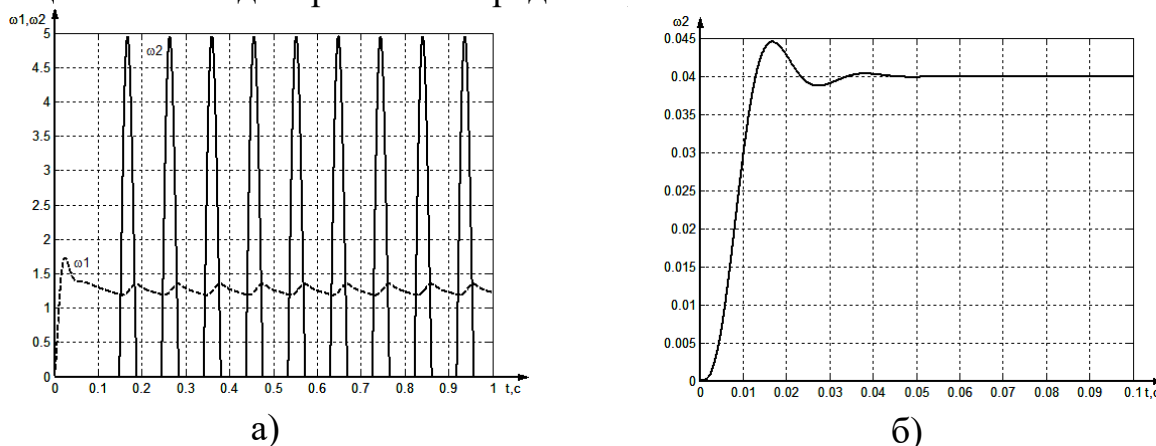


Рисунок 1 – Переходные процессы ЭД и рабочего органа в двухмассовой ЭМС без учета нелинейной характеристикой трения (а) и СМУ (б) при разных скоростях подачи

### Литература:

1. Клепиков В.Б., Асмолова Л.В. К применению модального управления в электромеханических системах при «срывных» фрикционных автоколебаниях // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. – вип. 30. – С. 51-54.



## **НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ**

**КИРИЛЕНКО Я.А., ОБРУЧ И.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Тенденция повышения рабочих скоростей в промышленности уже привела к тому, что механические, гидравлические и пневматические передачи стали узким местом в некоторых машинах. Исключение передач при использовании электропривода поступательного и возвратно поступательного движения на линейный двигатель может решить эти проблемы.

Во-первых, такие машины позволяют кардинально изменить структуру кинематических передач электропривода путем интеграции собственно машины с рабочим органом установки.

Второй причиной интереса к линейным двигателям является то, что с точки зрения математического описания они являются наиболее общим случаем индукционного электромеханического преобразователя энергии. Модель таких машин позволяет исследовать некоторые несимметричные режимы обычных вращающихся двигателей, в ряде аварийных и незапланированных ситуациях.

Наконец, следует иметь виду, что линейный двигатель всегда является лишь частью электромеханической и рассматриваться как объект управления.

Большинство областей применения линейных двигателей характеризуются высокой точностью и устойчивостью к внешним воздействиям. Для улучшения характеристик линейного двигателя в области малых сигналов и подавления влияния нелинейных факторов применение адаптивного регулятора в системе управления поможет добиться требуемых показателей качества технологического процесса.

Нейросетевые подходы хорошо зарекомендовали себя при решении задач адаптивного управления. Особенно актуально применение таких методов при управлении объектом, чья структура и параметры являются неопределенными. В этом случае нейросетевой регулятор позволяет сократить сроки и стоимость проектирования, так как нет необходимости решать задачу идентификации и устранять влияние неопределенности при соответствующем обучении.

Структуру электропривода состоящая из линейного двигателя и нейросетевого контролера открывает новые возможности в разворачивание новых техпроцессов и модернизации производства.

## **РАСШИРЕНИЕ АССОРТИМЕНТА ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

**Киселев В.М., Осичев А.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Курсовое проектирование в технических специальностях на пятом курсе предполагает исполнение проектов в ходе работы, приближенной к деятельности инженера проектной или производящей организации. К вполне доступным для студентов элементам организации такой работы отнесем повышенную самостоятельность принятия решений, широкое использование интернет-ресурсов на всех этапах проектирования взамен жесткой колее методических указаний, необходимость командной работы. Однако такой подход требует и большего участия преподавателя в качестве консультанта-специалиста и организатора проектирования. Указанные приемы построения курсового проектирования более пяти лет назад были внедрены в учебный процесс кафедры. Защита курсового проекта проходит в форме публичного десятиминутного доклада с мультимедийным проектором.

Содержание курсового проекта включает самостоятельный выбор студентом механизма и электропривода по данным сайтов заводов-производителей, выбор асинхронного двигателя, современного преобразователя (тиристорного или транзисторного) и другого электрооборудования, расчет его параметров и выполнение виртуального моделирования системы в пакете SimPower-Matlab. Здесь у студентов имеется достаточно свободный выбор типов оборудования. Отдельной задачей является анализ возможностей параметризации программируемого логического контроллера Simatic S7-300, который в этом же семестре студенты осваивают на лабораторных работах в классе микропроцессорного электропривода кафедры. Вместе с тем, у ряда студентов, к этому моменту, уже имеются навыки программирования некоторых других контроллеров, и для них целесообразно разработать методические указания к применению в курсовом проекте, например, весьма популярного контроллера Zelio фирмы Schneider Electric. Этой задаче посвящен развернутый материал доклада на конференции.

Материал доклада содержит краткую информацию о функциональных возможностях и технических характеристиках Zelio, доступных языках программирования (авторы рекомендуют применять язык Ladder Diagram (LAD), используемый при программировании Simatic S7-300 в лабораторных работах), среде программирования Zelio Soft (аналогичной Step7 фирмы Siemens). Затем дана ориентировочная оценка удобства стыковки контроллера Zelio и другого ранее выбранного оборудования в курсовом проекте. Заводское интернет-описание контроллера Zelio выполнено на русском языке, что позволяет студентам решить задачу проектирования в сроки, предусмотренные учебным планом для выполнения курсового проекта.

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РЕКУПЕРАТИВНЫХ РЕЖИМАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

### ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ С СУПЕРКОНДЕНСАТОРНОЙ БАТАРЕЕЙ

Клепиков В.Б., Семиков А.В., Ротару А.В.

*Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков*

Одним из преимуществ электромобиля (ЭМБ) перед автомобилем (АМБ) с двигателями внутреннего сгорания является возможность возврата энергии в тормозных режимах. Такие рекуперативные режимы имеют место при снижении скорости, остановке, а также спуске под уклон.

В 2015 году на кафедре «АЭМС» НТУ «ХПИ» для учебных и научных целей при подготовке магистров и аспирантов был создан ЭМБ на базе АМБ «Ланос». Его электропривод (ЭП) включает в себя: широтно-импульсный преобразователь на полевом транзисторе (Т1), шунтированном встречным диодом (Д1), электродвигатель (ЭД) постоянного тока с постоянными магнитами и последовательно включенным дросселем, параллельно которым включен транзистор (Т2) шунтированный встречным диодом (Д2), микропроцессорную систему управления (МКУ). Источник питания выполнен в виде аккумуляторной батареи (АБ) и подключенной к ней через диод (Д3) суперконденсаторной батареи (СКБ).

В настоящих тезисах описана сущность теоретически и экспериментально исследованных процессов, протекающих при рекуперации энергии.

В установленном двигательном режиме периодическая коммутация Т1 вызывает подачу от АБ импульсов напряжения, в течение которых ток якоря  $i_{я}$  нарастает, а при выключенном Т1 – спадает, изменяясь в некоторых пределах относительно заданного управлением среднего значения, определяющего тяговый момент ЭД.

Переход к режиму торможения осуществляется выключением Т1, и переходом Т2 в режим периодического замыкания-размыкания с частотой  $f_k = 20$  кГц. На начальном этапе ток  $i_{я}$  во время замкнутого состояния Т2 под действием встречно направленной ЭДС спадает до нуля, а затем меняет направление на противоположное  $i_{ят}$ , создавая тормозной момент  $M_T$ . Значение  $M_T$  задаётся управлением величиной тока  $I_T$ , в свою очередь, определяемой положением педали акселератора и соответствующей продолжительностью включенного состояния Т2.

Тормозной ток, достигший в индуктивности якорной цепи  $L_{я}$  к моменту выключения Т2 значения  $I_{тк}$ , после выключения начинает протекать через диод Д1 и СКБ, отдавая ей за импульс энергию  $\Delta W_{p1} = L_{я} \frac{I_{тк}^2 - I_{mn}^2}{2}$ , где  $I_{тн}$  – тормозной ток к моменту следующего замыкания Т2. При этом за каждый импульс напряжение на СКБ повышается на величину  $\Delta U_{сн} = \frac{I_T}{Cf_k}$ . Таким образом, в течение каждого периода замыкания-размыкания Т2 осуществляется преобразование электромагнитной энергии, запасённой в индуктивности якорной цепи, в энергию электрического поля, накопленную в СКБ.

В соответствии с закон сохранения энергии энергетической первоосновой является механическая энергия: кинетическая – при снижении скорости

$$\Delta W_{к1} = m \frac{V_1^2 - V_2^2}{2} \text{ и потенциальная – при движении под уклон } \Delta W_{п} = mg\Delta h .$$

Конечно, в пределах одного периода коммутации происходит крайне малая подзарядка СКБ, однако, учитывая, что частота равна 20 кГц, в течение времени торможения батареи возвращается существенное значение энергии.

Результаты исследований показывают, что за счет рекуперации в стандартных режимах городского цикла экономия электроэнергии может достигать 17...22%.

## КВАЗІБІСТАБІЛЬНИЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТ ДЛЯ АКТУАТОРІВ ВАКУУМНИХ АПАРАТІВ СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ

Клименко Б.В., Варшамова І.С., Гречко О.М., Антоніо Діланге да Грас  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Квазібістабільний електромагніт (рис. 1а) на відміну від інших типів електромагнітів дозволяє чітко фіксувати рухомі частини комутаційного апарата на упорі при виконанні операції вимикання, оскільки фіксація рухомих частин забезпечується не тільки за рахунок поворотних пружин, а й за рахунок електромагнітних сил, створюваних електромагнітом.

У роботі були проведені дослідження динамічних процесів за допомогою цифрового двопробеневого осцилографа у вакуумному контакторі середньої напруги, у якому було застосовано актуатор з квазібістабільним електромагнітом з двома обмотками – вмикання та вимикання.

В установці застосовано потенціометричний датчик руху, сигнал на виході якого пропорційний переміщенню движка датчика, механічно пов'язаного з валом, до якого кріпиться шток електромагніта із закріпленням на ньому якорем. Для встановлення датчика було використано деталі виготовлені на 3D принтері.

Дослідна установка представлена на рис. 1б. На рис. 1в,г наведені осцилограми струмів  $i$  в обмотках електромагніта ( $i_i$  та  $i_o$ ) й переміщення  $s$  якоря при виконанні операцій вмикання та вимикання контактора. Осцилограма переміщення  $s$  якоря при виконанні операцій вимикання контактора показує, що в запропонованій конструкції електромагніта якір чітко приходить на упор і магнітна система надійно утримується в розімкненому стані, не допускаючи відскоків рухомої частини контактора від упору.

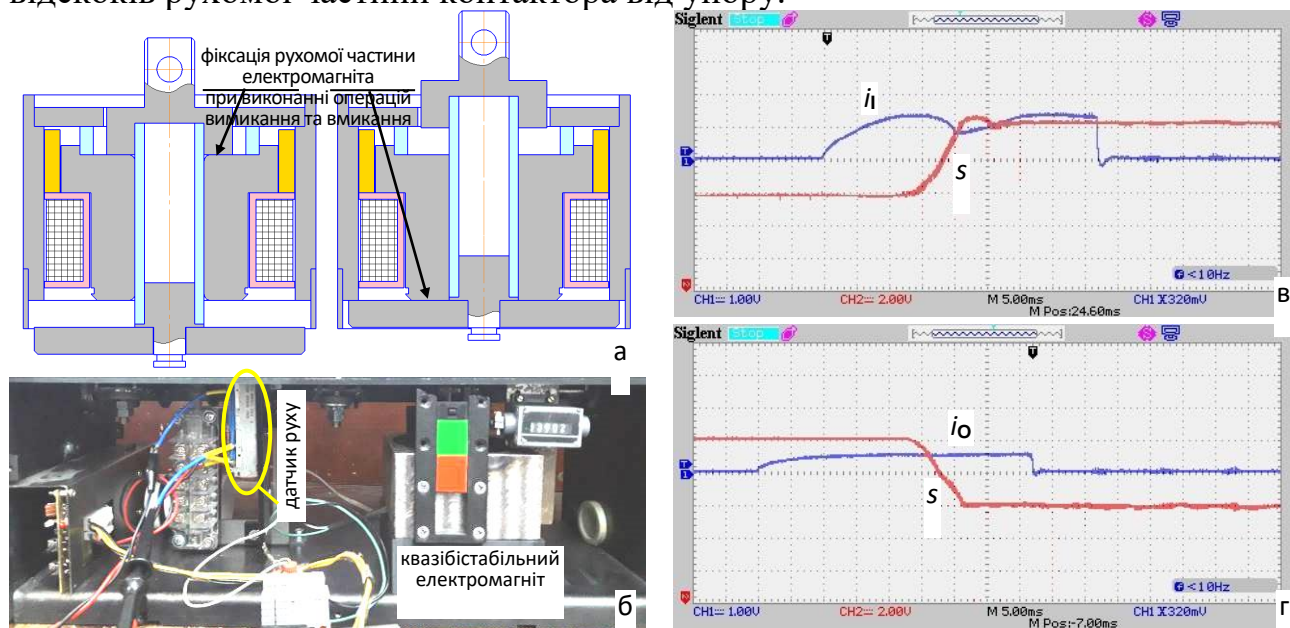


Рис. 1. Ескіз квазібістабільного електромагніта (а), дослідна установка (б), осцилограми струмів  $i_i$ ,  $i_o$  в обмотках вмикання й вимикання, а також переміщення  $s$  якоря при виконанні операцій вмикання (в) та вимикання (г) контактора

## ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ АПАРАТІВ РІЗНИЦЕВИХ СТРУМІВ (RCD)

Клименко Б.В., Вязментин М.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Дана робота виконана в рамках програми переобладнання навчальної лабораторії кафедри «Електричні апарати» із застосуванням сучасної апаратури та вимірювального обладнання, придбаного за рахунок гранту від фонду Олександра фон Гумбольдта – у роботі досліджуються RCD провідних виробників за допомогою цифрових двопробневих осцилографів. В ході виконання цієї роботи було розроблено та виготовлено мобільний лабораторний стенд для проведення дослідження апаратів різницевого струму функціонально залежних та функціонально незалежних від джерела живлення. Завдяки відкритій компоновці стенду досліджувані апарати різницевого струму можуть бути легко замінені іншими.

Роботу впроваджено у навчальний процес кафедри «Електричні апарати» як складову лабораторного практикуму з навчальної дисципліни «Електричні апарати», що сприяє забезпеченню якості освіти завдяки сучасному обладнанню та наочному дослідженню студентами апаратів різницевого струму.

Дослідна установка та результати експериментального дослідження часо-струмових характеристик функціонально залежних та незалежних RCD з номінальним різницевою струмом спрацьовування  $I_{\Delta n} = 30$  мА представлені на рис. 1.

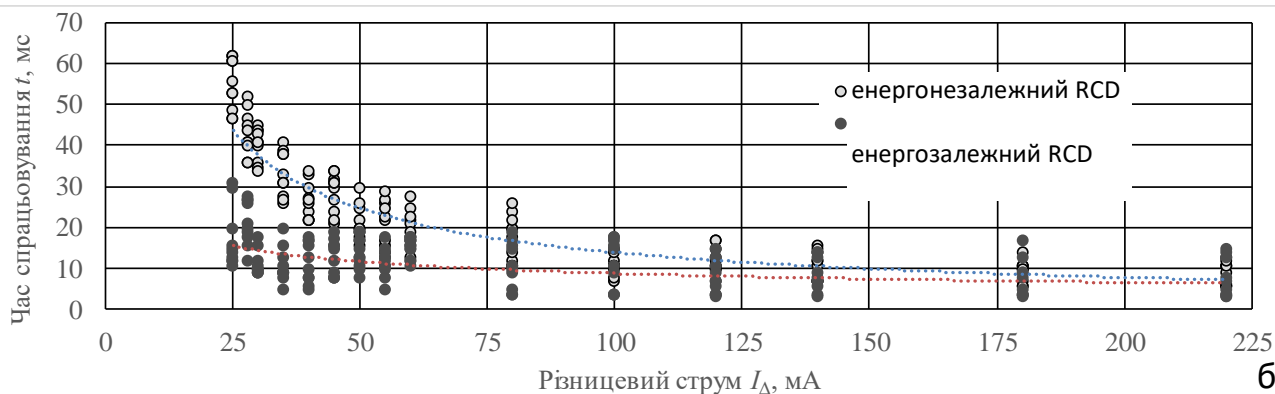
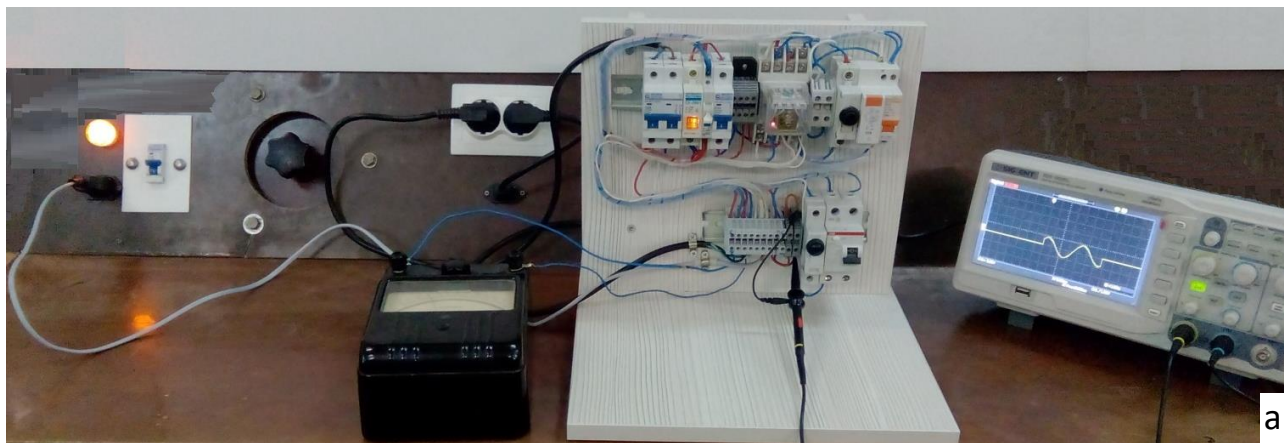


Рис. 1. Дослідна установка (а) та результати експериментального дослідження часо-струмових характеристик енергонезалежних та енергозалежних RCD (б)

## ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ ОБМОТКОЮ АКТУАТОРА ВАКУУМНОГО КОНТАКТОРА

Клименко Б.В., Лелюк М.А.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Вакуумні контактори широко застосовуються у різних галузях промисловості. Відомі способи керування обмотками актуаторів таких контакторів, які використовують форсовані електромеханічні та мікропроцесорні пристрої. В цих пристроях застосовуються або актуатори з декількома обмотками або однообмоткові актуатори з керуванням за допомогою мостової схеми, утвореної чотирма силовими IGBT транзисторами. Недоліком відомих електромеханічних пристроїв є наявність розмикаючого контакту, який під час експлуатації піддається зносу та зварюванню, а при зниженні напруги живлення тягне за собою перегрівання котушок електромагніта та вихід їх з ладу. Використання чотирьох силових транзисторів в системі з мікропроцесорним керуванням суттєво підвищує вартість пристрою.

Для усунення цих недоліків пропонується використання гібридного пристрою керування, який засновується на використанні інтерфейсного реле з двома перемикаючими контактними групами та одного силового транзистора (рис. 1). Це дає змогу об'єднати переваги комутації кіл за допомогою механічних і напівпровідникових комутаційних елементів.

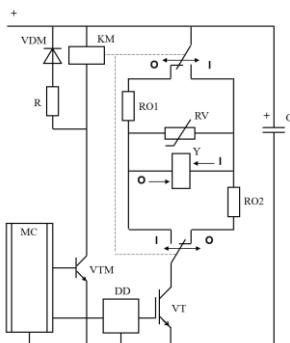


Рисунок 1 – Гібридний пристрій керування

У даному гібридному пристрої керування комутацію струму в обмотці виконує лише один силовий транзистор, а перемикання кіл вмикання та вимикання обмотки здійснює інтерфейсне реле у паузі струму. При цьому для запобігання зварювання контактів необхідно, щоб процес перемикання реле здійснювався після завершення деренчання його контактів. Для конкретних типів реле експериментальним шляхом були визначені значення часових пауз між моментами комутації силового транзистора та реле, які гарантують запобігання зварювання контактів за рахунок їх деренчання.

Результати експериментальних досліджень на прототипах декількох контакторів підтвердили можливість використання інтерфейсних реле в гібридних пристроях керування електромагнітними актуаторами контакторів.

## ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДУКЦІЙНО-ДИНАМІЧНИХ МЕХАНІЗМІВ

Клименко Б.В., Литвиненко В.В., Душенко С.В.

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Робота виконана в рамках програми переобладнання навчальної лабораторії кафедри «Електричні апарати» із застосуванням сучасної апаратури та вимірювального обладнання – у роботі досліджується індукційно-динамічний механізм (ІДМ) за допомогою цифрового чотирьохканального осцилографа OWON, ноутбуку та спеціального програмного забезпечення. В ході виконання роботи було розроблено та виготовлено мобільний лабораторний стенд для проведення дослідження ІДМ, який може бути застосований в якості актуатора електричних апаратів або розчеплювача швидкодіючого відмикача.

Роботу впроваджено у навчальний процес кафедри «Електричні апарати» як складову лабораторного практикуму з відповідної навчальної дисципліни. В процесі виконання лабораторної роботи студенти зможуть побачити реальні процеси, які відбуваються при спрацьовуванні ІДМ, а саме отримати осцилограми: струму  $i$  в котушці ІДМ, напруги на конденсаторі  $u_c$  та переміщення диску. Котушка ІДМ має 75 витків, намотаних мідною стрічкою  $30 \times 0,1$  мм.

В установці застосовано сучасний прецизійний потенціометричний датчик MEGATRON-MUNCHEN, сигнал на виході якого пропорційний переміщенню движка датчика, механічно пов'язаного зі штоком, що проходить крізь отвір в котушці ІДМ і до якого кріпиться рухомий мідний диск механізму.

Ескіз установки для дослідження ІДМ та електрична схема лабораторного стенду представлені на рис. 1, де позначено: R1 – зарядний резистор; C – конденсатор; VS – тиристор; резистивний датчик (на схемі не показаний). Сигнал для вимірювання струму в котушці ІДМ подається з шунта RS. Сигнал для вимірювання напруги на конденсаторі подається з подільника напруги, утвореного резисторами R4-R5 (1:10).

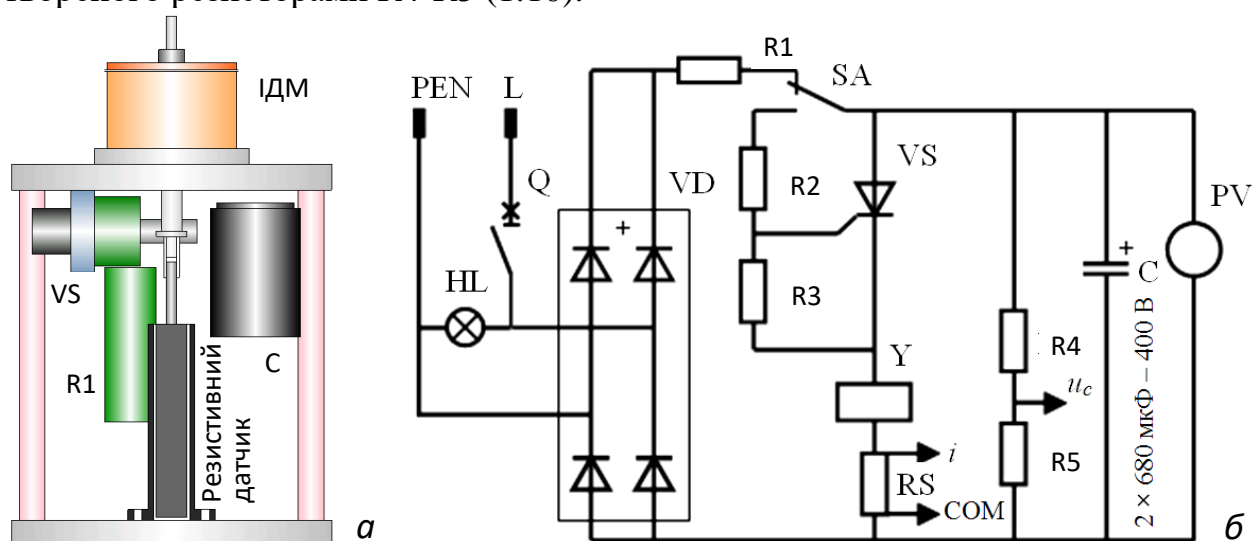


Рис. 1. Ескіз установки (а) та електрична схема лабораторного стенду (б)

## **МИКРОКОНТРОЛЕРНАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ВИДЕОСИГНАЛОВ**

**Коберник М.С., Замаруев В.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Получение и обработка видеосигналов перестали быть востребованными лишь в системах безопасности и робототехнике. Системы машинного зрения, как и робототехнические системы, становятся более компактными, потребляют меньше энергии, дешевеют, что позволяет применять их в областях человеческой деятельности и домашнего хозяйства, которые ранее были для них недоступными.

Простейшие устройства с техническим зрением относятся к классам манипулятор «мышь» и автоматический пылесос. Традиционно эти системы состоят из камеры, устройства захвата кадров и микроконтроллера для анализа изображения и выполнения соответствующих алгоритмов. Использование камер Omnivision низкого разрешения позволяет получить и обработать данные изображения с использованием микроконтроллеров семейства STM32.

Целью данной работы является разработка структурной схемы, алгоритмов работы и программного обеспечения системы, включающей автономный и сетевые подходы к использованию данных, связанных с полученным изображением.

В небольших приложениях, таких как движущиеся автономные объекты, основная работа по обработке информации о следовании объекта по заданной визуальными маркерами траектории производится в автономном режиме, поскольку не требует высокого разрешения и частого захвата изображений. В ряде случаев, анализу может подвергаться одна из строк полученного изображения и лишь при невозможности принятия решения, учитывается информация в соседних строках.

Использование цветных видеокамер позволяет упростить выявление помех в полученных данных и их уменьшение путем использования другого цветового канала либо их комбинации.

В случае необходимости распознавания сложных образов, выходящих за рамки компетентности автономного вычислителя, изображение должно быть передано для обработки вычислителю верхнего уровня.

Связь автономного объекта с управляющими структурами верхнего уровня осуществляется с помощью Wi-Fi модуля ESP8266, нашедшего широкое применение в исследовательских проектах Интернета.



## УНІВЕРСАЛЬНИЙ СЕРВЕР ТЕЛЕМЕДИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Колісник К.В., Шишкін М.А., Голдобін С.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У даний час розвиток вимірювальних інформаційних аналітичних систем із підтримкою телеметричної техніки займає не останнє місце в медичній галузі. Не дивлячись на попит у таких системах, не існує програмних рішень, що дозволили би достатньо швидко адаптувати конфігурацію такої системи під потреби заказчика, або, навпаки, загальні мережеві рішення є надмірними.

В сучасній медицині, де інколи від декількох секунд залежить життя пацієнта, біометрія є актуальним напрямком.

В медицині біометричні системи використовуються для реєстрації та передачі на відстань даних о стані здоров'я хворого, що знаходиться на відстані від лікувального чи консультативного центру.

Сервер що пропонується, побудовано для системи телеметричного контролю, що дозволяє передавати данні о серцевій діяльності, диханні, м'язовій активності, показники механічної активності шлунка та кішківника, кислотність шлункового вмісту, температури та артеріального тиску.

Сервер використовує протокол TCP/IP та знаходиться у адресному просторі IPv4.

Основі вимоги до сервера - надійність роботи та швидкість обробки даних. Надійність роботи обумовлюється як апаратними властивостями сервера, так і алгоритмічною структурою його побудови, швидкість обробки здійснено за рахунок використання багатопотокового алгоритму та уніфікації фрейма даних.

Запропонований варіант універсального сервера телеметричного комплексу дозволяє вирішити задачі прийому та обробки телеметричних даних для створення комплексу дистанційної діагностики стану пацієнта. Ця робота виконана в рамках НДР М7824, та буде використана при створенні експериментального стенду для опробації нових методів медичної діагностики.

### Література:

1. Владзимерский А.В. Телемедицина // Донецк: ООО «Цифровая типография» – 2011. – 477 С.
2. Колесник К.В., Шишкін М.А., Кипенский А.В., Ситникова О.А. Использование мобильных радиотехнических комплексов в биотелеметрии и телемониторинге // Сборник научных трудов V Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития: МРФ-2014» .— т. III: конференция «Проблемы биомединженерии. Наука и технологии».— Украина, Харьков. — 2014.— С. 166-171.
3. Чарльз М. Козьерок. The TCP/IP Guide: A Comprehensive, Illustrated Internet Protocols Reference, 2005. - 1618 с.

## ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ НА ПОВЫШЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПУСКАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Коротаев П.А., Мищенко Г.А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Для Украины, у которой энергоэффективность производства в 3-4 раза ниже передовых развитых стран и занимающей первое место в Европе по энергозатратности на единицу ВВП, повышение данного показателя особо актуально.

Эффективным средством экономии энергоресурсов является экономия электроэнергии. Одной из сфер, потребляющих наибольшие объемы топливных энергоресурсов, является жилищно-коммунальное хозяйство.

Одной из острых проблем жилищно-коммунального хозяйства в водоснабжении кроме больших объемов потребления энергетических ресурсов являются порывы водопроводных сетей, приводящие к значительным потерям воды и перерывам в водоснабжении потребителей.

Причину частых порывов, как правило, объясняют гидравлическим ударом. Многочисленные порывы водопроводных сетей отмечаются при пусках насосных агрегатов после непродолжительной потери электропитания, за время которой жидкость из магистрали не могла успеть вытечь, чтобы обеспечивались условия классического гидравлического удара.

Исследование процессов пуска электропривода насосного агрегата после непродолжительного исчезновения питающего напряжения как процессов в электромеханогидравлической системе с распределенными параметрами (рис.1) показало, что к порывам водопроводных сетей может приводить повышение давления вследствие волновых процессов, которые возникают при прямом пуске электропривода. При этом установлено, что при наличии сужения в водопроводной сети повышение давления может превосходить номинальное более чем в 7 раз.

Целью работы является установление природы чрезмерного повышения давления в водопроводной сети с различными конструктивными особенностями.

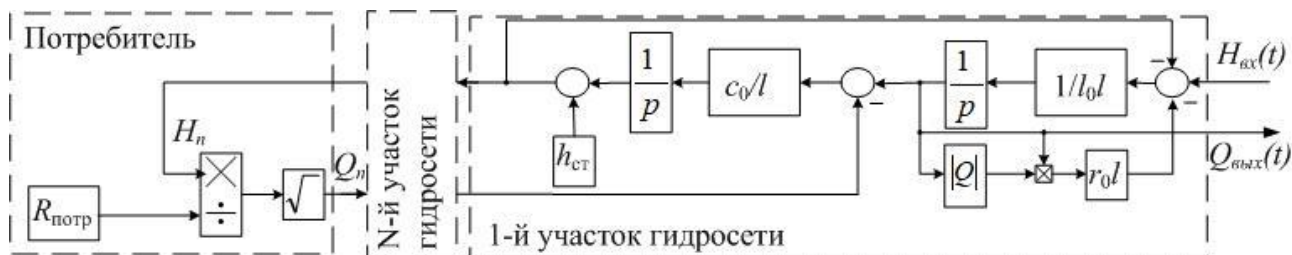


Рис.1 – Математическая модель в структурной форме водопроводной сети

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДУКЦІЙНОГО ПРИСКОРЕННЯ ПЛАЗМОВОГО ФОРМУВАННЯ У АТМОСФЕРІ**

**Коритченко К.В., Месенко А.П., Болух В.Ф.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Вирішення задачі подовження часу перебування речовини у плазмовому стані в атмосферних умовах представляє науковий та практичний інтерес. У атмосферному середовищі час існування плазми без підведення до неї енергії визначається співвідношенням швидкостей процесів рекомбінації заряджених часток до процесів іонізації. Як правило, цей час складає від декількох мікросекунд до декількох мілісекунд в залежності від розмірів та стану газоплазмового середовища. Для подовження часу «автономного» існування плазмового формування розроблено індукційний прискорювач, в якому створюються умови для накопичення внутрішньої енергії у плазмі у вигляді енергії магнітного поля. Накопичення енергії відбувається шляхом індукування вихрового струму у плазмовому формуванні. В даній роботі представлені результати експериментального дослідження індукційного прискорення плазмового формування у атмосфері.

Створення плазмового формування з власним магнітним полем у атмосферному середовищі в розробленому прискорювачі здійснюється в три етапи: формування сильно іонізованого газоплазмового середовища у вигляді кільця у атмосферному середовищі; індукування вихрового струму у газоплазмовому середовищі; переривання магнітного зв'язку між індуктором та плазмовим формуванням в момент накопичення енергії магнітного поля у плазмі.

Експериментальне дослідження індукційного прискорення плазмового формування здійснено шляхом аналізу інтегральних параметрів розвитку плазмового кільця, які отримувалися за результатами безперервного фотографування руху кільця фотоапаратом з відкритим затвором. Швидкість переміщення плазмової області визначалась за результатами обробки високошвидкісного фотографування. Час існування формування в умовах проведених досліджень склав біля 8 мс. Різко відрізняється швидкість розширення області світимості кільця під час його вибухового формування та швидкість руху кільця відносно індуктора. Вибухове формування кільця відбувається з надзвуковою швидкістю, а максимальна швидкість переміщення кільця під дією сил індукційного прискорення складає біля 50 м/с. По області світимості чітко фіксується відокремлення плазмового формування від індуктора. Виміряне розвиток плазмового формування за результатами термографічного дослідження. Вимірювання здійснювалось тепловізором Flus IR-865U в діапазоні хвиль випромінювання 8-14 мкм. Час світимості плазмового формування дорівнював часу світимості у видимому діапазоні. В умовах проведених досліджень повна енергія імпульсного джерела живлення не перевищувала 600 Дж.

Отримані результати дають підставу вважати перспективним подальший розвиток індукційних систем для вирішення задачі створення довго існуючих плазмових формувань.

## **ЗАДАЧІ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**Крахмальов О.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Провідну роль в розвитку машинобудування відіграє конструювання сучасного зварювального обладнання. Задачі конструкторів в загальному вигляді можна сформулювати таким чином: 1) покращення якості обладнання, підвищення його технічного рівня, продуктивності, надійності та безпеки; 2) комплексна автоматизація і механізація зварювального обладнання; 3) розроблення та впровадження обладнання для нових технологічних процесів зварювання.

Процес створення обладнання складається з таких етапів:

1. Обґрунтування необхідності створення нового обладнання.
2. Дослідження науково-технічних і патентних винаходів.
3. Розроблення конструкторського проекту.
4. Виготовлення, випробування та доведення дослідних зразків.
5. Підготовка документації для серійного виробництва та його організація.

Зміна обладнання на промислових підприємствах здійснюється в середньому кожні 5 – 7 років. Теоретичні основи його створення і принципи дії зберігаються протягом 10 – 15 років. Тому під час обґрунтування необхідності розробки обладнання оптимальним терміном прогнозу є період 15 років.

Вихідними даними для розробки обладнання є:

1. Робочі креслення виробу, де вказані зварні з'єднання і зазначено основний і зварювальні матеріали.
2. Технічні умови на виготовлення, що містять:
  - а) технічні умови на основні та зварювальні матеріали, вимоги до хімічного складу, фізико-хімічні властивості, шорсткість поверхонь та ін.;
  - б) технічні умови на виготовлення (підготовка кромки, зазори, якість збирання та ін.);
  - в) технічні умови на приймання виробів, якість та контроль.
3. Умови експлуатації виробу.
4. Обсяг річного випуску виробів.
5. Тип виробництва залежно від заданої виробничої програми і номенклатури.
6. Умови виробництва (цех, будівельно-монтажна ділянка).
7. Існуючий технологічний процес виготовлення та його техніко-економічні показники.
8. План і розріз цеху.
9. Режим роботи цеху та коефіцієнт змінності.
10. Тарифні сітки та ставки за розрядами.

## **МЕХАНІЗМИ ПОДАЧІ ЕЛЕКТРОДНОГО ТА ПРИСАДКОВОГО ДРОТУ**

**Крахмальов О.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Такі механізми є одними з основних елементів для зварювання плавленням. Від їх роботи залежить стійкість процесу зварювання, стабільність параметрів режиму, якість зварного з'єднання. Характеристики подавальних пристроїв визначають технічний рівень усього зварювального апарату.

Механізми подачі зварювального чи присадкового дроту складаються з двигуна приводу, приводного механізму, подавального пристрою, притискного пристрою. Основними вимогами до таких механізмів є надійність роботи, забезпечення заданої швидкості руху зварювального дроту, стабільність подачі дроту.

Залежно від призначення і характеристик апаратів використовуються різні механізми подачі. Це пов'язано з різницею діаметрів електроду (від 0,2 мм до 12 мм), конструкції дроту (суцільний чи порошковий), типів основного металу (чорний чи кольоровий), довжини тракту і опору проштовхуванню дроту, типів автоматів і напівавтоматів, вимог до габаритів та маси апарату.

В потужних апаратах для механізованого зварювання застосовуються приводи з механізмом штовхального типу, розташованим близько до зони зварювання. При цьому використовується дріт діаметру 3 – 5 мм з високою жорсткістю. Напрямний канал в такому випадку характеризується невеликою довжиною та малою гнучкістю. Задана швидкість подачі електродного дроту в такій системі практично не залежить від гнучкості напрямного каналу, а визначається роботою механізму подачі, станом електродного дроту, якістю його намотування на касету, відсутністю приварювання дроту в процесі струмопередачі до струмовідводу.

Переносні апарати для напівавтоматичного зварювання електродним дротом 0,8 – 2,0 мм мають довгі гнучкі напрямні канали. Для зменшення маси апарату доводиться обмежувати потужність приводу механізмів подачі. Для таких апаратів важливим завданням є зниження зусилля опору дроту через гнучкий напрямний канал.

Незалежно від призначення всі механізми подачі складаються з приводу і подавального пристрою. В якості приводу використовують електродвигун і редуктор, можливе також використання електромагнітів. Основним вузлом механізму подачі є подавальний пристрій, від якого залежить надійність усього механізму подачі. Подавальні пристрої можуть бути зі східчастим механічним, плавним, повільним та змішаним регулюванням швидкості подачі дроту. Першими подавальними пристроями були роликові пристрої, які і зараз широко використовуються, незважаючи на велику масу. Пізніше було розроблено подавальні пристрої з імпульсною подачею дроту.

## **MODERN MONITORING SYSTEMS OF ELECTRIC POWER LINES**

**Kryukova N.V., Goncharov E.V., Polyakov I.V.**

*National technical university  
«Kharkiv polytechnic institute»,  
Kharkiv*

During the use of electricity transmission lines, some malfunctions may arise that require the timely identification and implementation of the necessary actions for their timely elimination. Therefore, the control of energy objects, which requires the use of modern effective information and measuring technologies, which in turn depends on the technical state of the development of measuring complexes and systems, has become significant.

For example, various monitoring systems for power air lines monitoring are known, which provide the operator with information about the current technical state of power supply networks. The monitoring system consists of a network of measuring blocks connected through the communication link with the equipment at the dispatch center. Dispatcher stations are located at nodal points of electricity distribution networks. In them, in the majority, SCADA systems are used, which provide processing of data received from measuring blocks.

The measuring unit includes: a group of sensors, a processor module, a data transmission system, an autonomous power module. In this case, different types of sensors can be used. The sensors monitor the following parameters: current, temperature, wire tension, icing, etc. For data transmission in the monitoring systems of transmission lines, wireless communication channels (GSM-radio modems) are mainly used.

One of the first monitoring systems was the CAT-1 system, which provides real-time monitoring of power lines. The system works at the direct contact of the diagnostic module with the electric wires of the electric transmission lines, when the main module of the system is mounted on the supports of the electricity transmission lines. The noncontact system of sensors of monitoring, that contains noncontact measuring devices of current and temperature on a base the OTML-modules that is assembled on high-voltage wires, can be used also.

The system of monitoring and diagnostics of the technical state of the air lines DiLin is used for monitoring long and branched networks and is intended for the complex analysis of the work of the ways of transit of electric energy on the basis of prediction of change of the technical state of the air lines.

Also, monitoring of the technical state of electricity transmission lines gets development by means of mobile computer-assisted informatively measuring checking systems, with the use of pilotless aviation complexes.

Their application ensures the rapid remote monitoring of power transmission lines in hard-to-reach and dangerous locations.

Thus, the introduction of most modern information controlling and monitoring systems for transmission lines will improve their technical state. For example, in the Kharkiv region, pilotless aircrafts already monitor the technical state of transmission lines.

## МАГНИТНО- ИМПУЛЬСНАЯ РАЗДАЧА ТРУБЧАТЫХ ЗАГОТОВОК СИЛАМИ ПРИТЯЖЕНИЯ К ИНДУКТОРУ

Лютенко Л.А., Леденев В.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

На кафедре инженерной электрофизики НТУ «ХПИ» были проведены опыты по магнитно-импульсной обработке металлов (МИОМ) силами притяжения к индуктору. В классической МИОМ трубчатая заготовка, помещенная внутрь индуктора, подвергается обжиму. В данном случае за счет среза импульса разрядного тока, протекающего через индуктор, быстрое ослабление внешнего магнитного поля приводит к изменению направления токов, наведенных в заготовке и возникновению больших электродинамических сил, притягивающих заготовку к индуктору. Таким способом можно, например, деформировать недоступные изнутри металлические трубы и закрытые сосуды.

Эксперименты проводились на магнитно-импульсной установке (МИУ), емкостной накопитель которой имел варьируемую емкость от 600 мкФ до 1200 мкФ и напряжение заряда конденсаторов от 1,5 до 6 кВ. Индуктор был выполнен из стандартной медной шины (4x10 мм<sup>2</sup>), намотанной на широкое ребро. Индуктор имел 13 витков.

В экспериментах использовались трубчатые заготовки из алюминиевого сплава радиусом 8 мм и толщиной 0,5 и 1 мм.

Заготовки центровались в индукторе с помощью втулок, а для устранения возможной небольшой обжимающей деформации внутрь заготовки помещалась диэлектрическая оправка. При отсутствии внутренней оправки наблюдалось гофрирование и даже разрушение заготовок.

При свободной раздаче имела место неоднородность деформирования: наибольшая деформация заготовок наблюдалась в центральной зоне индуктора.

$U_0$ , кВ	Длина заготовки, мм	$\Delta R_{min}$	$\Delta R_{max}$
2,15	30	0,1	0,25
2,34	30	0,25	0,5
2,5	30	0,5	0,75
2,5	50	0,25	0,5
2,7	50	0,5	0,9
3,2	50	0,5	1,1

В таблице приведены значения радиальных деформаций трубчатых заготовок различной длины с толщиной стенки 0,5 мм., а также напряжение заряда накопителя, при котором проводилась операция «свободная раздача». Максимальная деформация ( $\Delta R_{max}$ ) для центральной зоны индуктора, минимальная деформация ( $\Delta R_{min}$ ) наблюдалась для краевых зон индуктора.

При выполнении реальной операции раздачи был подобран энергетический режим МИУ, при котором наблюдалась хорошая воспроизводимость и качество процесса ( $C=900$  мкФ,  $U_0=3,2$  кВ).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Марков В.С.

*Национальный технический университет*

*«Харьковский политехнический институт», г.Харьков*

При моделировании асинхронной машины (АМ) параметры обмоток статора и ротора зачастую неизвестны и практически не приводятся в литературе. На рис.1 показана схема исследования для определения параметров АМ в лабораторных условиях. На обмотку статора подаётся регулируемое с помощью автотрансформатора напряжение, а ротор АМ вращается за счёт внешнего двигателя, а угол между фазным током и напряжением измеряем с помощью фазометра. В описываемых лабораторных экспериментах использовалась АМ с короткозамкнутым ротором 4АХ80ДУ3 с паспортными данными:  $P_{ном} = 0,92$  кВт,  $U_1 = 380$  В,  $I_1 = 2,2$  А,  $f = 50$  Гц,  $n_1 = 1000$  об/мин,  $n_2 = 920$  об/мин. Идея исследований состоит в использовании аналогии между АМ и силовым трансформатором. На рис.2 показаны схемы замещения АМ соответственно в рабочем режиме (а), в режиме холостого хода (б) и в режиме короткого замыкания (в).

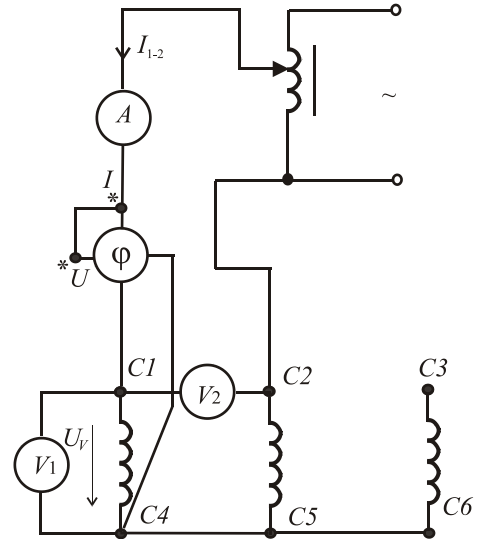


Рис.1 Схема исследования

Идея исследований состоит в использовании аналогии между АМ и силовым трансформатором. На рис.2 показаны схемы замещения АМ соответственно в рабочем режиме (а), в режиме холостого хода (б) и в режиме короткого замыкания (в).

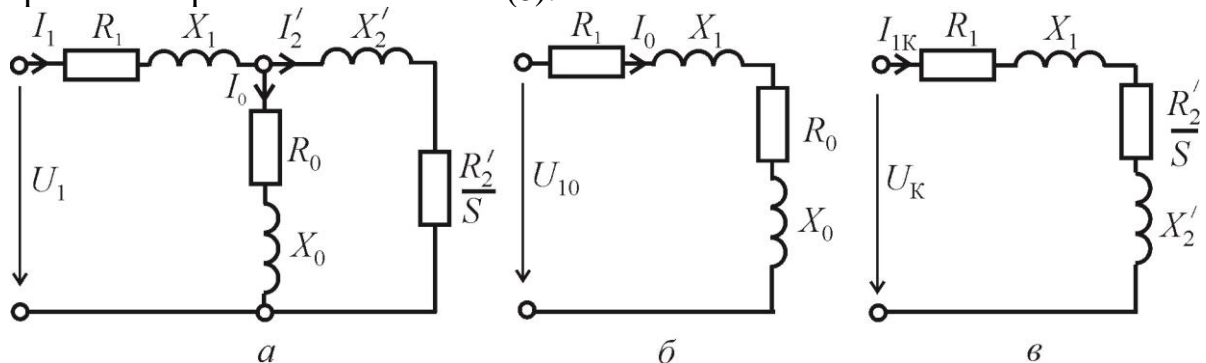


Рис.2 Схемы замещения АМ

Зависимость между напряжением холостого хода и током статора (кривая намагничивания) носит нелинейный характер, что и подтверждают результаты исследований. Для токов статора более 1 А сопротивления ветви намагничивания грубо можно принять  $R_0 = 13$  Ом,  $X_0 = 56$  Ом. Это при расчёте по фазному напряжению  $U_{V1}$ , а при расчёте по линейному напряжению  $U_{V2}$   $R_0 = 15$  Ом,  $X_0 = 164$  Ом. С учётом того, что скольжение  $S = 1$  в режиме короткого замыкания, можно определить активные и реактивные сопротивления фазы обмоток статора и ротора соответственно  $R_1 = R_2' = 8,5$  Ом,  $X_1 = X_2' = 10,15$  Ом, где  $R_2', X_2'$  – приведенные величины.



## СОПРОТИВЛЕНИЕ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Марков В.С.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Известно, что полное сопротивление асинхронной машины, как в двигательном, так и в генераторном режиме, непостоянно. Так в двигательном режиме уменьшение частоты вращения на 5% может менять полное сопротивление фазы в сторону уменьшения на 20%.

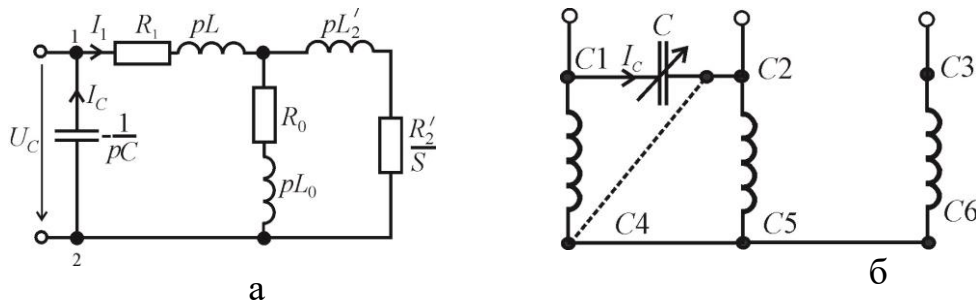


Рисунок 1

Сопротивление фазы асинхронного генератора по схеме, приведенной на рис.1а относительно зажимов 1 и 2

$$Z_{\phi} = \frac{R_0 R_1 + \frac{R_1 R_2'}{s} - X_0 X_1 - X_1 X_2' + \frac{R_0 R_2'}{s} - X_0 X_2' + j \left( R_1 X_0 + R_1 X_2' + R_0 X_1 + \frac{R_2' X_1}{s} + R_0 X_2' + \frac{R_2' X_0}{s} \right)}{R_0 + \frac{R_2'}{s} + j(X_0 + X_2')}$$

При возбуждении асинхронного генератора и отсутствии нагрузки, подключенной к зажимам 1и 2, с учётом того, что ток через конденсатор  $I_c$  фактически является током статора  $I_1$ , можно сделать вывод, что сопротивление конденсатора равно сопротивлению генератора  $X_c = Z_{\phi}$ . Сопротивление генератора совместно с конденсатором, при замене  $j\omega$  на  $p$ , можно представить как

$$Z_{AG\_C} = \frac{N(p)}{D(p)} = \frac{a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3}{p(L_0 + L_2') + R_0 + \frac{R_2'}{s}}$$

$$a_0 = 2(L_0 L_2' C + L_1 L_2' C) + L_0 L_1 C; \quad a_1 = 2 \left( \frac{R_2' L_0 C}{s} + R_1 L_0 C + R_1 L_2' C + R_0 L_1 C \right) +$$

$$+ R_0 L_2' C + \frac{R_2' L_1 C}{s}; \quad a_2 = 2 \left( R_0 R_1 C + \frac{R_0 R_2' C}{s} \right) + \frac{R_1 R_2' C}{s} + L_0 + L_2'; \quad a_3 = R_0 + \frac{R_2'}{s}.$$

Множитель «2» соответствует двухфазному возбуждению (рис.1 б). Сложность анализа данного выражения состоит в том, что значение  $L_0$  не является постоянным, а зависит от тока статора и скольжения.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ, РЕАЛИЗАЦИИ И РЕМОНТУ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ КРУПНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Минко А.Н.<sup>1)</sup>, Шевченко В.В.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Частная научно-производственная фирма «Анкор-Теплоэнерго»,*

<sup>2)</sup> *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,*

*г. Харьков*

В работе рассмотрено техническое состояние современных систем охлаждения мощных турбогенераторов (ТГ), определены условия и порядок реализации отвода тепла от наиболее нагретых частей ТГ, осуществлен сбор наиболее распространенных дефектов и выходов из строя узлов, реализующих систему охлаждения ТГ (теплообменник, вентилятор, каналы движения среды охлаждения и т.д.). На основании анализа собранных данных составлены рекомендации по разработке, реализации и ремонту узлов систем охлаждения крупных электрических машин:

– функциональный анализ и оценку эффективности работы системы охлаждения ТГ предлагается проводить в соответствии с материалами, изложенными в [1];

– организацию отвода избыточного тепла из активных частей ТГ и разработку узлов системы охлаждения предлагается осуществлять при использовании положений, изложенных в [2, 3];

– определение повреждений, факторов снижения эффективности охлаждения ТГ и последующие ремонтные мероприятия по их устранению предлагается выполнять с использованием опыта, изложенного в [4];

– выбор типа и компоновки теплообменников ТГ предлагается проводить в соответствии с материалами, изложенными в [5].

### Литература:

1. Шевченко В.В., Минко А.Н., Развитие систем охлаждения и оптимизация конструкций турбогенераторов: монография. – Харьков: Издатель Иванченко И.С., 2013. – 242 с.

2. Минко А. Н. Построение графической модели реализации эффективной системы охлаждения крупных электрических машин (турбогенераторов) / Электроэнергетика глазами молодежи: труды VI международной научно-технической конференции, 9–13 ноября 2015, Иваново. – В 2 т. Т 2. – Иваново: ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2015. – С. 422–425.

3. Минко А. Н. Графическая модель проектирования эффективной системы охлаждения крупных электрических машин (турбогенераторов) / Электроэнергетика глазами молодежи: материалы VII Международной научно-технической конференции, 19–23 сентября 2016, Казань. – В 3 т. Т1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016. – С. 66–69.

4. Минко А.Н., Кобзарь К.А. Неисправности систем охлаждения турбогенераторов. Современные рекомендации по ремонту / Энергосбережение, Энергетика, Энергоаудит. – 2011. – №6. – 30–38.

5. Минко А.Н. Определение вариантов компоновки теплообменного узла в турбогенераторах по его основным функциональным показателям: зб. наук. праць XIV Міжнародної наук.-техн. конф. м. Кременчук 14-15 квітня 2016 р. / Кременчук, КрНУ, – 2016. – С. 218–219.

## **МОДЕРНИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЕСКАЛАТОРА**

**А.Н. Моисеев, Р.А. Калуженов**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Характерной особенностью ЭП эскалаторов метрополитена является их переменный характер нагрузки. Снижение нагрузки днем и поздно вечером доходит до 5 – 10% от номинальной. При этом мощность двигателя выбирается по наиболее тяжелому режиму. Вследствие этого, в течении большей части времени электродвигатель работает с низким КПД и коэффициентом мощности.

Для экономии электроэнергии при отсутствии пассажиров можно предусмотреть отключение электродвигателя и последующий его пуск до номинальной скорости при появлении нагрузки, но такой метод не применим, так как частые прямые пуски из-за больших электрических и механических нагрузок, вызванные большими пусковыми токами, приводят к быстрому выходу из строя эскалатора и приводного двигателя.

Улучшить энергетические показатели недогруженного асинхронного двигателя можно за счет снижения питающего напряжения, обеспечивающего уменьшение намагничивающего тока, потери в активном сопротивлении статора и потребление двигателем реактивной мощности, что приведет к повышению  $\cos\varphi$ . При этом, помимо прямой экономии электроэнергии следует иметь ввиду и ту экономию, которая за счет совершенствования управления может обеспечить снижение износа механического и электрического оборудования, а, следовательно, и тех энергетических и материальных ресурсов, которые потребовались бы на его замену при производстве ремонтных работ.

Регулирование питающего напряжения приводного двигателя эскалатора можно обеспечить с помощью преобразователя частоты. Также возможность регулирования скорости в широких пределах позволяет исключить вспомогательный электродвигатель для медленного движения при ремонтных и регламентных работах.

## **ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ УВЕЛИЧЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ГЛУБИННОСТИ ПРИ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА АКВАТОРИЯХ**

**Мостовой С.П.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Стандартная схема морской 2D-сейсморазведки, как и значительное число других методов сейсмоакустических исследований на акваториях, подразумевает использование буксируемого приемно-излучающего комплекса, состоящего из одиночного излучателя интенсивных импульсных сейсмических сигналов и протяженных многоэлементных приемных антенн (одной или нескольких горизонтальных сейсмокос). Излучатель, как правило, генерирует зондирующий сигнал в виде видеоимпульса. Поэтому единственным способом увеличения разрешающей способности (или пространственного разрешения) исследований при использовании источников «взрывного» типа является уменьшение его длительности. Глубинность исследований при этом определяется интенсивностью генерируемого акустического поля, что зачастую накладывает ряд ограничений на конструкцию источника сигнала. Известно, что применение когерентных методов в сейсмоакустических исследованиях, и, что более актуально, при решении задач сейсморазведки неоднородных сред, потенциально обладает целым рядом преимуществ. Предлагается использовать в качестве зондирующих импульсов широкополосные модулированные импульсы с увеличенным значением базы (произведения длительности импульса на ширину полосы его спектра), которые генерируются индукционно-динамическими преобразователями. Характерные значения базы зондирующих сигналов таких одиночных источников обычно составляет 2-4. При этом в спектре излучения имеется ряд характерных частот, нижняя из которых определена механическими свойствами механически «заземленной» мембраны индукционно – динамического преобразователя (обычно 350-500 Гц), а верхняя - удвоенной частотой разрядного контура генератора импульсных токов при совместной работе с преобразователем ( 2-5 кГц). Увеличения базы сигналов с расширением спектра излучения в низкочастотную область при сохранении высокочастотных компонент можно добиться путем группирования индукционно-динамических преобразователей с разными преобладающими (высокочастотными) частотами в спектре и их синхронизации совместного срабатывания с точностью не хуже 30 мкс. Экспериментально показано увеличение значения базы сигнала на макете до 6 в группе из четырех излучателей. Разрешающая способность при этом растет прямо пропорционально базе сигнала, кроме того при использовании индукционно-динамических преобразователей в качестве сейсмоакустических излучателей обеспечивается высокая повторяемость и синхронизация излучения в группе излучателей, что в итоге приводит дополнительное преимущество-увеличение помехоустойчивости приема путем накопления удлиненной последовательности принимаемых сигналов в пределах пространственно-временного интервала их взаимной когерентности.

## **ФОРМИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕННОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ АНТЕННОЙ НА ОСНОВЕ ИНДУКЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКИХ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

**Мостовой С.П.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Представлены основные результаты экспериментальных исследований по формированию сейсмического излучения поверхностных волн и управления им со стороны сейсмоисточника. Эксперимент проведен с пятиэлементным интерференционным импульсным сейсмоисточником, у которого идентичные индукционно-динамические преобразователи, расположенные в линейку с расстояниями между центрами преобразователей равными 0,6 м, заполняли апертуру размером 2,5 м. В процессе эксперимента проводилось определение спектральной плотности сигнала сейсмоисточника в 23 точках, равномерно (с угловым шагом около 8 градусов) расположенных вдоль полуокружности радиусом 10 м на поверхности грунта, совпадающей с центром апертуры сейсмоисточника. Корректность измерений диаграммы направленности подтверждается экспериментально полученным значением волнового параметра в диапазоне 0,4-0,57 (принятого в практике конструирования радиотехнических и гидроакустических антенн), который определен при скорости распространения поверхностных волн (в условиях эксперимента) 230 м/с, значении апертуры антенны 2,5 м, удалении измерительных точек на дистанцию 10 м и частотном диапазоне 60-120 Гц.

Обработка сигналов проводилась в полосе частот 60-120 Гц, а поскольку сейсмоисточник импульсный, то определение характеристики направленности осуществлялось путем измерения спектральной плотности для характерных частотных интервалов сейсмосигнала имеющей длительность 30-40 мс. Иными словами, диаграммы направленности сейсмоисточника в каждом спектральном интервале (определены спектральные интервалы 30-40, 60-70, 80-100, 110-130, 150-200 Гц, где последний интервал соответствует установочному резонансу измерительного сейсмоприемника типа СВ-20 на грунте) были подобными, т.е. сохранялись основные свойства «внутри интервальных диаграмм» - пространственное положение главного максимума, их число, незначительно (не более, чем на 2) изменялось число побочных максимумов излучения и ширина основного или основных максимумов. Излучение поверхностных сейсмических волн имело ярко выраженную направленность в азимутальной плоскости, положением главных максимумов направленности можно было управлять путем введения временных задержек (в интервале 0,5 - 2 мс) срабатывания соседних индукционно-динамических преобразователей. Угол поворота и ширина главного максимума излучения поверхностных сейсмических волн достаточно точно описывается известным выражением для эквидистантных антенных решеток при незначительном увеличении экспериментальных значений с ростом частоты.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОСТРОЕННЫХ НА ОСНОВЕ КЛАССИЧЕСКИХ И ГИБРИДНЫХ *IGBT* МОДУЛЕЙ

Павлюков Н.В., Ивахно В.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

На современном этапе развития силовой электроники мощные и высоковольтные силовые преобразователи плохо поддаются миниатюризации. Это связано с необходимостью рассеивания тепла, что является сложной задачей для компактных схем. Поэтому стоит вопрос снижения потерь в силовых ключах полупроводниковых преобразователей. Это возможно благодаря постоянному совершенствованию технологического процесса их производства и внедрения новых материалов, применение которых позволяет создаваться силовые ключи с существенно улучшенными свойствами.

Сейчас ряд производителей выпускают так называемые гибридные *IGBT* модули. В них, помимо обычных кремниевых *IGBT* (биполярных транзисторов с изолированным затвором), применены, вместо традиционных кремниевых антипараллельных диодов, диоды Шоттки, выполненные из карбида кремния (*SiC*). По заявлению производителей, динамические потери в ключах инвертора с *SiC*-диодами, оказываются заметно ниже, чем в преобразователях, построенных на обычных кремниевых компонентах аналогичного токового класса. Снижение динамических потерь в этом случае позволяет упростить систему охлаждения и повысить плотность мощности готового преобразователя. Особенно наглядно преимущества *SiC*-структур проявляются на высоких частотах коммутации, что позволяет уменьшить габариты и стоимость фильтров [1].

В работе производится сравнительный анализ энергетических и других характеристик преобразователей на основе классических и гибридных *IGBT* модулей, с целью выяснения наиболее целесообразных областей применения данных модулей. Также производится компьютерное моделирование электромагнитных процессов в полупроводниковых преобразователях, которое является эффективным инструментом ускорения разработок и исследования характеристик преобразователей и систем электроснабжения на их основе. Расчет динамических потерь силовых ключей производится в среде MATLAB/Simulink [2].

### Литература:

1. Is Only Full SiC the „Real“ SiC? [Электронный ресурс]/ S. Häuser // Режим доступа к статье: <https://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-article-is-only-full-sic-the-real-sic-en-2016-04-01/>
2. Замаруев В.В., Ивахно В.В. Определение динамических потерь в полупроводниковых ключах устройств силовой электроники в среде MATLAB/Simulink // Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB: материалы V Международной научной конференции. Харьков: «БЭТ», 2011. С. 623–631. ISBN 978-966-1536-66-0

## **ВІДДАЛЕНА ЛАБОРАТОРІЯ З КУРСУ «ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ»**

**Пальчик І.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Важливою проблемою дистанційного навчання студентів технічних спеціальностей є проведення лабораторних робіт. Для вирішення цієї проблеми було розглянуто можливість створення віртуальних і реальних лабораторних практикумів з можливістю віддаленого доступу до реального обладнання.

Метою даної роботи є створення лабораторних робіт з віддаленим доступом по курсу «Теорія електроприводу».

Дана робота є продовженням вже створеного проекту TEMPUS «iCo-op». В рамках цього проекту була створена віддалена лабораторія по курсу «Теорія електроприводу», яка включала виконання двох лабораторних робіт.

Ця віддалена лабораторія реалізована на платі керування двигуном постійного струму QNET-DC Motor Control Trainer. Плата DCMCT дає можливість організації безперервного доступу до обладнання в автоматичному режимі з будь-якої точки земної кулі.

Для виконання лабораторних робіт в режимі віддаленого керування використовується розширення для LabVIEW Labsocket-Basic, яке дозволяє отримати доступ до віртуальних приладів LabView через веб-інтерфейс.

В результаті роботи, засобами середовища графічного програмування LabView, було створено програми керування та розроблено відповідні віртуальні прилади для виконання лабораторних робіт в режимі віддаленого доступу. До кожної з робіт написано методичні вказівки. Перед виконанням лабораторних робіт представлено теоретичне обґрунтування.

Для виконання доступні три лабораторні роботи:

- Моделювання;
- Керування швидкістю;
- Позиційне керування.

Кожна з вказаних робіт має свою програму та віртуальний пристрій.

Таким чином було створено можливість виконання лабораторних робіт в режимі віддаленого доступу, при цьому керування виконується реальним двигуном постійного струму. При виконанні в віртуальному пристрої можна задавати та змінювати параметри керування двигуном і спостерігати за його характеристиками в режимі реального часу.

## РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Петренко М.Я.<sup>1</sup>, Сумщенко Л.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,*

<sup>2</sup>*Харківське конструкторське бюро з машинобудування  
імені О.О. Морозова,  
м. Харків*

Методи проектування технологічних процесів виготовлення електричних машин мають два суттєвих недоліки: методи не передбачають комплексності розробок; порівняння технологічних процесів виконується за витратами виробництва і не враховується вплив якості виробництва на величину втрат при експлуатації.

Виконання технологічної операції дає різні рівні якості, собівартості та трудоемності. Тому при виборі тої чи іншої операції треба враховувати якість виконання попередньої операції. Вимоги до якості виготовлення деталей і вузлів електричної машини (ЕМ) не регламентовані, значення відхилень суперечні і якість їх виконання вимагається тільки при випробуванні ЕМ. Витрати у сфері виробництва в залежності від параметрів якості підлягають функціональній залежності  $C_p = f(x_{p1}, x_{p2} \dots x_{pn})$ , де  $x_{p1}, x_{p2} \dots x_{pn}$  – параметри якості деталей та вузлів;  $n$  – кількість вхідних параметрів. Витрати при експлуатації  $C_e = f(x_{e1}, x_{e2} \dots x_{em})$ , де  $x_{e1}, x_{e2} \dots x_{em}$  – параметри якості виготовлення ЕМ;  $m$  – кількість вихідних параметрів.

З покращенням якості виготовлення зменшуються витрати при експлуатації, при цьому виготовлення деталей кращої якості потребує підвищення виробничих витрат. Оптимальним вважається такий технологічний процес при якому сума витрат у сфері виробництва та експлуатації буде мінімальною.

Представимо виробничий процес у вигляді складної системи з наступними параметрами: характеристика якості матеріалів; технологічні фактори (режими та способи обробки, устаткування та оснащення); конструктивні фактори (геометричні розміри, кількість пазів та витків обмотки); зовнішні фактори (напруга і частота мережі живлення, температура, вологість повітря і т.д.).

Вихідні параметри виробничого процесу є вхідними параметрами експлуатаційного. При дослідженні таких систем вирішуються задачі двох типів:

- 1) задачі аналізу, що пов'язані з визначенням властивостей і поведінки системи в залежності від її структури і значень параметрів;
- 2) задачі синтезу, які зводяться до вибору структури і значення параметрів з урахуванням заданих властивостей системи при яких показники якості її функціонування приймають оптимальні значення.

Аналіз такої системи виконується за допомогою математичної моделі. Для визначення цільової функції складових витрат була розроблена математична модель точності технологічного процесу виробництва ЕМ.



## ВЫБОР ОБМОТКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ АСИНХРОНИЗИРОВАННОГО ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Потоцкий Д.В., Шевченко В.В.

*Национальный технический университет*

*«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Основной отличительной чертой асинхронизированного турбогенератора (АСТГ) от обычных синхронного турбогенератора (СТГ) является наличие двух (трех) обмоток возбуждения, расположенных на роторе (рис.1).

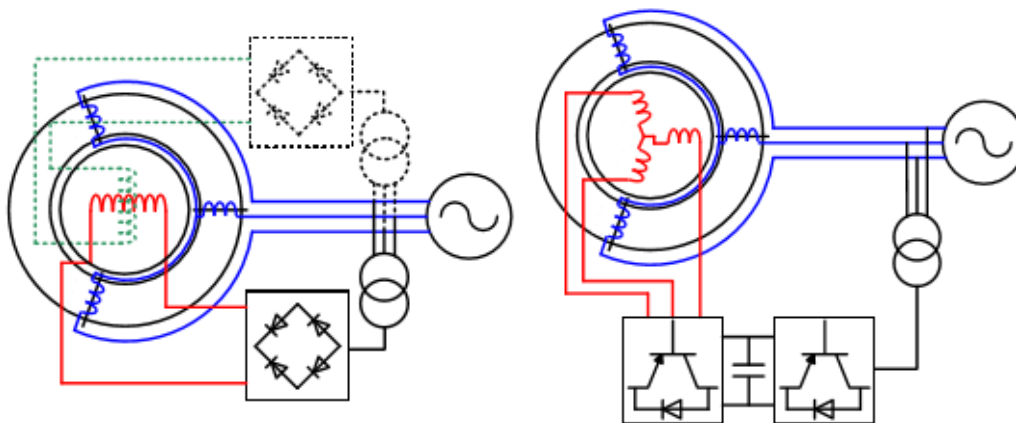


Рисунок 1 – Схемы обмоток возбуждения АСТГ:  
две перпендикулярные обмотки (слева) и три обмотки,  
сдвинутые на угол 120 электрических градусов (справа).

В номинальном режиме ротор может питаться постоянным или переменным током. При питании постоянным током, в отличие от обычного СТГ, осуществляется векторное управление возбуждением, что обеспечивает устойчивую работу при любом угле нагрузки, до 180 электрических градусов включительно. При питании ротора переменными токами поле возбуждения вращается относительно ротора, при этом сохраняется синхронность с полем статора. В результате, появляется возможность работы с переменной частотой вращения турбины, что актуально для гидрогенераторов, генераторов мощных ветроустановок и блоков ТЭС, частота вращения которых зависит от достаточного наличия и качества топлива (угля).

Классический АСТГ имеет на роторе две одинаковые обмотки возбуждения, расположенные под углом 90 электрических градусов. Однако опыт создания АСТГ различной мощности показал, что, по причинам конструктивного характера, не всегда удастся создать такую конструкцию. Преимущественно это касается невозможности размещения ортогональных обмоток возбуждения на роторе без увеличения серийных габаритных размеров. Практика показала возможность создания кососимметричных обмоток, сдвинутых на угол, кратный 30 электрическим градусам, т.е. на 30 и 60. Однако для поддержания статической устойчивости в этом случае необходимо изменять настройку коэффициентов обратной связи АРВ в зависимости от режима работы АСТГ.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИНТЕЗИРОВАННЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ВЕКТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ И КВАЗИМОДАЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ**

**Рыбаков В.К., Акимов Л.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

При современном градостроительстве, как правило, возводятся здания повышенной этажности - от 20-ти до 40-а этажей. Это требует постоянного совершенствования лифтового электрооборудования по мере развития элементной базы и методов синтеза.

При разработке регулируемых электроприводов лифтов, будем считать, что решены вопросы надежности и безопасности, высокой заводской готовности электрооборудования, диагностики различных узлов и системы управления в целом.

Открытым остается вопрос обеспечения необходимой динамики электроприводов с учетом двухмассовости его механической части. Поэтому в ходе разработки электрооборудования лифта произведен выбор тиристорного преобразователя напряжения (ТПН) и преобразователя частоты (ПЧ), что послужило основой для создания электроприводов по системам ТПН-АД и ПЧ-АД.

Для данных электроприводов разработаны одноконтурная система подчиненного регулирования с задатчиком интенсивности (ЗИ) на входе; система модального управления с наблюдателем состояния (СМУ с НС) с  $ZI^2$  на входе. Обе системы являются регуляторами скорости [1].

Создана квазимодалная система положения с двухмассовой структурой, а также на основе векторной модели асинхронного короткозамкнутого двигателя разработана двухканальная двухконтурная система регулирования скорости, работающая как в режиме отработки заданных скоростей движения, так и высокоточной отработки заданных перемещений.

Исследование динамических режимов разработанных систем выполнено на ЭВМ. В ходе этих работ определены не только основные динамические параметры всех систем, но и проведен анализ влияния переменности жесткости каната, момента инерции кабины с учетом ее заполнения, среднегеометрических корней СМУ и НС, быстродействие системы ПЧ АД.

Полученные показатели обосновывают целесообразность использования системы ПЧ АД скоростных лифтов, которые обеспечивают требуемое качество переходных процессов и повышенную точность остановки кабины.

### **Литература:**

1. Акимов Л.В., Долбня В.Т., Клепиков В.Б., Пирожок А.В. Синтез упрощенных структур двухмассовых электроприводов с нелинейной нагрузкой. – Харьков, НТУ «ХПИ», 2002. – 160 с.1

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТРАМВАЯ**

**Сенченко С.А., Кутовой Ю.Н., Обруч И.В.**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Использование трамвая, как одного из видов городского транспорта, обусловлено такими преимуществами: низкая себестоимость перевозок, экологическая чистота, возможность реализации скоростного сообщения сопоставимого со скоростью на железных дорогах и метрополитене. Техно-экономические показатели трамвая во многом зависят от его электропривода.

В настоящее время одним из перспективных электроприводов трамвая является частотно-регулируемый асинхронный электропривод, особенно с использованием преобразователей на IGBT транзисторах.

Разработанный ГП заводом “Электротяжмаш” двигатель АД927А мощностью 50 кВт дает возможность создания приводов по системе “преобразователь частоты – асинхронный двигатель”. Предложенный электропривод с использованием данного двигателя, имеет нейросетевую систему управления обеспечивающую целый ряд преимуществ по сравнению с традиционными системами, такими как, например, система подчиненного регулирования координат электропривода или система модального управления.

Электропривод трамвая комплектуется 4-мя тяговыми асинхронными электродвигателями, размещенными на 2-х двухосных тележках, соединенными с колесными парами. Питание каждого двигателя осуществляется от индивидуального преобразователя частоты.

Разработанная математическая модель электропривода, которая учитывает нелинейность характеристики сцепления и особенности синтезированной нейросетевой системы управления показали ее работоспособность. Расчеты на модели позволили установить, что разгон трамвая до номинальной скорости происходит за 12-13 с, а ускорение при этом не превышает  $1,15 \text{ м/с}^2$ , что обеспечивает достаточный уровень комфорта пассажиров [1].

### **Литература:**

1. Обруч И. В., Кутовой Ю. Н. Нейросетевая система управления тяговым электроприводом переменного тока трамвая // Проблемы автоматизированного электропривода теория и практика. Силовая электроника и энергоэффективность. Вестник НТУ “ХПИ”. – Харьков. – 2017. – с. 436-439

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРИБОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ**

**Стогний В.С.<sup>1</sup>, Хорло Н.Ф.<sup>2</sup>, Сучков Г.М.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,**

**<sup>2</sup>АЦНК ЧАО «ПТП «Укрэнергочермет», г. Харьков**

В работе усовершенствованы методы и технологии проверки технических характеристик ультразвукового оборудования (ультразвукового дефектоскопа и преобразователя для ручного контроля контактным способом с использованием соответствующих стандартных калибровочных блоков.

Установлено, что при проведении проверки должны быть выполнены следующие операции:

- внешний осмотр ультразвукового дефектоскопа, преобразователей, кабелей и калибровочных блоков;
- определение линейности временной развертки дефектоскопа;
- определение линейности усиления дефектоскопа;
- определение точки выхода луча наклонных ПЭП;
- определение угла ввода луча наклонных ПЭП;
- определение чувствительности и соотношения сигнал-шум (прямые и наклонные ПЭП);
- определение длительности импульса.

Проверка ультразвукового оборудования должна проводиться не реже 1 раза в неделю (если оборудование используется на этой неделе) или каждый раз перед использованием оборудования. В случае несоответствия оборудование не допускается к дальнейшей проверке и направляется на ремонт.

### **Литература:**

1. EA-4/15G:2015 Аккредитация на право проведения неразрушающих испытаний.
2. EN 12668-1:1999 Неразрушающий контроль. Характеристика и верификация испытательного оборудования для ультразвукового контроля. Часть 1. Приборы.
3. EN 12668-2:1998 Неразрушающий контроль. Характеристика и верификация испытательного оборудования для ультразвукового контроля. Часть 2. Преобразователи.

## **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАГРУЗОК ТУРБОГЕНЕРАТОРА В НЕНОМИНАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ НА СОСТОЯНИЕ УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ СЕРДЕЧНИКА СТАТОРА**

**Строкоус А. В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В работе рассмотрена взаимосвязь электромагнитных нагрузок турбогенератора (ТГ) в ненормальном режиме работы (30, 50, 70% нагрузки от номинальной с недо возбуждением) с механико-вибрационными показателями работы узлов крепления сердечника статора к корпусу. Установлено, что в ненормальном режиме работы ТГ наиболее интенсивно изнашиваются узлы сердечника статора, а именно:

- ослабление давления запрессовки и разрушение зубцов крайних пакетов активной стали;
- замыкание сегментов сердечника статора и возникновение очагов локального перегрева;
- коррозионное разрушение активной стали сердечника статора;
- повреждения системы подвески сердечника статора;
- электрическая эрозия неактивных частей конструкции статора.

На основании проведенных исследований и анализа выходов из строя узлов крепления сердечника статора от влияния электромагнитных нагрузок в ненормальных режимах работы ТГ предлагается следующее:

- выполнять плановую диагностику узлов системы подвески статора и анализ зарождения и развития дефектов при использовании материалов изложенных в [1];
- осуществлять контроль показателей вибрации в крайних пакетах сердечника статора и в упругих элементах подвески сердечника с использованием рекомендаций изложенных в [2];
- поддерживать допустимую режимность работы ТГ, контролировать величину и скорости набора нагрузки и работу в режиме недо возбуждения ТГ в соответствии с результатами исследований, приведенных в [3].

### **Литература:**

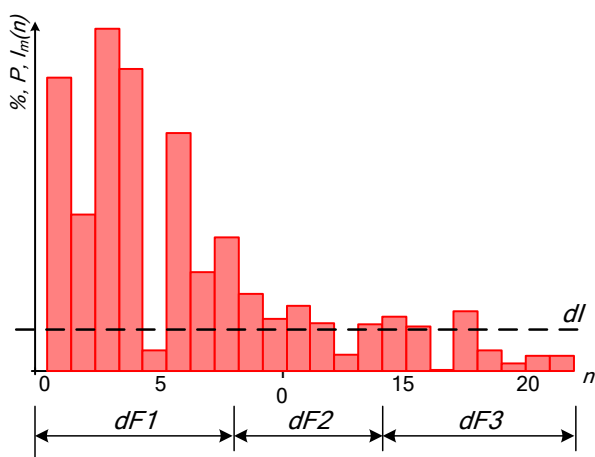
1. Строкоус А. В. Способы оценки состояния турбогенераторов, которые отработали срок эксплуатации / А. В. Строкоус, В. В. Шевченко // XI Міжнар. наук.-практ. конф. магістрантів та аспірантів, 18-21 квітня 2017 р.: у 3 ч. Ч. 2. / ред. Є. І. Сокол. – Харків: НТУ "ХПІ", 2017. – С. 72–73.
2. Шевченко В. В. Прогнозирование эксплуатационного ресурса турбогенераторов по данным вибрационного контроля / В. В. Шевченко, А. В. Строкоус // Norwegian Journal of development of the International Science. – 2017. – № 10. – С. 78–83.
3. Шевченко В. В. Режимы эксплуатации турбогенераторов с учетом требований устойчивости работы энергосистемы / В. В. Шевченко, А. В. Строкоус // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит / Energy saving. Power engineering. Energy audit. – 2016. – № 1. – С. 33–42.

## ВИЗНАЧЕННЯ ЄМНОСТІ ГІБРИДНОГО НАКОПИЧУВАЧА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Стисло Б.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Нерівномірність споживання з контактної мережі електричної енергії під час проїзду рухомого складу є однією з відомих проблем електропостачання. Підключення накопичувачів електричної енергії до контактної мережі або безпосередньо до споживача дозволяє істотно згладити режим завантаження системи електропостачання, забезпечити утилізацію енергії рекуперації, інтегрувати в існуючу мережу джерела відновлюваної енергії, в результаті чого, поліпшуються енергетичні показники системи електропостачання в цілому.



На даний час відома досить велика кількість накопичувачів енергії, що відрізняються як за видом енергії, що запасається, так і за конструктивним виконанням. Кожен тип накопичувача енергії має свої режими роботи, характерні конструктивні, енергетичні показники. Сукупність цих характеристик визначає раціональні області їх експлуатації.

Однією з істотних енергетичних характеристик накопичувача електричної енергії є діапазон частот, в якому можливий ефективний обмін енергією з накопичувачем (частотні характеристики). Ці характеристики різні для існуючих накопичувачів електричної енергії і, як правило, не перекриваються між собою, що дозволяє зробити висновок про доцільність застосування гібридних накопичувачів електричної енергії (складаються з накопичувачів з різними частотними характеристиками) для компенсації пульсацій споживаної потужності. Таке рішення дозволяє, в першу чергу, розширити частотний діапазон роботи накопичувачів, забезпечивши ефективний обмін енергії в кожній з частотних областей. Однак, для проектування гібридного накопичувача необхідно розробити методи, що дозволяють визначити встановлену потужність кожного з типів накопичувачів, що використовуються.

Пропонований метод ґрунтується на аналізі існуючих статистичних даних струму і напруги контактної мережі в місці підключення до неї споживача. Маючи інформаційний масив вимірювань споживаної нелінійним навантаженням потужності, в спектральному складі струмів можна виділити частотні діапазони ефективної роботи накопичувачів різних типів ( $dF1 - dF3$  рис. 1). Очевидно, що отримана спектрограма при досить великій виборці даних буде адекватно відображати вплив навантаження на контактну мережу на контрольованій ділянці.

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА БАЛАНСУВАННЯ РІВНІВ НАПРУГИ НА ПОСЛІДОВНО З'ЄДНАНИХ НАКОПИЧУВАЧАХ АКУМУЛЯТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ

Стисло Б.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Підвищення енергоефективності та зниження енергоємності залізничної галузі можливе за рахунок впровадження в існуючі системи електропостачання батарейних систем накопичення енергії (БСНЕ), призначених для накопичення енергії рекуперації та компенсації піків споживаного струму і провалів напруги шляхом повернення енергії з накопичувача в контактну мережу. Стрімкий розвиток силової електроніки та поява на ринку нових типів накопичувачів електричної енергії дозволяють створювати сучасні енергоефективні БСНЕ з високими динамічними властивостями. Серед існуючих типів електрохімічних накопичувачів електричної енергії найкращі енергетичні характеристики мають  $LiFePO_4$  акумулятори, що поєднують в собі всі переваги літєвих акумуляторів, до того ж є цілком безпечними з міркувань пожежонебезпеки. Відомо, що правильна експлуатація акумуляторних батарей дозволяє збільшити їх ресурс від 2 до 7 тис. зарядо-розрядних циклів. Задача вирівнювання рівнів напруги на послідовно з'єднаних акумуляторах, контроль за припустимими значеннями рівнів напруги на кожному з акумуляторів стеку покладається на систему енергоменеджменту батареї (*Battery Management System - BMS*). Авторами пропонується для реалізації цих задач використання інтелектуальної *BMS* на основі схеми активного балансира. В процесі балансування напруги на послідовно з'єднаних акумуляторах відбувається процес обміну енергією між акумуляторами. Інтелектуальна система балансування має обрахувати ще на початку балансування рівень напруги  $u_{eq}$ , до якого відбувається балансування. Ця величина дозволяє визначити які з акумуляторів мають надлишковий запас заряду, а які потребують додаткового заряду а також завершити процес передачі енергії при досягненні на акумуляторі рівню напруги  $u_{eq}$ .

*BMS* реалізує алгоритм прогнозного керування, що дозволяє зменшити кількість датчиків в системі, обмежившись лише одним – датчиком напруги на вимірювальній обмотці трансформатора. Всі інші параметри схеми (струм заряду, розряду, рівень розбалансування та величини внутрішніх опорів кожної батареї) обчислюються цифровою системою керування. Для зменшення потужності статичних втрат в силових ключах схеми використовуються синхронні випрямлячі. Зменшення потужності динамічних втрат досягається роботою перетворювача в режимі гранично-переривчастого магнітного поля. Оскільки в процесі балансування змінюються рівні напруги на акумуляторах, для забезпечення гранично-переривчастого режиму роботи перетворювача коефіцієнт заповнення імпульсів керування силовими ключами має визначатися системою керування на кожному такті ШІМ. Додатковим шляхом підвищення ефективності є застосування алгоритму оптимізації процесу балансування.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИСТРИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Сучков Г.М.<sup>1</sup>, Плеснецов С.Ю.<sup>1</sup>, Корж А.И.<sup>2</sup>, Суворова М.Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Национальный технический университет*

*«Харьковский политехнический институт»,*

<sup>2</sup> *Харьковская общеобразовательная школа № 103, г. Харьков*

Зададим напряженно-деформированное состояние, изменяющееся по гармоническому закону  $e^{i\omega t}$ , параметры которого определяются вектором смещения  $\vec{u}(x_k, t) = \vec{u}(x_k)e^{i\omega t}$ . Для неферромагнетика реализуется следующая цепочка преобразований

$$\vec{u}(x_k)e^{i\omega t} \Rightarrow \vec{j}^*(x_k)e^{i\omega t} \Rightarrow \vec{H}(x_k)e^{i\omega t} \Rightarrow \Phi e^{i\omega t} \Rightarrow U_0(\omega)e^{i\omega t}, \quad (1)$$

где  $\vec{j}^*(x_k)$  – амплитудное значение вектора плотности конвективного тока, который создается силами Лоренца [1]

Дифференциальное уравнение для внутреннего магнитного поля:

$$\text{rot rot } \vec{H} + i\omega r \mu_0 \vec{H} = \text{rot } \vec{j}^* \quad (2)$$

где  $n_j$  и  $n_i$  – компоненты вектора единичной нормали к ограничивающей объем деформируемого металла поверхности  $S$ ;  $\vec{H}_k$  и  $\vec{H}_i$  компоненты вектора  $\vec{H}$  напряженности магнитного поля рассеяния.

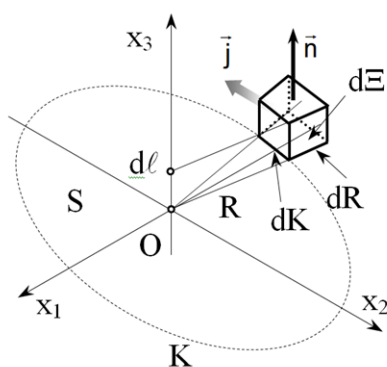


Рис. 1. К формулировке теоремы о наведенном магнитном потоке для неферромагнитных электропроводных материалов

Формализуя преобразование  $\vec{j}(x_k)e^{i\omega t} \Rightarrow \Phi e^{i\omega t}$  в алгоритме (1), рассмотрим токовую петлю (рис. 1), образованную трубкой результирующего тока проводимости  $\vec{j}(x_k, t)$ . Магнитный момент токового слоя, образованного совокупностью токовых трубок, занимающих площадку  $S$ , определяется следующим образом [2]:

$$d\vec{L}_{ct} = \frac{1}{2} d\ell \int_S [\vec{R}(x_k) \times \vec{j}(x_k, t)] dK dR, \quad (3)$$

где  $\vec{L}_{ct}$  – вектор магнитного момента;  $d\ell$  – толщина токового слоя;  $\vec{R}(x_k)$  – радиус кривизны токовой трубки.

Для гармонически изменяющегося тока  $\vec{j}(x_k, t) = \vec{j}(x_k)e^{i\omega t}$  значение разности электрических потенциалов  $U_0(\omega)$  определяется по закону Фарадея:

$$U_0(\omega) = -i\omega \frac{\mu_0}{2} \iiint_V [\vec{R}(x_k) \times \vec{j}(x_k)] \cdot \vec{\Psi}^{np}(x_k, \Gamma) dV \quad (4)$$

### Литература:

1. Бардзокас Д.И., Кудрявцев Б.А., Сенник Н.А. Распространение волн в электромагнитоупругих средах. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 236 с.
2. Тамм И.Е. Основы теории электричества. – М.: Наука, 1976. – 616 с.



## **ОБРАТИМЫЙ ДВУХЗВЕННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ С РАЗДЕЛЕННОЙ КОММУТАЦИЕЙ С ЧЕТЫРЕХКВАДРАТНЫМ КЛЮЧОМ ДЛЯ ПИТАНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

**Тихомиров В.Ю., Ивахно В.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

На сегодняшний день современные перспективные системы электропитания железных дорог постоянного тока и не только, должны включать в себя накопители электроэнергии, что, в частности, позволяет экономить ее.

Исследуемая система представляет собой совокупность аккумуляторной батареи и преобразователя (DC/DC конвертора с трансформаторной развязкой первичного и вторичного звеньев), которые устанавливаются на тяговых подстанциях железной дороги либо непосредственно на борту поезда и представляют из себя буфер обмена энергии. При торможении подвижного состава поезда будет происходить передача энергии рекуперации в буфер, а при разгоне энергия будет передаваться в обратном направлении. Это приведет к уменьшению потребления энергии из сети, что положительно сказывается на коэффициенте полезного действия системы, позволит уменьшить отклонения напряжения в линии от номинальной величины.

Одно из звеньев DC/DC конверторов с разделенной коммутацией (РК) строится на базе автономного инвертора тока (АИТ), другое - на базе автономного инвертора напряжения (АИН). Специальный алгоритм РК обеспечивает режимы коммутации ключей: для ключей АИТ включение - индуктивное снабберное, а выключение - естественное, в нулях тока (Zero Current Switching, ZCS); для ключей АИН выключение - емкостное снабберное, а включение - естественное, в нулях напряжения (Zero Voltage Switching (ZVS). Снабберы - простые, бездиссипативные. Наличие четырехквadrантного ключа в диагонали коммутатора АИТ позволяет изменять знак передаваемой средней мощности преобразователя без изменения знака входного и выходного напряжений. В работе исследуется поведение преобразовательной системы при передаче энергии от контактной сети с напряжением от 2000В до 4000 В через звено АИТ, трансформатор и звено АИН в аккумуляторную батарею с напряжением от 550 до 650 В. Номинальная средняя мощность - около 500 кВт.

В работе проводится имитационное моделирование процессов в преобразователе в среде МАТЛАБ. Производится выбор типа силовых IGBT - модулей, оценка параметров снабберов, выбор рабочей частоты и оценка параметров разделительного трансформатора.

## **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ И КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА**

**Ткаченко А.А., Хомченко П.А.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В 50% случаев отказы скребковых конвейеров происходят из-за порыва цепи вследствие действия пиковых динамических нагрузок, превышающих разрывные и возникающих при аварийном заклинивании. Вместе с тем, эксплуатация скребковых конвейеров сопровождается постоянно действующими периодическими динамическими нагрузками меньшей величины, которые возникают за счет особенностей зубчатой передачи и вызывают усталостные явления в металле, вследствие чего срок службы цепи значительно уменьшается. Измерение этих нагрузок на реальном оборудовании в условиях шахты затруднено. Поэтому актуальной является задача исследования работы скребкового конвейера на его компьютерной модели. В докладе приводится описание разработанной модели скребкового конвейера СР72, позволяющей исследовать динамические процессы в различных технологических режимах.

Рабочий орган скребкового конвейера в модели представлен системой с сосредоточенными параметрами и состоит из инерционных упруго-вязких звеньев, соединенных между собой. Каждое звено характеризуется суммарной массой  $m_i$  (цепи, скребка и груза), упругостью  $k$  и вязкостью цепи  $\beta$ . На каждую массу действуют силы трения скольжения угля по стали с коэффициентом трения  $\psi$ , при наклонной трассе – проекции силы тяготения, а также упруго-вязкие усилия со стороны соседних звеньев. Движение рабочего органа описывается системой дифференциальных и алгебраических уравнений, на основании которых составлена структурная схема. Компьютерная модель конвейера разработана в приложении Simulink пакета математического моделирования MATLAB.

В результате компьютерного моделирования скребкового конвейера СР72 получены трехмерные пространственно-временные динамические процессы скоростей  $V(x,t)$  и усилий  $F(x,t)$  в цепи, по которым установлена адекватность разработанной модели. При пуске конвейера волна упругих деформаций распространяется вдоль рабочего органа со скоростью 3300 м/с, а частота собственных колебаний равна 8,3 Гц. Полученные результаты совпадают с теоретически рассчитанными скоростями волн и частотами для эквивалентного упругого стержня с распределенной массой. Сравнение результатов моделирования с натурными осциллограммами показало достаточно высокое сходство динамических процессов скоростей. Таким образом, разработанная модель соответствует физическим процессам, которые происходят в рабочем органе реальных скребковых конвейеров, и может быть использована для дальнейших исследований.

## **ДЕМПФИРОВАНИЕ РАСКАЧИВАНИЯ ГРУЗА МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РАЗЛИВОЧНОГО КРАНА СРЕДСТВАМИ ЭП**

**Толочка И. Д. , Обруч И. В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Литейные мостовые краны являются основным подъёмно-транспортным оборудованием, которое используется на металлургических предприятиях для транспортировки, заливки и разлива жидкого металла.

Одной из основных задач любого современного предприятия является уменьшение длительности технологического процесса на всех участках производственного цикла. Однако на участке транспортировки жидкого металла в литейном производстве возникает дополнительное ограничение – угол отклонения ковша, которое определяется значением ускорения тележки мостового разливочного крана.

Значительную часть длительности технологического процесса на указанном участке занимает гашение колебаний ковша, поэтому данная задача является одной из главных для обеспечения условий сокращения времени производственного процесса.

Существует огромное количество методов гашения колебаний груза средствами электропривода. Одной из относительно несложных систем можно отнести систему с релейным приводом. Такие системы в основном используют для ограничения ускорения передвижения тележки, чтобы амплитуда колебания ковша не превышала критическое значение, а гашение колебаний в ней происходит за счет трения возникающее в механизмах подъема.

В условиях задачи уменьшения длительности технологического процесса понадобятся более сложные системы управления ЭП основанных на быстродействующих микропроцессорных системах. К таким системам можно отнести: систему автоматического регулирования колебаний SIMOCRANE и HIRAC (High Intelligent Pendulum and Automation Control), от фирмы SIEMENS систему от фирмы Schneider Electric.

Для существенного сокращения времени технологического цикла понадобятся системы, основанные на синтезе регуляторов методом нечеткой логики, а также методом нейронных сетей и генетических алгоритмов. Важной особенностью таких систем является наличие датчиков положения тележки и груза. В жестких условиях литейного производства, в качестве таких датчиков могут служить оптические или ультразвуковые.

## ДИНАМИКА ВЫСОКОТОЧНОГО ДВУХКАНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДАЧИ СТАНКА

Худяев А.А., Голобородько С.В.

*Национальный технический университет*

*«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В работах [1, 2] рассмотрена математическая модель движения итерационного двухканального электропривода (ЭП) подачи станка, структурно-алгоритмическая схема предлагаемого ЭП с учетом нелинейностей трения и обобщенной модели процесса резания. На основании [2] разработана схема имитационного компьютерного моделирования, позволяющая выполнить комплексную оценку динамических и точностных характеристик двухканального ЭП по сравнению с аналогичным одноканальным (типовым) ЭП подачи станка. В настоящем докладе представлены результаты моделирования, подтверждающие преимущества в быстродействии предлагаемого двухканального ЭП по сравнению с аналогичным по назначению традиционным одноканальным ЭП подачи типа ШИП-ДПТ (рис.1).

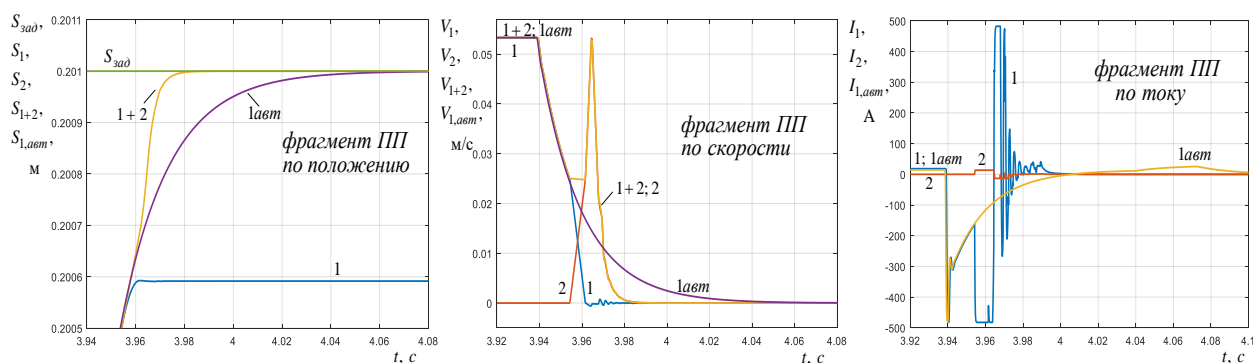


Рисунок 1 – Фрагменты переходных процессов (ПП) положения, скорости и тока в двухканальном и сравниваемом одноканальном ЭП МП станка при подаче РО в зоне больших перемещений ( $S_{PO} = 200$  мм)

Из рис. 1 видно, что при заданной величине подачи РО  $S_{PO} = 200$  мм сравнительное быстродействие двухканального ЭП может быть повышено в 1,15 раза. Внутри зоны малых и средних перемещений РО ( $0 < S_{PO} < 1$  мм) этот показатель возрастает до  $1,63 \div 3,08$  раза. Результаты работы позволяют создать адекватную компьютерную модель предлагаемого двухканального ЭП подачи, учитывающую основные динамические особенности подачи РО станка в процессе механообработки.

### Литература:

1. Худяев А. А. Математическая модель движения итерационного двухканального электропривода подачи с двумя винтовыми парами / А.А. Худяев // Сб. научных трудов «Вестник НТУ «ХПИ». Тематич. вып. – 2015. – №12 (1121). – С. 83–88.
2. Худяев А. А., Голобородько С. В. Математическая модель итерационного двухканального электропривода подачи станка с учетом нелинейности процесса резания / А. А. Худяев, С. В. Голобородько // Сб. научных трудов «Вестник НТУ «ХПИ». Тематич. вып. – 2017. – №27 (1249). – С. 160–164.

## **СИСТЕМА ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**

**Цапков А.Е., Ересько А.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Электрический аккумулятор — химический источник тока, который обеспечивает многократное накопление энергии для автономного электропитания различных электротехнических устройств и оборудования, а также для обеспечения резервных источников энергии в медицине, производстве, транспорте и т.д. Существует множество различных видов электрических аккумуляторов - для каждого из них характерны свои правила и особенности заряда. От условий эксплуатации аккумуляторы делятся на буферный или циклический режимы работы. Для увеличения срока службы аккумуляторных батарей повышенные требования предъявляются к зарядному устройству, а также необходима гибкая система мониторинга состояния аккумулятора.[1]

Существует множество вариантов зарядных устройств, как для быстрой, так и медленной безопасной зарядки аккумуляторных батарей. Современные сетевые зарядные устройства выполняются на основе высокочастотных импульсных преобразователей, что позволяет получить высокий КПД, малые размеры и вес. Требования к зарядным устройствам постоянно повышаются, поэтому исследование улучшения характеристик зарядных устройств является актуальной задачей.[2]

### **Литература:**

1. International Journal of Photoenergy Volume 2016, «Design and Experimental Results of Battery Charging System for Microgrid System», 2016.
2. [http://batteryuniversity.com/learn/article/all\\_about\\_chargers](http://batteryuniversity.com/learn/article/all_about_chargers)

## **ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ «РОЗУМНИЙ ДІМ» З СИСТЕМАМИ УПРАВЛІННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ**

**Чепелюк О.О., Зорін Є.Ю.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Системи «розумний дім» є досить затребуваними, протягом останніх років бурхливо розвиваються шляхом осучаснення елементної бази для їх реалізації, удосконалення алгоритмів їх роботи, поєднання систем «розумний дім» з сучасними системами енергозбереження та системами управління альтернативними джерелами енергії, використання центральних контролерів для управління вказаними системами із застосуванням віддаленого управління через мережу Internet та інші бездротові інтерфейси зв'язку, що свідчить про актуальність досліджень за вказаними напрямками.

У роботі було проведено аналіз найбільш сучасних та перспективних систем «розумний дім», що створюються у поєднанні з сучасними системами енергозбереження та системами управління альтернативними джерелами енергії; конструктивного устрою окремих елементів вказаних систем та особливостей їх функціонування у системах «розумний дім» із енергозбереженням, на основі чого було зроблено ряд висновків.

Ідеальне місце застосування таких технологій – приватні будинки і котеджі, а також окремі офісні будівлі. З огляду на те, що власники вказаних будівель витрачають значні кошти на їх утримання, вартість такого рішення буде відносно невеликою, окупність складе від декількох до десяти років. Наявність ряду таких рішень необхідно враховувати при розробці дизайну приміщень.

В Україні для вказаних будівель найбільш прогресивним є використання джерел альтернативної енергії таких як сонячні домашні електростанції для живлення електроприладів та самої системи, а також теплові насоси та сонячні колектори для регулювання клімату у помешканні й гарячого водопостачання. Об'єднання систем управління вказаних джерел альтернативної енергії із системою «розумний дім» приводить до суттєвої економії енергоресурсів.

Для автоматизації житлових приміщень краще всього використовувати найбільш технологічні «готові» рішення систем «розумний дім» від виробників зі світовим ім'ям. Такі системи володіють тим ступенем гнучкості, яка особливо вигідна для приватного користування, тому що є можливість переналаштування системи у зв'язку з появою нових пристроїв та елементів системи, а також є можливість оновлення програмного забезпечення при появі нових алгоритмів роботи, операційних систем, протоколів передачі даних, появі нових маршрутизаторів, інтерфейсів тощо.

Практичним результатом дослідження є систематизація інформації із зазначених систем, їх функціональних особливостей і характеристик та рекомендація щодо необхідності впровадження отриманих результатів в навчальний процес з метою вивчення систем «розумного дому» і їх елементної бази – апаратів, їх дослідження, популяризації та подальшого розвитку даного напрямку.

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЕ РІШЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО КОНТРОЛЕРА СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ ДІМ» НА БАЗІ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO**

**Чепелюк О.О., Москвич Є.Р.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Система «розумний дім» являє собою інтелектуальну систему управління, що забезпечує узгоджену і автоматичну роботу всіх мереж житлового приміщення. В залежності від способу технічної реалізації така система складається з окремих підсистем (управління і зв'язок, опалення, вентиляція, кондиціонування, освітлення, безпека, моніторинг тощо), кожна з яких функціонує окремо та керується за допомогою відповідного контролера управління чи об'єднуються в одне ціле та керуються за допомогою центрального контролера управління.

Аналізуючи наявні на актуальному ринку пристрої для реалізації окремих підсистем «розумного дому» можна зробити висновок, що переважна більшість із них призначена для виконання конкретної задачі, керується відповідним контролером і не може бути адаптованою для роботи в іншій підсистемі.

З огляду на вказаний вище недолік нами запропоновано концептуальне рішення універсального мікропроцесорного контролера системи «розумний дім» суть якого полягає у тому, що він, в залежності від встановленого у ньому програмного забезпечення, може використовуватися у різних підсистемах.

Такий пристрій може бути виконаним як єдине ціле та включатиме у себе наступні елементи: блок живлення зі стабілізатором напруги, мікропроцесорну платформу Arduino, модуль вводу, модуль виводу, графічний дисплей, модуль USB, модуль Wi-Fi та інші безпроводні інтерфейси (за потреби), провідний модуль Ethernet, модуль SD card (за потреби).

Модуль вводу передбачає підключення елементів управління, виносних датчиків контролю параметрів (температури, вологості, освітлення, присутності тощо) та панелі управління для здійснення певних налаштувань контролера, модуль виводу складається з релейних виходів (контактні чи твердотілі реле) та передбачає підключення виконавчих пристроїв. За допомогою модуля Wi-Fi може здійснюватися як налаштування універсального контролера для певної підсистеми «розумного дому» та керування нею, так і завантаження у нього спеціалізованої програми (управління опаленням, вентиляцією, освітленням тощо). Завантаження спеціалізованих програм може здійснюватися також і за допомогою провідного модуля Ethernet чи через модуль USB.

Перевагою такого рішення контролера є його універсальність, яка полягає у створенні єдиного пристрою для керування однією з багатьох підсистем «розумного дому» та доповнення до нього у вигляді різних програм. Популярність такого приладу може бути досягнута за рахунок широкого різноманіття програм керування та можливості їх оновлення, а також за наявності спеціалізованих програм віддаленого управління та контролю для сучасних смартфонів та планшетів.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

**Шайда В.П., Юр'єва О.Ю., Швед В.В.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Проблема підвищення конкурентоспроможності електричних машин характерна для всіх типів машин, як постійного так і змінного струму. Особу актуальність ця проблема набула в зв'язку з тим, що більшість електричних машин виготовляються Українськими підприємствами були розроблені ще за радянських часів.

Методики проектування, що використовувалися для їх розрахунків є інженерними, розрахунок магнітного ланцюга виконувався спрощено, без розрахунку магнітного поля машини. Такі методики характеризуються присутністю значних припущень, коефіцієнтів запасу та мають суттєві вади, які компенсувалися шляхом введення додаткових коефіцієнтів.

ПАТ «Електромашина» (м. Харків) є одним із ведучих електромашинобудівних підприємств в Україні. Основною його продукцією є двигуни постійного струму, щомісячний випуск яких складає до 200 одиниць. Значну частку випуску складають двигуни, що призначені для рухомого складу залізниці. Зрозуміло, що навіть незначна економія матеріалу при виробництві цих двигунів дозволить зменшити їх вартість і вагу, тобто підвищити їх конкурентоспроможність.

Аналізуючи конструкцію двигунів постійного струму, що розглядаються, було встановлено, що є можливість зменшення товщини станини без погіршення її міцності та властивостей двигунів. А враховуючи, що довжина заготовки станини більше 500 мм, то зменшення товщини станини на декілька міліметрів дасть значний економічний ефект. Який доповниться ще зменшенням трудоемності виробництва станини. Але, як відомо, станина є ланкою магнітного ланцюга, тому потрібно врахувати вплив зменшення товщини машини на її параметри. Такі дослідження слід проводити з використанням сучасних програмних комплексів, що дозволяють розраховувати магнітне поле двигуна методом скінчених елементів. Найбільш популярними є програми FEMM та Ansys Maxwell, перша має вільне розповсюдження, а друга має інструменти параметризації та оптимізації. Використання інженерних методик проектування з поєднанням сучасного програмного комплексу дозволить суттєво підвищити точність розрахунків, виявити ступінь використання складових магнітного ланцюга та проводити оцінку впливу різних конструктивних елементів.

За допомогою програми FEMM були проведені попередні розрахунки двигуна типу 4ПНЖ200S зі зменшеною товщиною станини. Результати розрахунків підтвердили, що параметри двигуна суттєво не змінюються.

Тому можна вважати, що в цих двигунах є достатній запас для удосконалення та покращення їх конструкції, тобто підвищення конкурентоспроможності.



## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ОБМОТКЕ РОТОРА АСИНХРОНИЗИРОВАННОГО ТУРБОГЕНЕРАТОРА**

**Шевченко В.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В работе даны рекомендации по вопросу ограничения динамических перенапряжений в распределенных фазных обмотках возбуждения асинхронизированных турбогенераторов (АСТГ), работающих в нестационарных режимах.

Анализ опубликованных работ позволяет сделать вывод, что наиболее часто перенапряжения в обмотке возбуждения АСТГ были отмечены при нестационарных режимах в цепях обмотки возбуждения или статора. В последние десятилетия, в связи с необходимостью модернизации и технического обновления устаревшего оборудования в электроэнергетике, стал вопрос о детальном исследовании и внедрении АСТГ, которые имеют ряд преимуществ. Одна из особенностей их конструкции — фазная распределенная обмотка возбуждения. Впервые такие машины в нашей стране были использованы в начале 60-х годов 20-го века на Иовской ГЭС. Несмотря на то, что работа таких генераторов в целом оценивается положительно, наблюдались пробой изоляции обмотки возбуждения, связанные с переходными режимами. Но вопрос установления причин появления и ограничения перенапряжений до настоящего времени остается актуальным. При переходных режимах в энергосистеме в токе статора возникают апериодические составляющие, индуктирующие в фазах ротора электродвижущие силы (ЭДС)  $E_r$ , которые, в зависимости от числа витков ротора, могут превышать номинальное напряжение статора. Хотя напряжение на кольцах ротора определяется возбудителем, распределение потенциалов по длине обмотки неравномерно, что проявляется в виде перенапряжений на отдельных группах секций. Этот фактор, по мнению ряда исследователей, является наиболее вероятной причиной пробоя изоляции катушек ротора. Обычно расчеты базируются на построении векторных диаграмм ЭДС обмотки возбуждения, создаваемых апериодическими токами статора. Более точные данные удастся получить, используя известные математические модели синхронных машин и подмодели для расчета искомых напряжений в переходных процессах. расчеты показали, что наиболее тяжелые условия (с точки зрения появления перенапряжений) связаны с режимами, когда максимально проявляются апериодические токи статорной обмотки: трехфазные короткие замыкания, близкие к выводам машины; повторные включения в сеть; грубая синхронизация и т.д. При скольжениях, отличных от нуля, динамические составляющие суммируются с существенно возросшим напряжением возбудителя. Можно предложить три способа снижения перенапряжений: изменение параметров генератора; уменьшение числа витков обмотки возбуждения; выбор рациональной схемы обмотки. Мы считаем, что наиболее радикальным является последний способ, например, замена волновой обмотки возбуждения на петлевою.

## СОГЛАСОВАНИЕ МОЩНОСТИ ВЕТРОДВИГАТЕЛЯ И ГЕНЕРАТОРА ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТИ ВЕТРА

Шевченко В.В., Бредун А.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В работе показаны способы согласования мощности генератора ветроэнергетической установки (ВЭУ) с характеристиками ветродвигателя (ВД).

При проектировании ВЭУ необходимо обеспечить ее устойчивую работу во всем диапазоне изменения скорости ветра, т.е. в каждой точке механической характеристики ВЭУ необходимо равенство мощностей ВД и генератора. Механическая мощность ВД зависит от скорости ветра и частоты вращения, причем каждой скорости ветра ( $V$ ) соответствует максимум развиваемой ВД механической мощности. Электромагнитная мощность генератора в общем случае также является функцией частоты вращения ротора, а точка рабочего режима ВЭУ находится на пересечении двух характеристик. Этой точкой определяется вырабатываемая электромагнитная мощность (минус потери в генераторе).

Реальная работа ВЭУ малой мощности при переменной частоте вращения и скорости ветра представлена на рис. 1, где в о.е. построены механические характеристики ВД - зависимость мощности  $P$  от угловой частоты вращения ротора  $\omega$  при реальных скоростях ветра  $V$  в диапазоне от 5 до 20 м/с. Линейная часть всех механических характеристик (линии  $a-a'$ ,  $b-b'$ ,  $c-c'$  и  $d-d'$ ) соответствует устойчивой работе генератора.

Номинальному режиму работы ВЭУ соответствует точка  $a'$ . При  $\omega = \text{const}$  и переменной скорости ветра рабочие точки располагаются на вертикальной пунктирной прямой  $a'-d'$ . При переменной частоте вращения ( $\omega \rightarrow \text{var}$ ) можно обеспечить работу при всех скоростях ветра в точках, близко расположенных к максимальным (точки  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$ ). Как видно, при такой работе увеличивается в целом мощность, выдаваемая ВД, а значит, увеличивается и выработка электроэнергии, что позволяет более эффективно использовать ветропотенциал местности. Например, при  $\omega_N = \text{const}$  и  $V = 7,5$  м/с (точка  $d'$ ) мощность уже практически равна нулю, так как при  $\omega \rightarrow \text{var}$  эта мощность составляет почти 25% от номинальной мощности ВЭУ.

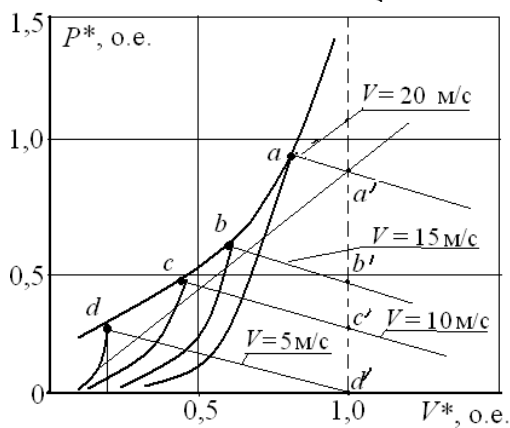


Рисунок 1- Механические характеристики ветродвигателя

Для обеспечения устойчивой работы ВЭУ рабочие точки должны лежать на кривой  $d-c-b-a$ , представляющей собой геометрическое место механических характеристик ВЭУ при различных скоростях ветра. С энергетической точки зрения для согласования рассмотренных характеристик  $P=f(V)$  необходимо регулировать мощность возбуждения генератора, углы установки лопастей, углы установки тиристоров выпрямителя и инвертора.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ОБЛАСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ**

**Шевченко В.В., Дзюба Н.И.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В работе показаны практические направления применения сверхпроводимости (СП-сти). Перспективы практического применения СП-сти очевидны, но первые СП-ники требовали низких температур ( $<77$  К) и могли проводить лишь небольшие токи. При превышении критической плотности тока СП-мость разрушалась. Области применений СП-ников разделяют на маломощную электронику (вычислительные устройства, детекторы магнитного поля и излучений, оборудование связи в микроволновом диапазоне) и силовые применения (кабели, токоограничители, магниты, двигатели, генераторы, накопители энергии). Материальной базой для электроники являются структуры на основе тонких эпитаксиальных пленок размером не более  $100$  см<sup>2</sup>, а для силовых устройств используют гибкие провода длиной более  $1$  км, способные пропускать большой ток. В силовых электроприемниках СП-ники снижаются энергопотери и сокращают массогабаритные показатели оборудования.

Ограничивающим фактором использования СП-ников является необходимость поддержания низких температур, что требует энергозатрат, поэтому наиболее актуально применение СП-ков в устройствах большой мощности: электрические линии на десятки МВт и более, промышленные производства с высоким энергопотреблением. В этих случаях затраты на криообеспечение пренебрежимо малы. Высокая плотность тока в СП-никах позволяет уменьшать размеры оборудования, создавать магнитные поля большой силы, недостижимые обычной аппаратурой. Это свойство используется для создания мощных магнитов (ускорители, томографы), трансформаторов, генераторов, двигателей и др. Так, замена медной обмотки в трансформаторах на СП-щие провода позволит уменьшить потери электроэнергии на  $80-90\%$  и снизить общую массу в  $2-3$  раза. Исключение трансформаторного масла делает СП-трансформатор пожаробезопасным и экологически чистым, а уменьшенное старение изоляции из-за низких рабочих температур и отсутствие температурных градиентов увеличивает время эксплуатации. В наше время СП-щие трансформаторы продаются как стандартные устройства. СП-ковые двигатели и генераторы отличаются высокой компактностью при массе в  $2-3$  раза меньшей, чем у традиционных аналогов, и обладают высокой тягой даже на низких оборотах. С середины 90-х гг. начали применяться на практике накопители энергии на основе СП-дящих соленоидов. В электрических сетях напряжением  $6-10$  кВ применение СП-ков позволяет эффективно ограничивать токи короткого замыкания. Через  $10-20$  лет СП-мость будет широко использоваться в энергетике, промышленности, на транспорте, в медицине и электронике. Внедрение СП-технологий приведет, как к простой замене традиционного оборудования на более эффективное СП-дящее, так и к появлению совершенно новых технологических нововведений.

## **АРГУМЕНТАЦИЯ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ СТЕРЖНЕЙ ОБМОТКИ СТАТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА**

**Шевченко В.В., Семенютин Д.Г.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В работе приведена аргументация необходимости создания трехмерной модели стержней обмоток статоров турбогенераторов (ТГ) для определения их теплового состояния.

Выпуск все более мощных ТГ привел к необходимости интенсификации охлаждения его элементов. Наиболее теплонапряженными элементами ТГ являются стержни обмотки статора, тепловое состояние которых зависит от величины циркуляционных токов и условий теплоотвода. В ремонтной и аварийной документации ТГ отмечено большое количество повреждений конструктивных элементов статора, вызванных тепловыми нагрузками. Около 15÷20 % отказов приходится на отказ стержней статорных обмоток из-за повреждения изоляции при их нагреве. В условиях эксплуатации ведется контроль теплового состояния только пазовой части стержней, контроль лобовых частей не предусмотрен. Существующие методики расчета позволяют определить тепловое состояние стержней, но точность такого расчета низкая, т.к. эти методики не учитывают сложную геометрию лобовых частей, неоднородность тепловыделения, условий их обтекания потоком охлаждающего воздуха. Максимальная нагрузка ТГ ограничивается допустимыми рабочими температурами применяемых материалов активных частей, которые закладываются на этапе проектирования, и система охлаждения должна обеспечить эти температуры в пределах, указанных в техническом задании. При проведении тепловых расчетов в зарубежной и отечественной практике проектирования ТГ применяют следующие методы: 1) метод развернутых эквивалентных схем, который основан на представлении конструкции, как однородного тела. Достоинство метода - возможность быстрого расчета температурного состояния ТГ и определение характерных значений температуры в элементах конструкции. Существенным недостатком является большая погрешность ( $\pm 10\%$ ), что делает невозможным применением данного метода при расчете температурного состояния высоконагруженных ТГ; 2) аналитический метод определения теплового состояния основан на аналитическом решении системы дифференциальных уравнений, описывающих распределение температуры вдоль узлов и деталей ТГ; 3) метод конечных элементов применяется в современных прикладных программах типа Solid Works Simulation, Ansys, ELCUT для моделирования тепловых и электромагнитных полей. Достоинством метода является высокая точность. Однако данный метод не использовался при анализе теплового состояния лобовых стержней статора, для которых характерно сложное 3-мерное распределение тепловых потерь и условий теплоотвода.

Поэтому необходимо разработать трехмерную модель, которая обеспечит расчет температурного поля стержней статора с учетом более точного учета потерь, вызванных циркуляционными токами и омическими потерями в зоне лобовых частей, с учетом условий теплоотвода с поверхности стержня.

## ВИЗНАЧЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ЩОДО ОБРАННЯ ГЕОМЕТРІЇ АКТИВНОЇ ЧАСТИНИ СИНХРОННИХ МАШИН У ВІДПОВІДНОСТІ ДО НОМІНАЛЬНИХ ДАНИХ

Юр'єва О. Ю., Шайда В.П.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В загально прийнятій практиці проектування синхронних машин ґрунтується на формулі машинної постійної з коефіцієнтом 6,1 [1]. Для перевірки адекватності існуючої формули використовувались технічні дані синхронних машин середньої потужності 16-го та 17-го габаритів. Результати розрахунку показали, що в жодному випадку тотожність формули машинної постійної не було дотримано. Розкид отриманих значень від середнього сягає 97 %. Цей висновок має непряме підтвердження в [2], де виявлено порушення принципу геометричної подібності для синхронних машин середньої потужності.

При проектуванні нових синхронних машин пропонується користатися формулою, отриманою на підставі формули повної потужності,

$$\frac{d_s^2 \cdot l_s \cdot n_N}{S_N} = \frac{60\sqrt{2}}{\pi^2} \cdot \frac{1}{\alpha_e \cdot k_f \cdot K_W \cdot B_\delta \cdot A_s}, \quad (1)$$

де  $d_s$  та  $l_s$  – внутрішній діаметр та довжина осердя статора відповідно,  $n_N$  – частота обертання,  $S_N$  – номінальна потужність,  $\alpha_e$  – еквівалентний коефіцієнт дуги полюса ротора;  $k_f$  – коефіцієнт форми магнітного поля в повітряному проміжку;  $K_W$  – обмотковий коефіцієнт обмотки статора,  $B_\delta$  – магнітна індукція,  $A_s$  – лінійне навантаження. Всі величини виражені в системі одиниць SI.

Корисний об'єм  $d_s^2 \cdot l_s$  спроектованих синхронних машин завищений за об'єм, розрахований за (1), мінімум в 2 рази. Це можна пояснити тепловими навантаженнями, конструктивними особливостями та вимогами виробництва. Теплові навантаження на обмотку статора примушують зменшувати густину струму. Зовнішній та внутрішній діаметри статора можуть збільшуватися для можливості розміщення обмотки збудження. Геометрія осердь статора та ротора прив'язана до наявних штампів на виробництві.

Таким чином, при проектуванні нових синхронних машин середньої потужності корисний об'єм  $d_s^2 \cdot l_s$ , отриманий за (1), є мінімально необхідним при заданих номінальних даних та постійних електромагнітних навантаженнях.

### Література:

1. Копылов И. П. Проектирование электрических машин / И. П. Копылов, Ф. А. Горяинов, Б. К. Клоков и др. Под ред. И. П. Копылова. – М. : Издательство Юрайт, 2011. – 767 с.
2. Загирняк М. В. Оценка электрических машин и их серий с использованием функциональных зависимостей параметров от обобщенного линейного размера / М. В. Загирняк, В. В. Прус, Б. И. Невзлин // Технічна електродинаміка. – 2013. – № 5. – С. 32–40.

## СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

Ященко Г.В., Шамардина В.Н.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Работа ветрогенератора (ВГ) зависит от силы ветра, при сильном ветре конструкция испытывает большие нагрузки, поэтому необходимо выполнять ограничение скорости вращения ротора и мощности ВГ. Система регулирования (СР) должна обеспечить оптимальный режим при различных  $v$  - скоростях ветра, для чего часто используется «pitch-регулирование», когда лопасти ВГ поворачиваются по направлению ветра, изменяя «угол атаки».

Цель работы - синтез СР активной мощности ВГ с использованием векторного управления моментом генератора.

Двухконтурная СР мощности ВГ на основе асинхронного генератора с короткозамкнутым ротором состоит из контуров регулирования скорости вращения ветроколеса и электромагнитного момента (рис.1).

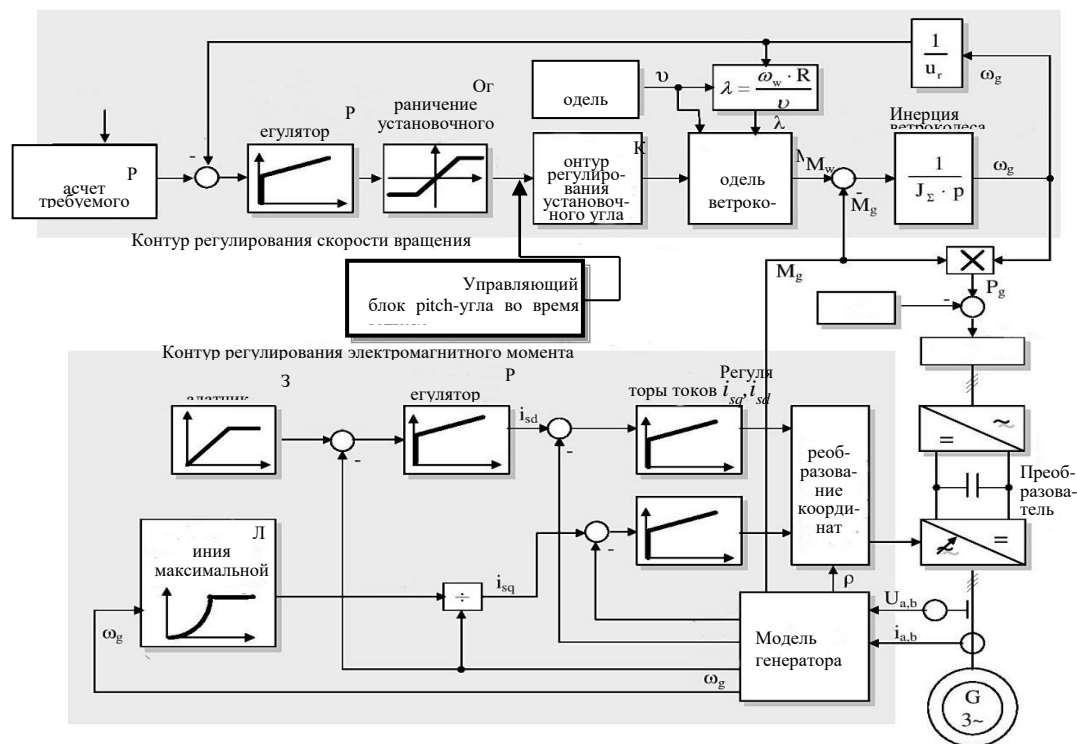


Рисунок 1 – Двухконтурная СР активной мощности ВУ

ВГ не работает при скорости ветра  $v = 0...4$  м/с, pitch-угол=90°. При легком ветре  $v = 4...13$  м/с, ВГ не достигает номинальной мощности, pitch-угол=0°. При сильном ветре  $v = 13...25$  м/с, СР должна ограничивать выходную мощность, pitch-угол увеличивается со скоростью ветра от 0° до 30°. При номинальной мощности ВГ ее активная составляющая остается постоянной.

Вывод: при изменении скорости ветра СР стабилизирует мощность ВУ.

### Литература:

1. Siegfried Heier. Windkraftanlagen - Systemauslegung, Netzintegration und Regelung. - Westbaden: Vieweg+Teubner, GWV Fachverlage GmbH, 2009, – 482 с.

## **СЕКЦІЯ 10. СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ**

### **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ**

**Абрамов В.Б.**

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»,  
г. Киев*

Изоляционные жидкости растительного происхождения (ИЖРП), получаемые в результате обработки растительных масел (очистка масла, полученного из одного растительного сырья или смеси масел из различного сырья, введение присадок), имеют несомненные преимущества в сравнении с традиционными минеральными маслами (ММ). Вместе с тем, применение ИЖРП в электрооборудовании вместо ММ будет сопровождаться рядом отличий. Изоляционная конструкция электрооборудования должна учитывать, что импульсная электрическая прочность ИЖРП меньше, чем у ММ, т.е. эта конструкция будет несколько иной. И уж ни в коем случае нельзя без такого учета заменить в уже изготовленном электрооборудовании ММ на ИЖРП. Худшая термоокислительная стабильность ИЖРП вынуждает искать и применять нужные присадки. Причем, это не традиционный для ММ ионол, а иные (в целом ряде случаев комбинированные) присадки, зависящие, к тому же, от сырьевого происхождения ИЖРП. Поскольку эксплуатационный контроль подразумевает, в т.ч. определение концентраций присадок, возникает необходимость иметь и применять специализированные методики и технические средства для его проведения. Процессы старения и образующиеся вследствие этого продукты старения для ИЖРП – другие. Некоторые из таких продуктов способствуют меньшей деградации целлюлозной изоляции, и это должно благоприятно сказаться на продолжительности эксплуатации этой изоляции. Соотношения и абсолютные значения газов, образующихся вследствие деструкции ИЖРП, имеют существенные отличия от тех, которые обнаруживаются в ММ под воздействием аналогичных энергетических влияний. Это, скорее всего, не позволит использовать уже имеющиеся для ММ методики диагностирования наличия и развития дефектов в высоковольтном оборудовании. Для обеспечения достоверности выводов о дефектах потребуется разработка своих оригинальных методик. Содержание воды, которая может быть растворена в ИЖРП, в несколько десятков раз превышает такое содержание в ММ при аналогичных условиях увлажнения. Это означает, что увлажнение целлюлозной изоляции в среде ИЖРП может происходить медленнее, а процессы гидролиза будут иными. Кроме того, поскольку электрическая прочность жидких диэлектриков обратно пропорциональна их относительной влажности, то при одинаковом количестве воды в ИЖРП и ММ пробивное напряжение ИЖРП будет выше. Таким образом, правильное применение ИЖРП в высоковольтном оборудовании будет требовать учета всех отличий от использования ММ - отличий, имеющих как позитивный, так и негативный характер.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ МОЩНОСТЬЮ 200 МВт ЗМИЕВСКОЙ ТЭС ПРИ ПЕРЕВОДЕ КОТЛОАГРЕГАТОВ НА СЖИГАНИЕ УГЛЕЙ ГАЗОВОЙ ГРУППЫ.**

**Александров Е.В., Золотоверхая Е.С., Кузарь И.А.**

***ГП «Харьковский научно – исследовательский институт комплексной  
автоматизации»,  
г. Харьков***

В 2017 г. на блоках №2 и №5 Змиевской ТЭС в рамках работ по переводу котлоагрегатов на сжигание углей газовой группы была выполнена модернизация системы контроля и управления технологическим процессом. Модернизированная СКУ имеет двухуровневую структуру. Нижний уровень реализован на базе современных, компактных, многофункциональных контроллеров производства фирмы TREI GmbH. Верхний уровень реализован на высокопроизводительных компьютерах в промышленном исполнении объединенных локальной сетью. Наладка систем на объекте выполнялась в сжатые сроки, с начала монтажа оборудования до ввода в эксплуатацию потребовалось около двух месяцев на каждый блок. За счет распределенной, модульной архитектуры системы обеспечивается возможность расширения и наращивания функциональности системы при дальнейшей полномасштабной модернизации АСУ ТП энергоблоков 200МВт. В СКУ реализованы следующие информационные и управляющие функции:

- представление персоналу БЦУ оперативной информации о ходе технологического процесса, состоянии оборудования энергоблока в режиме нормальной эксплуатации и в аварийных режимах, обеспечивающей принятие решений по оптимальному управлению технологическим оборудованием энергоблока;
- представление информации о работе автоматического регулирования, технологических защит оборудования, контроля входных аналоговых сигналов;
- технологическая сигнализация на мониторах рабочих станций и звуковая сигнализация;
- управление режимами работы автоматических систем;
- дисплейное дистанционное управление запорной и регулирующей арматурой, а также механизмами собственных нужд;
- фиксация в архивах и протоколирование значений параметров и событий с целью анализа работы оборудования и действий оператора во всех режимах работы оборудования энергоблока.

Вспомогательные функции системы предназначены для создания и коррекции информационного обеспечения системы, обеспечивающего работу прикладных программ, и диагностики состояния технических и программных средств СКУ.

Опыт разработки и внедрения представленных систем может использоваться при модернизации АСУ ТП тепловых энергоблоков Украины.



## **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

**Артеменко А.Д., Сахарук О.И., Барри Ахмед**  
*Национальный технический университет*  
*«Харковский политехнический институт»,*  
*г. Харьков*

Города, являются значительными потребителями электроэнергии. Через городские электрические сети передается и распределяется до 40 % всей вырабатываемой электроэнергии. Развитие систем электроснабжения города связано с ограниченной возможностью выбора трасс линий электропередачи и площадок подстанций вследствие большой ценности городской территории, а также с повышенными архитектурно-эстетическими градостроительными требованиями к элементам сооружаемой электрической сети. Решающая роль электроэнергии в обеспечении нормальной жизнедеятельности города требует высокой надежности систем электроснабжения. С учетом размещения на территории городов современной промышленности с широким использованием электроники, вычислительных центров, робототехники, наличием в этих городах метрополитенов, больших спортивных и зрелищных комплексов с массовым скоплением людей можно оценить частицу потребителей первой и второй категории в размере 70–75 % общей нагрузки города. Рост электропотребления в городах связан не только с увеличением числа жителей и развитием промышленности, но и с непрерывным проникновением электроэнергии во все сферы жизнедеятельности населения. Это, в свою очередь, требует систематического расширения электрических сетей городов. Кроме того, в это время становится актуальной задача реконструкции и модернизации физически и морально устаревших электрических сетей. Развитие и совершенствования городских систем электроснабжения включает следующие основные направления: повышение номинального напряжения и исключения промежуточных трансформаций напряжения; создание в городах высоковольтной кольцевой сети в соединении с глубокими вводом 110 кВ и ПС 110/10 кВ, выполненными по упрощенным схемам коммутации; применение в распределительных сетях преимущественно кабельных линий 0,38–10 кВ; использование в ТП 10/0,38 кВ и понижающих ПС 110/10 кВ современного малогабаритного герметизированного оборудования. Все указанные вопросы рационального выполнения городской системы электроснабжения имеют технико-экономический характер и их решение должно базироваться на результатах соответствующих расчетов и обоснований. Особенно актуальным при проектировании развития и реконструкции системы электроснабжения городов в это время, кроме указанных выше требований обеспечения надежности электроснабжения потребителей (что состоит в обеспечении необходимой степени резервирования элементов схем сети и организации эксплуатации) есть мероприятия по регулированию напряжения и поддержка его качества, а также снижение потерь электроэнергии в распределительных и питательных сетях всех ступеней напряжения.

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ЧАС ПРИ ПОШУКУ ДІЛЯНКИ МЕРЕЖІ З ОДНОФАЗНИМ ЗАМИКАННЯМ НА ЗЕМЛЮ**

**Базилевич М.В., Баран П.М., Кідиба В.П., Сабадаш І.О.**

*Національний університет «Львівська політехніка»,*

*м. Львів*

Найбільш надійно і селективно визначають пошкоджену ділянку мережі використовуючи поздовжній диференційний захист: порівнюються напрями струмів нульової послідовності (ЗІО) по кінцях лінії, що захищається. При ОЗЗ на даній ділянці лінії напрями струмів ЗІО співпадають (від шин в лінію), при ОЗЗ в зовнішній частині мережі напрями струмів ЗІО протилежно напрямлені. Перевагою даного методу є можливість використання алгоритмів захисту від ОЗЗ, що працюють по параметрах перехідного процесу. Це дозволяє селективно визначати пошкоджену ділянку і за дугових ОЗЗ. Також режим заземлення нейтралі не впливає на селективність даного методу. Але даний метод має і суттєвий недолік – необхідність здійснення обміну інформацією про напрям струмів ЗІО по кінцях лінії. Як правило для цього використовується провідна лінія, по якій передається вторинний струм трансформатора струму нульової послідовності. Даний метод має наступні недоліки: порівняння необхідно здійснювати в режимі процесу; нетехнологічність (необхідно прокладати провідну лінію); вартість самої лінії є досить великою. В запропонованому методі використовується той факт, що за ОЗЗ немає необхідності вимикати пошкоджену лінію в темпі аварійного процесу. Набагато важливіше селективно визначити пошкоджене приєднання. Тобто процес визначення пошкодженої ділянки відбувається в 2 етапи: на першому етапі реєструються напрямки струмів ЗІО під час ОЗЗ; на 2 етапі пристрої обмінюються інформацією про напрямки струмів ЗІО і порівнюють їх. Обмін інформацією можна здійснювати, використовуючи безпровідні мережі (що суттєво зменшує вартість захисту і підвищує зручність його побудови). Але необхідно, щоб інформація про напрям струмів ЗІО в перший момент перехідного процесу стосувалась одного і того ж імпульсу струму ЗІО. Це особливо важливо при дугових замиканнях. Якщо інформація стосуватиметься різних моментів ОЗЗ алгоритм буде працювати неселективно. В даному методі пропонується доповнювати інформацію про напрям струмів ЗІО інформацією про час реєстрації напрямків. Час має бути абсолютний, а не відносний час пристрою релейного захисту. Оскільки інтервал між пробоями може становити 10 мс, то необхідно фіксувати час пробоя із точністю не гіршою, ніж 2 мс. Таку точність неможливо досягнути за допомогою внутрішнього годинника пристрою. Але така точність легко досягається за допомогою систем глобального позиціонування (GPS-синхронізації). Враховуючи, що приймачі GPS все більше використовуються при побудові систем захисту і автоматики, така система є дешевою і відпрацьованою.

**Висновок.** Використання інформації про час ОЗЗ дозволяє знаходити пошкоджену ділянку електричної мережі за диференційним принципом із відсутності необхідності здійснення операцій обміну даними в режимі реального часу.

## ПОСТРОЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

**Барбашов И.В., Архипов М.В., Ходунай А.В.**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

При проектировании схем развития распределительных сетей энергосистем должны использоваться перспективные электрические нагрузки узлов сети. Наиболее точный результат достигается при использовании для характеристик узлов ожидаемых графиков их нагрузок, конфигурация которых принимают исходя из типовых графиков отдельных электроприемников и групп потребителей. Типовые графики строятся по показаниям измерительных или самопишущих приборов для большого количества однотипных электроприемников. Для получения графиков на ближайший период при незначительном изменении структуры электропотребления может быть использован метод аналогий, по которому за основу принимается отчетный график с необходимыми уточнениями. Для более далекой перспективы, а также для новых быстро развивающихся энергосистем применяются способ суммирования типовых отраслевых графиков или методы, по которым графики составляются из постоянной и переменной составляющих технологической и осветительно-бытовой нагрузок [1].

Более простой и менее трудоемкий путь определения электрических нагрузок при расчетах электрических сетей состоит в использовании режимных коэффициентов:

– коэффициента разновременности максимумов (для определения максимальной электрической нагрузки узла)  $k_{р.м} = P_{узла} / \sum P_i$ , где  $P_{узла}$  – максимальная нагрузка узла;  $\sum P_i$  – максимальные нагрузки потребителей, питающихся от узла;

– коэффициента попадания в максимум энергосистемы (для определения нагрузки узла в период прохождения максимума нагрузки энергосистемы)  $k_m = P_{узла (нб)} / P_{узла}$ , где  $P_{узла (нб)}$  – нагрузка узла в период максимума нагрузки энергосистемы. Ориентировочные значения режимных коэффициентов приведены в [1].

Расчет электрических сетей с использованием для характеристик узлов графиков их нагрузок либо режимных коэффициентов безусловно способствует повышению точности получаемых значений параметров режимов и повышают экономичность проектируемой сети: завышение значений параметров приводят к увеличению сечений, мощностей трансформаторов и др., а занижение – к недостаточной пропускной способности выбранных элементов сети.

### Литература:

1. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / В. В. Ершевич, А. Н. Зейлигер, Г. А. Илларионов и др.; Под ред. С. С. Рокотяна и И. М. Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 286 с.

## **СХЕМЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 330–35 кВ ЭНЕРГОСИСТЕМ**

**Барбашов И.В., Закрецкая О.И., Нечитайло А.М.**

*Национальный технический университет  
«Харковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Разработка вариантов развития современных электрических сетей 330–35 кВ осуществляется на основе требований и рекомендаций «Норм технологического проектирования энергетических систем и электрических сетей 35 кВ и выше» (ГКД.341.004.003-94), распространяющихся на все виды проектных работ по развитию энергосистем и электрических сетей. При проектировании электрических сетей 330–35 кВ должна обеспечиваться экономичность их развития и функционирования с учетом рационального сочетания сооружаемых элементов сети с существующими. Развитие сетей 330–35 кВ должно предусматриваться на основе единых принципов, исходящих из целесообразности использования технически и экономически обоснованного минимума схемных решений, обеспечивающих построение сети из типовых унифицированных элементов (в соответствии с нормативно-технической документацией по проектированию линий [1] и ПС [2]).

Предлагаемые варианты конфигурации электрических сетей 330–35 кВ при проектировании их развития ставят ряд задач, связанных с определением параметров режимов сложнзамкнутых сетей, выполнением технико-экономических расчетов при реконструкции электрической сети (в частности, проходных ПС), обеспечением действующих нормативов по качеству электрической энергии, надежности электрических сетей, их безопасности и минимального негативного воздействия на окружающую среду.

Кроме общих требований к развитию электрических сетей 330–35 кВ «Нормы технологического проектирования энергетических систем и электрических сетей ...» содержат схемы систем электроснабжения промузлов, промпредприятий, городов и транспортных потребителей. Проектирование перечисленных объектов также связано с решением комплекса задач определения параметров их режимов, выбора и проверки основных характеристик систем электроснабжения, обеспечения нормативов по экономичности, качеству, надежности и т. д.

Решение поставленных задач создает предпосылки продления срока службы одного из важнейших элементов электрических сетей Украины – сетей 330–35 кВ – с одновременным приведением линий и ПС этих сетей к современному техническому уровню.

### **Литература:**

1. Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи 0,38–750 кВ. Провода линий электропередач 35–750 кВ. ГКД 341.004.002-94. – Киев, 1994. – 4 с.
2. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 6–750 кВ. ГКД 341.004.001-94. – Киев, 1994. – 138 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПОДБОРА С КОРРЕКЦИЕЙ ПО УРАВНИТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

**Барбашов И.В., Обухов В.Р., Риморев Д.С.**  
*Национальный технический университет  
«Харковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Анализ режимов простых замкнутых электрических сетей возможен при разных вариантах организации вычислений [1]: 1) рассматривать сеть как замкнутую и расчет выполнять на основе второго закона Кирхгофа (контурных уравнений); 2) вести расчет сети как разомкнутой, разрезая сеть по одному из узлов с источником питания. В этом случае результатом расчета должно быть такое потокораспределение в сети, при котором напряжения в начале и конце равны заданным. При втором варианте организации вычислений расчет разомкнутой сети дополняется наложением на полученное потокораспределение так называемой корректирующей мощности. Применение указанного подхода особенно целесообразно для уточненного анализа простых замкнутых электрических сетей, требующего учета нелинейных характеристик элементов схем замещения электрических сетей и статических характеристик по напряжению нагрузок потребителей. Как показал анализ, расчет простых замкнутых электрических сетей на основе метода контурных уравнений (с разрезанием сети по точкам потокораздела) с учетом нелинейности характеристик элементов схем замещения сетей и статических характеристик нагрузок потребителей практически не выполним. Такой же вывод можно сделать относительно метода систематизированного подбора, отличающегося громоздкостью и дающего весьма приближенные результаты [2].

Алгоритм расчета простых замкнутых электрических сетей с учетом нелинейных характеристик элементов схем замещения электрических сетей и статических характеристик по напряжению нагрузок потребителей на основе метода подбора с коррекцией по уравнительной мощности приведен в [2]. Этот алгоритм содержит учет всего диапазона изменений коэффициентов трансформации трансформаторов с устройствами РПН и ПБВ.

Учет характеристик нелинейных элементов и диапазона изменений коэффициентов трансформации трансформаторов с устройствами РПН и ПБВ при анализе режимов простых замкнутых электрических сетей требует большого объема вычислений и реализуется в виде компьютерных программ.

### **Литература:**

1. Электрические системы. Электрические сети / В. А. Веников, А. А. Глазунов, Л. А. Жуков и др.; под ред. В. А. Веникова, В. А. Строева. – М. : Высш. шк., 1998. – 511 с.
2. Барбашов И.В. Расчет установившихся режимов замкнутых электрических сетей в примерах и задачах : учеб. пособ. / И. В. Барбашов, Г. В. Омеляненко – Харьков : НТУ «ХПИ», 2018. – 144 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ВКЛЮЧЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПОДСТАНЦИЯХ В РЕЖИМАХ МИНИМУМА НАГРУЗКИ

**Барбашов И.В., Хомяков Д.Р., Хрипунов Б.М.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Экономически целесообразный режим работы трансформаторов на подстанциях относится к эффективным мероприятиям по снижению потерь электроэнергии. На подстанциях, от которых питаются потребители I и II категорий надежности, а также на районных подстанциях энергосистемы, как правило, устанавливаются два и более трансформаторов. При этом возможна их раздельная и параллельная работа.

При минимумах суточного и годового графиков нагрузок часть трансформаторов целесообразно отключить. При этом, если подстанция питает потребителей I категории, при отключении одного из трансформаторов должен быть предусмотрен автоматический ввод резерва. В литературных источниках, например [1], приводится условие отключения части трансформаторов при минимумах суточного и годового графиков нагрузок, выведенное для случая однотипных двухобмоточных трансформаторов, что значительно ограничивает область его применения.

Предлагается число включенных трансформаторов в режимах минимума нагрузки определять по условиям:  $\Delta P_{T(1)} < \Delta P_{T(2)}$   $n_T = 1$ ,  $\Delta P_{T(1)} > \Delta P_{T(2)}$   $n_T = 2$ .

Для 2-обмоточных трансформаторов  $\Delta P_{T(1,2)} = n_T \Delta P_X + (\Delta P_K / n_T) k_{\text{заг}(1,2)}^2$ , где  $k_{\text{заг}(1,2)}$  – коэффициенты загрузки,  $k_{\text{заг}(1,2)} = S_{\text{н.нм}} / (n_T S_{\text{ном.т}})$ ;  $n_T$  – число включенных трансформаторов,  $n_T = 1$  или 2;  $\Delta P_X$  – потери холостого хода трансформаторов;  $\Delta P_K$  – потери короткого замыкания трансформаторов.

Для 3-обмоточных трансформаторов  $\Delta P_{T(1,2)} = n_T \Delta P_X + (\Delta P_K / n_T) (k_{\text{заг.н}(1,2)}^2 + k_{\text{заг.с}(1,2)}^2 + k_{\text{заг.в}(1,2)}^2)$ , где  $k_{\text{заг.н}(1,2)}$ ,  $k_{\text{заг.с}(1,2)}$ ,  $k_{\text{заг.в}(1,2)}$  – коэффициенты загрузки обмоток низшего, среднего и высшего напряжения,  $k_{\text{заг.н}(1,2)} = S_{\text{н.нм}} / (n_T S_{\text{ном.т}})$ ;  $k_{\text{заг.с}(1,2)} = S_{\text{с.нм}} / (n_T S_{\text{ном.т}})$ ;  $k_{\text{заг.в}(1,2)} = S_{\text{в.нм}} / (n_T S_{\text{ном.т}})$ ;  $\Delta P_K = \Delta P_{\text{к.в}} = \Delta P_{\text{к.с}} = \Delta P_{\text{к.н}} = \Delta P_{\text{к.в-с}} / 2$  – потери короткого замыкания в обмотках низшего, среднего и высшего напряжения трансформаторов.

При разнотипных трансформаторах для определения программы их отключения в режимах снижения нагрузки следует производить расчеты потерь мощности в трансформаторах при заданных значениях нагрузки для случаев работы всех трансформаторов и отключении каждого из них поочередно.

### Литература:

1. Электрические системы. Электрические сети / В. А. Веников, А. А. Глазунов, Л. А. Жуков и др.; под ред. В. А. Веникова, В. А. Строева. – М. : Высш. шк., 1998. – 511 с.

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТОВЩИНИ ЗШИТОЇ ПОЛІЕТИЛЕНОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ЗАХИЩЕНИХ ПРОВОДІВ

Безпрозваних Г.В.<sup>1</sup>, Золотарьов В.М.<sup>2</sup>, Антоненко Ю.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,

<sup>2</sup>ПАТ «Завод «Південкабель»,

м. Харків

Одним з основних напрямків технічної політики в галузі модернізації електричних мереж та підвищення їх енергоефективності є побудова високовольтних ЛЕП з підвищеною пропускнуою здатністю за струмом на основі створення нових типів проводів: високотемпературних неізольованих на основі алюмінієвих сплавів і захищених. Застосування високотемпературних проводів з підвищеною пропускнуою спроможністю за струмом в два рази при збільшенні вартості, практично, на порядок, найбільш ефективно для високовольтних ЛЕП напругою 110 кВ і вище. Прогресивною альтернативою стандартним неізольованим алюмінієвим проводам для високовольтних ЛЕП напругою 6-110 кВ є захищені проводи (ЗП).

Довготривала робоча температура зшитої поліетиленової ізоляції відповідає температурі 90 °С, алюмінієвих неізольованих проводів – не перевищує 75 °С. Максимальне струмове навантаження, що визначається на основі теплового розрахунку, залежить від активного опору провідника,

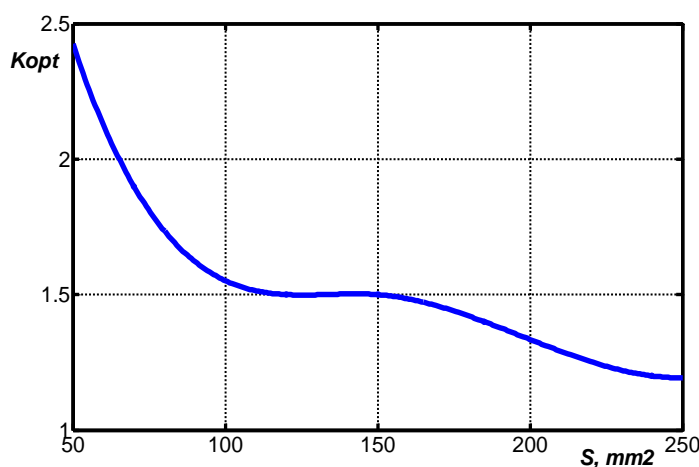


Рисунок 1 – До визначення оптимальної товщини зшитої поліетиленової ізоляції захищених проводів в залежності від перерізу жили

температури жили та оточуючого середовища (повітря), теплових опорів ізоляції та оточуючого середовища. Розроблена методика, на відміну від існуючих, враховує вплив товщини ізоляції на тривале струмове навантаження проводів за значеннями максимально допустимої робочої температури алюмінієвих провідників. Визначено оптимальну товщину оксидної та зшитої поліетиленової ізоляції для забезпечення найменшого теплового опору теплопередачі неізольованих та захищених проводів (рисунком 1:  $K_{opt}$  дорівнює відношенню ізольованого

проводу до діаметру алюмінієвої жили відповідного перерізу). Показано, що пропускна здатність за струмом захищених проводів на 20% вища в порівнянні з неізольованими. Обґрунтовано придатність розробленої методики для оптимізації товщини ізоляції, як окремих ЗП часткових типів, так і для високовольтних ЛЕП на їх основі за умови обмеження мінімальної відстані між фазними проводами на рівні 0,5 м.

## РОЗРАХУНОК РОЗПОДІЛУ МАКСИМАЛЬНОЇ НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ МІЖ ІЗОЛЬОВАНИМ ПРОВОДОМ ЛЕП НА 35 кВ І ЗЕМЛЕЮ

Безпрзованих Г.В., Ільченко К.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Застосування ізольованих проводів ЛЕП має специфічні проблеми блискавкозахисту: під час грозового перебиття ізоляторів лінії, яке супроводжується пробоем твердої ізоляції, дуга промислової частоти не має можливості переміщуватися вздовж проводу й горить в місці пробоем ізоляції до моменту вимкнення лінії, що може призвести до перепалювання ізоляції ЗП. Ізоляцію ЗП можна розглядати як своєрідну градуйовану ізоляцію, що складається з поліетилену і оточуючого повітря. Наявність поліетиленової ізоляції зменшує напруженість електричного поля безпосередньо біля поверхні жили. Для кількісної оцінки ефекту зменшення напруженості електричного поля безпосередньо біля поверхні жили застосовано розрахунок градуйованої ізоляції шляхом конформного перетворення системи в площині  $Z$  в площину  $W$  та при цьому виконується умова Коші-Римана. Виконуючи обернене перетворення  $W = 1/Z$ , одержимо у площині  $W$  систему двох коаксialьних циліндрів.

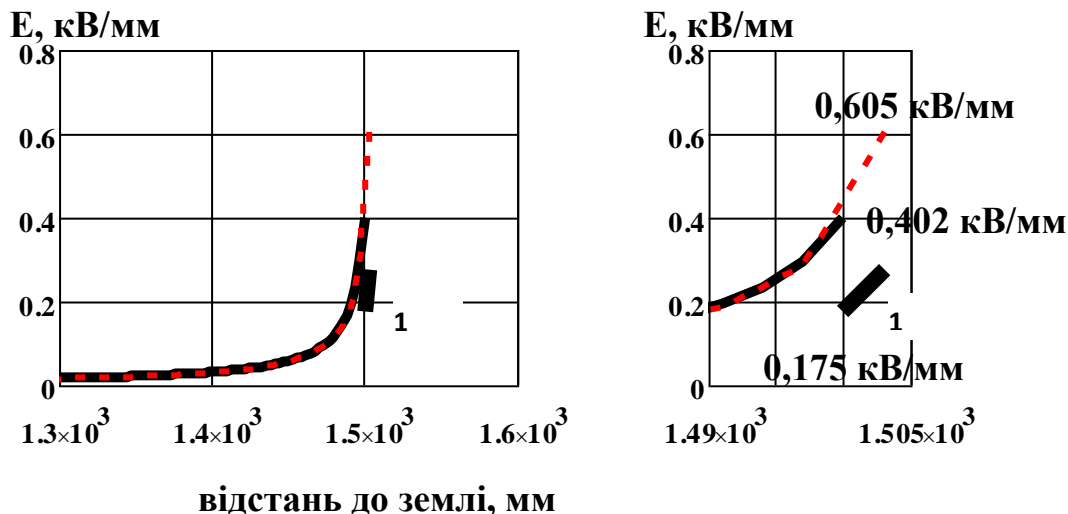


Рис. – Залежність максимальної напруженості електричного поля від відстані до землі: точки в діелектрику-1; точки у повітрі-суцільна; штрихова- (АС)

**Висновки:** 1 На третину зменшується напруженість електричного поля в повітрі біля ізольованого проводу. 2 Максимальна напруженість електричного поля біля поверхні проводу змінюється скачком, через заряди на поверхні ізоляції. 3 Метод дозволяє аналітично дослідити залежність максимальної напруженості електричного поля від відстані до землі для різних умов прокладання ЛЕП і різних матеріалів ізоляції.



## ОПТИЧНІ КАБЕЛІ ДЛЯ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

Безпрозванних Г.В., Кессаєв О.Г., Гаврилюк І.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Протяжність волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) в ДП «НЕК «Укренерго» становить більше 1500 км. Враховуючи реконструкцію та модернізацію магістральних та розподільних повітряних ліній електропередачі (ЛЕП) актуальним є питання щодо об'єднання ВОЛЗ та ЛЕП.

Оптичні кабелі, що вбудовуються в грозозахисний трос (OPWG) та навиваються на фазний провід, – найбільш широко використовувані в світі при реалізації технічних рішень в поєднанні ЛЕП з ВОЛЗ. Частка ОКГТ становить близько 80% всіх ВОЛЗ-ПЛ на нових лініях і понад 40% на об'єктах реконструкції. Компанія «AFL» (США) є світовим лідером у виробництві кабелів типу OPWG. Китайська компанія «ZTT» має великий досвід реалізації проектів на основі впровадження оптичних кабелів, що навиваються на фазний провід, в Китаї на ЛЕП напругою 10-500 кВ.

Особливість конструкції кабелю типу OPWG полягає у наявності

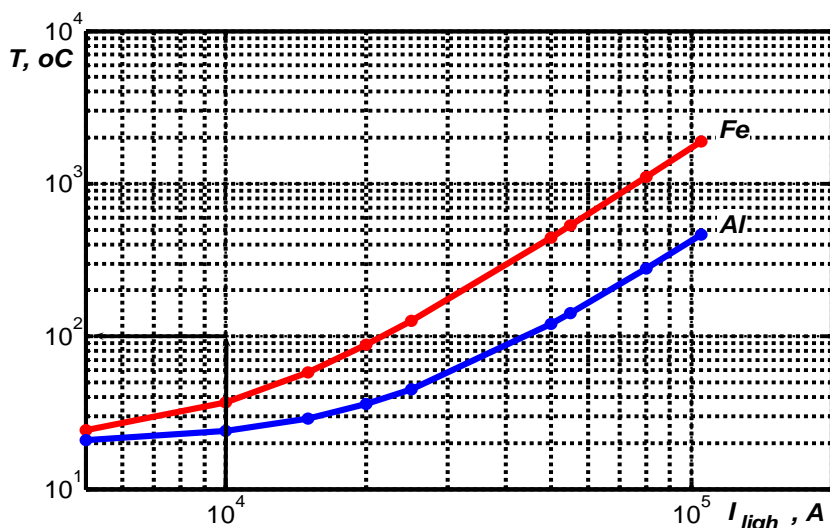


Рисунок 1 – Залежність від струму блискавки температури алюмінієвого та сталевих провідників грозозахисного тросу

зовнішнього одинарного або подвійного повиву з преформованих дротів діаметром не менше 2,5 мм. Захищений від корозії плакований алюмінієм сталевий дріт значно стійкіше до окислення, ніж гальванізований. Для забезпечення стійкості до струмів короткого замикання в повиві використовують алюмінієві дроти. Комбінацією різної кількості сталевих і

алюмінієвих дротів досягається необхідна міцність з розтягнення та стійкість до струмів КЗ. Виконано обґрунтування заміни однієї алюмінієвої дротини сталевую на підставі розрахунку опору тросу з урахуванням скін-ефекту. Наведено експериментальне підтвердження коректності розрахунків на прикладі одножильного силового кабелю з алюмінієвою жилою перерізом 240 мм<sup>2</sup>. На підставі розрахунків температури нагріву тросу від струму блискавки амплітудою від 5 до 105 кА (рисунок 1) обґрунтовано матеріал оптичного модулю волоконно-оптичного кабелю, що вбудовується в грозозахисний трос.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕГАЗА В КОММУТАЦИОННОМ ОБОРУДОВАНИИ**

**Бондаренко В.Е., Волков С.В., Парасюкова Т.П.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Проблема изменения климата на Земле за последнее десятилетие приобретает все большую актуальность. Специалисты практически во всех высокоразвитых странах мира занимаются проблемой сокращения выбросов парниковых газов, основными источниками которых являются автомобильный транспорт и крупные промышленные предприятия. Занимающийся в ООН мониторингом парникового эффекта, Межправительственный Комитет по Изменению Климата (IPCC) добавил элегаз (SF<sub>6</sub>) в список крайне опасных парниковых газов. Элегаз – наиболее сильный из шести основных парниковых газов, находящихся в списке Киотского протокола. Он имеет Потенциал Глобального Потепления (GWP) равный 23 000. Киотский протокол предусматривает, что эмиссия элегаза должна быть снижена, но во всем мире продолжается увеличение производства элегаза.

Элегаз нашел свое применение в электроэнергетике благодаря очень хорошим свойствам гашения электрической дуги, он используется в качестве изолирующей и дугогасящей среды в коммутационном оборудовании. Элегаз намного эффективнее воздушной среды способствует гашению дуги, поэтому производители используют его в распределительных устройствах, как высоковольтных, так и низковольтных. Его характеристики дают возможность создавать распределительные устройства, имеющие относительно компактные размеры по сравнению с традиционным оборудованием, использующим воздушную изоляцию.

При взаимодействии с электрической дугой происходит нагревание элегаза с выбросом токсичных веществ в атмосферу. Кроме того, токсичные осадки накапливаются внутри технологического оборудования, которое при своей утилизации требует соблюдения определенных мер безопасности. Утечки элегаза в атмосферу также возможны при работе энергетического оборудования или во время проведения работ по обслуживанию.

Элегаз производится лабораторно, объем его ежегодного производства в мире превышает 8000 тонн и около 80% всего объема применяется именно в энергетических технологиях для операций переключения, охлаждения и изоляции. Последние исследования показали, что годовой прирост количества элегаза в атмосфере составляет  $(8 \pm 0,7) \%$ . Это самое большое значение среди всех парниковых газов. Общий вклад элегаза, используемого в электрооборудовании, в парниковый эффект составляет менее 0,1 % (согласно CAPIEL и CIGRE (Международной конференции по большим энергетическим системам)).

В Европейском Союзе уже введен запрет на использование элегаза во всех установках, за исключением КРУЭ.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

**Бондаренко В.Е., Пономаренко С.Г.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

К линиям электропередачи (ЛЭП) сверхвысокого напряжения (СВН) следует относить линии, работающие под напряжением от 330 до 1150 кВ, как правило, такие линии называют системообразующими. Совокупность межсистемных линий сверхвысокого напряжения представляет собой единую энергосистему страны, а также связь с энергосистемами сопредельных государств, обеспечивают мощные связи между крупными узлами энергосистемы. Строительство системообразующих линий СВН увеличивает надежность энергосистемы и энергообъединения, поэтому к ним предъявляются самые высокие требования.

Необходимость применения высоких уровней напряжения обусловлена необходимостью снижения потерь. Одной из отличительных особенностей линий СВН является применение расщепленной фазы. При этом увеличивается пропускная способность, уменьшаются потери на «корону», снижается напряженность и, как следствие, уменьшение генерации помех для высокочастотной связи. Каждая фаза представляет собой конструкцию, состоящую из нескольких проводов. Исходя из опыта, установлено оптимальное количество проводов для линий СВН: 330 кВ – 2; 500 кВ – 3; 750 кВ – 4; 1150 кВ – 8. По материалу изготовления ЛЭП СВН наиболее перспективные опоры – металлические, выполняемые из стали специальных марок. Отдельные элементы соединяют сваркой или болтами. Для предотвращения окисления и коррозии поверхность металлических опор оцинковывают.

В сетевой части ОЭС Украины намечено завершить построение северного и южного транзитов в сети напряжением 750 кВ. Северный транзит пройдет по направлениям Ровенская АЭС – Киевская – Северо Украинская – Харьковская – Донбасская. Южный транзит будет достроен от Запорожской АЭС по направлениям Каховская – Приморская – Днестровская ГАЭС – Хмельницкая АЭС. Предполагается организация параллельной работы с энергообразованием стран Восточной Европы на переменном токе. Существующие электрические связи с энергосистемами этих стран будут использованы для экспорта электроэнергии и обмена мощностью после проведения мероприятий по соблюдению требований к ведению параллельной работы. Ожидается, что подготовка ОЭС Украины к параллельной работе с европейскими энергосистемами (связанная с модернизацией систем регулирования частоты и мощности) займет достаточно длительный период времени (5–7 лет).

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРО-СЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Бондаренко В.Е., Черкашина В.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Для реализации задач прогнозирования допустимой нагрузки электрических сетей (ЭС) используются как традиционные методы прогнозирования (регрессионный, корреляционный, спектральный анализы, подход Бокса-Дженкинса и т.п.), так и методы, основанные на интеллектуальном анализе данных – Data Mining [1]. Ставшие уже традиционными нейро-фаззи сети плохо приспособлены к обработке информации вида «плохая, нормальная, хорошая погода», «сильный или слабый ветер», «облачно – туманно – морозно» и т.п. В связи с этим предлагается использовать синтез прогнозирующей нейро-фаззи сети способной к восприятию данных в разных шкалах и алгоритмах ее обучения, обладающих высокой скоростью сходимости и способностью к обработке информации по мере ее поступления в реальном времени. Прогнозирование электрической нагрузки ЭС, архитектура которых основанная на базе гибридных нейроподобных элементов с блоком оценивания точности, в значительной мере позволяет получить результаты максимально приближенные к реальным данным [2]. Для прогнозирования допустимой нагрузки ЭС предлагается применение архитектуры нейро-фаззи сети с учетом температурного мониторинга воздушных линий (ВЛ). Предлагаемая нейро-фаззи сеть имеет четырехслойную архитектуру с прямой передачей информации. Для создания полносвязной архитектуры сети на базе гибридных нейроподобных элементов с блоком оценивания точности выполняются два этапа процедур. На первом этапе генерируется основная сеть без блока оценивания точности. На втором этапе фиксируется архитектура и параметры сети, полученные в ходе выполнения первого этапа, и к ней добавляется блок оценивания точности, входными сигналами которого становятся все входные, внутренние и выходные сигналы основной сети, а также дополнительные входные сигналы (при необходимости). Предлагаемый подход обеспечит высокую точность прогнозирования в условиях стохастичности исходных данных для прогнозирования набора взаимосвязанных временных рядов, описывающих допустимую нагрузку ЭС.

### **Литература:**

1. Системы управления базами данных и знаний / Наумов А.Н., Вендров А.М., Иванов В.К. и др. – М.: Финансы и статистика, 1991. – 352 с.
2. V. Mainkar, K.S. Trivedi. Approximate analysis of priority scheduling systems using stochastic reward nets. In Proceedings of the 13th International Conference on Distributed Computing Systems ICDCS'93. May 1993, Pittsburgh, PA, USA, pp. 466-473.

## АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТРИФАЗНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

**Бортніков О.В., Гапон Д.А., Швець С.В.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Багато праць сучасних вчених присвячено класифікації та опису режимів роботи трифазних трьохпровідних та чотирьохпровідних електричних мереж. Так, у роботах Сіротіна Ю.О. широко використовуються терміни урівноважених та скомпенсованих режимів роботи. Урівноваженим вважається режим, коли миттєва потужність не має змінної (пульсуючої) компоненти. При цьому змінна компонента визначається як:

$$\tilde{p}(t) = \bar{p} - p(t), \quad \bar{p} = \frac{1}{T} \int_{\tau}^{\tau+T} p(t) dt, \quad (1)$$

де  $p(t)$  - миттєва потужність,  $\bar{p}$  - стала складова,  $\tilde{p}(t)$  - пульсуюча складова,  $T$  - період напруги мережі.

Але в його роботах досліджено тільки режими роботи мережі при симетричній нарузі. З метою поглибленого аналізу доцільності вимоги урівноваженості режиму було розроблено математичну модель, що реалізує процес урівноваження при довільній нарузі та заданій потужності навантаження електричної мережі. Модель виконує обчислення миттєвих струмів фаз, виходячи з мінімуму середньоквадратичного значення трьохфазного струму. Моделювання показало, що вимога урівноваження дозволяє поліпшити характеристики електроспоживання при симетричній нарузі живлячої мережі. Але, в разі, коли виникає будь яке відхилення від симетрії результати значно погіршуються. Так, в моменти зменшення миттєвої середньоквадратичної трифазної напруги регулятор підвищує значення струмів фаз, що призводить до виникнення додаткових гармонійних складових струмів. Тобто, навіть при виключно синусоїдальних, але несиметричних живлячих напругах струми навантаження стають несинусоїдальними, і коефіцієнт гармонік тим вищий, чим більша несиметрія фазних або лінійних напруг. Це сприяє погіршенню умов електроспоживання, підвищенню втрат електричної потужності, та погіршенню якості електричної енергії. Іншою проблемою реалізації урівноваженого режиму є необхідність передбачення значення постійної складової миттєвої потужності, або середньої потужності на наступний період напруги електричної мережі. У разі якщо навантаження є незмінним у часі реалізація передбачення не викликає труднощів, але на практиці лише невелика частка реальних споживачів відповідає вимогам стаціонарності. Тому будь яка реалізація передбачення в рамках даного критерію призводить до додаткових похибок, та втрат електричної енергії у лініях електропередач та іншому обладнанні енергосистем.

Таким чином, можна зробити висновки, що критерій урівноваженості не має практичної цінності, та є досить штучним.

## ИЗУЧЕНИЕ РАЗРЯДНИКОВ ТИПА РВМГ

Вева О.С., Пиротти А.Е.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Разрядники магнитовентильные (РВМГ) предназначены для защиты от атмосферных и кратковременных коммутационных перенапряжений изоляции электрооборудования переменного тока частотой 50 и 60 Гц. Изготавливаются для сетей с любой системой заземления нейтрали.

РВМГ состоит из нескольких последовательных блоков с магнитным искровым промежутком и соответствующего числа вилитовых дисков. Каждый блок магнитных искровых промежутков представляет собой поочередное соединение единичных искровых промежутков и постоянных магнитов, заключенное в фарфоровый цилиндр.

При пробое в единичных искровых промежутках возникает дуга, которая за счет действия магнитного поля, создаваемого кольцевым магнитом, начинает вращаться с большой скоростью, что обеспечивает более быстрое, по сравнению с вентильными разрядниками, дугогашение.

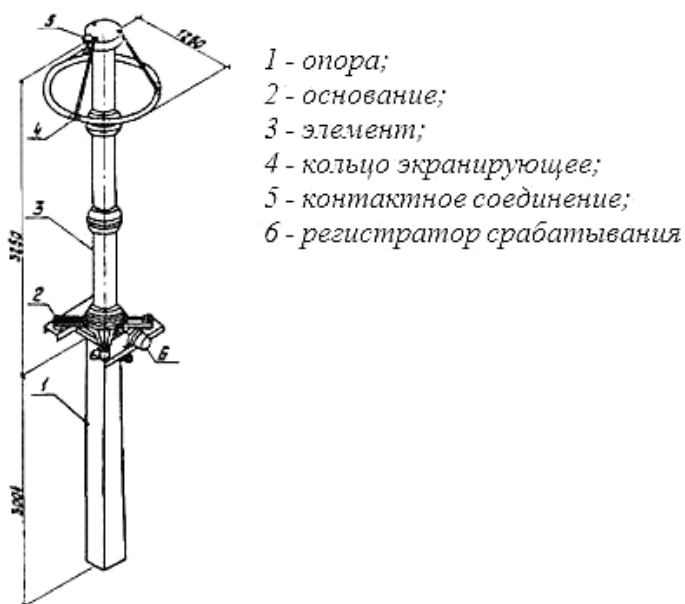


Рисунок 1 – Разрядник РВМГ 110.

Из опыта эксплуатации известно, что разрядники должны оставаться под напряжением в течении всего года. Их отключение допускается на осенне-зимний период на загрязняемых ПС с требуемым уровнем изоляции 2,25 см/кВ и выше, а также в районах с регулярно отмечаемыми ураганскими ветрами, сильным гололедообразованием и резкими перепадами температур в течении суток.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

**Веприк Ю.Н.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Для решения задач проектирования, эксплуатации, управления функционированием электрических систем необходимы детальные исследования режимов их работы. Эти исследования в настоящее время выполняются с применением вычислительной техники на основе разрабатываемых математических моделей и соответствующих программных средств. Традиционно сложившийся подход к разработке математических моделей электрических систем состоит в том, что выполняется переход от реальной трехфазной системы к однофазным эквивалентам. Такой подход существенно упрощает задачу разработки и программной реализации моделей, но возможность получить полную картину переходного процесса при этом исключается. В то же время для обоснованного выбора оборудования и средств защиты электрических сетей необходимо иметь количественные характеристики переходных процессов – полные токи КЗ, восстанавливающиеся напряжения на выключателях, максимальные перенапряжения в сети и др. Однофазными моделями эти задачи не решаются, возможности их развития исчерпаны, необходимость разработки и применения наряду с однофазными эквивалентами трехфазных математических моделей электрических систем на основе уравнений в фазных координатах становится все более очевидной и актуальной. Поэтому при разработке математической модели электромагнитных переходных процессов в электрических сетях приняты следующие основные положения:

- элементы электрической системы представлены уравнениями в фазных координатах,
- формирование системы дифференциальных уравнений переходных процессов для сетей произвольной конфигурации и с различными режимами нейтрали трансформаторов выполняется узловым методом,
- для решения систем дифференциальных уравнений переходных процессов используются неявные методы численного интегрирования.

Все этапы моделирования – расчет параметров элементов, формирование математической модели, численное интегрирование уравнений, подготовка результатов, реализованы программно. С применением разработанной модели выполнены исследования электромагнитных переходных процессов при коммутациях (короткие замыкания, отключение КЗ, АПВ) в электрических сетях 330 кВ Северной энергосистемы. Моделью обеспечивается возможность получения мгновенных значений токов и напряжений фаз всех элементов сети на всех этапах переходных процессов. Полученные результаты моделирования позволяют более обоснованно решать задачи выбора средств ограничения перенапряжений в электрических сетях.

## ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ НЕСООТВЕТСТВИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НОРМАМ

Гальченко Е.В., Скляр А.А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Ущерб, возникающий в связи с качеством электроэнергии, имеет электромагнитную  $U_{эл/маг}$  и технологическую  $U_{техн}$  составляющие. Электромагнитная составляющая определяется дополнительными потерями активной мощности, сокращением срока службы изоляции электрических машин, трансформаторов, кабелей и статических конденсаторов. Ущерб, вызываемый технологическими факторами, определяется в наибольшей степени отклонениями напряжений от допустимых значений, различных для конкретных электротехнических установок и агрегатов. Технологическая составляющая ущерба при несимметрии и колебаниях напряжения определяется в первую очередь обусловленными им дополнительными отклонениями напряжения.

Ущерб определяют как разницу между затратами при выработке определенного количества продукции в режиме номинального напряжения  $3_{U_{ном}}$  и напряжения, отличного от номинальных показателей,  $3_U$ :

$$U = 3_U - 3_{U_{ном}}$$

Размер ущерба определяют по формуле

$$U = U_{эл/маг} + U_{техн} = (U_{\Delta P} + U_{\Delta Q} + U_{ср.служб} + U_{\Delta сист.эл/сн}) + (U_{\Delta произ} + U_{\Delta недовып} + U_{порчи}),$$

где  $U_{\Delta P}$  – ущерб от изменения потребления активной мощности;  $U_{\Delta Q}$  – ущерб от изменения потребления реактивной мощности;  $U_{ср.служб}$  – ущерб, связанный с изменением срока службы электрооборудования;  $U_{\Delta сист.эл/сн}$  – ущерб от потерь мощности в системе электроснабжения;  $U_{\Delta произ}$  – ущерб от изменения производительности технологического оборудования;  $U_{\Delta недовып}$  – ущерб от недовыпуска продукции вследствие преждевременного выхода из строя технологического оборудования;  $U_{порчи}$  – ущерб, связанный с порчей сырья и материалов.

Преобладающее значение имеет технологическая составляющая ущерба.

Производительность  $\Pi$  различных электротехнологических установок связана с уровнем напряжения

$$\Pi = k \cdot U^p,$$

где  $k$  и  $p$  – постоянные коэффициенты, зависящие от вида производства.

Изменение производительности механизма при отклонении напряжения создает ущерб

$$U_{\Delta произ} = (\Pi_{ном} - \Pi) \cdot \beta_{един} \cdot T,$$

где  $\Pi_{ном}$  и  $\Pi$  – часовая производительность механизма при работе с номинальным и фактическим напряжением;  $\beta_{един}$  – стоимость единицы продукции, выпускаемой данным механизмом;  $T$  – время, за которое определяется ущерб.



## ДО РОЗРАХУНКУ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ВИСОКОВОЛЬТНИХ СИЛОВИХ КАБЕЛІВ З ПЛАСТМАСОВОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ

Голик О.В., Щебенюк Л.А., Золотарьов А.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м.Харків*

Впровадження у виробництво і експлуатацію високовольтних силових кабелів з пластмасовою ізоляцією, пов'язане з забезпеченням їх ліквідності (в подальшому - пропускна спроможність). Для розрахунку пропускної спроможності таких кабелів необхідне спільне вирішення моделей, які описують електричні, економічні та інші параметри кабелю. В [1] запропоновано метод використання універсальних розрахункових моделей процесів тепло- і масообміну в цих кабелях для дослідження їх пропускної спроможності шляхом інтервального оцінювання параметрів моделей. Рекомендація щодо доцільності визначення значень параметрів моделі присутня практично в усіх міжнародних стандартах серії 60287. Вибір значень параметрів має бути обґрунтованим технічно. Економічні складові визначення пропускної спроможності відображені в стандарті ДСТУ ІЕС60287-3-3:2012, але вони стосуються виключно економічних аспектів в умовах експлуатації [2]. Модель радіального теплового потоку у стаціонарному тепловому режимі, використана в усіх відомих нормативних документах для обчислення номінального струму силових кабелів. Виходячи з того, що максимальна температура ізоляції  $\Theta_1$  не повинна перевищувати допустиму, а температура зовнішньої ізотерми  $\Theta_2$  відома за умовами прокладання, встановлюють гранично допустиму потужність теплового потоку  $P_{don}$ :

$$P_{don} \leq 2\pi(\Theta_1 - \Theta_2)/\sigma \cdot \ln(r_2/r_1), \quad (1)$$

де  $\sigma$  – питомий тепловий опір матеріалу між двома коаксіальними ізотермами з температурами  $\Theta_1$  і  $\Theta_2$  так, що  $\Theta_1 > \Theta_2$ . Оскільки  $P_{don} = I_{don}^2 \cdot R(\Theta_1)$ , де  $R(\Theta_1)$  – електричний опір жили за температури  $\Theta_1$ , вираз  $\sigma \cdot \ln(r_2/r_1)$  – це тепловий опір матеріалу між двома коаксіальними ізотермами з температурами  $\Theta_1$  і  $\Theta_2$ , необмежене довготривалий струм в жилі, якщо тепло виділяється тільки в ній, визначає формула (1). В системі рівнянь, використаній в [1], не враховано вплив максимальної напруженості електричного поля на вартість ізоляції. Такий вплив може виявитися визначальним для прийняття технічного рішення щодо пропускної спроможності. Тому, для прийняття раціональних рішень для визначення пропускної спроможності силових високовольтних кабелів з пластмасовою ізоляцією, необхідне вирішення системи рівнянь.

### Література:

1. Л.А. Щебенюк, Т.Ю. Антоненко. До визначення пропускної спроможності високовольтних силових кабелів з пластмасовою ізоляцією. // Вістник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – Вип.42.– С. 43 – 46. 2. ДСТУ ІЕС60287-1-1:2012. КАБЕЛІ ЕЛЕКТРИЧНІ. Обчислення номінальної сили струму. Частина 1 – 1. Співвідношення для обчислення номінальної сили струму (коефіцієнт навантаження 100 %) і обчислення.

## **ЗМІНА ПАРАМЕТРІВ ЧАСТКОВИХ РОЗРЯДІВ У ТВЕРДІЙ ІЗОЛЯЦІЇ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ В УМОВАХ ДОВГОСТРОКОВОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**Гурин А.Г.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В даний час метод діагностики ізоляції по частковим розрядам широко використовують для визначення стану та її подальшої експлуатації. Використання цього методу в умовах експлуатації ускладнюється необхідністю зменшення електромагнітних завад, так як рівень ЧР має близькі з завадами частотні та амплітудні характеристики. Тому для контролю рівня ЧР часто використовують акустичний метод, який дозволяє виявляти ЧР в конструкціях трансформатора шляхом визначення інтенсивності звукової хвилі, що виникає при частковому розряді у газовому включенні ізоляції. В системах електричної ізоляції, де існує підвищена напруженість електричного поля швидкість виділення газів набагато вища, ніж у інших місцях, що створює значні газові скопичення, у яких при іскровому розряді відбувається більш потужний вибух, що сприймається акустичними здавачами, встановленими на стінках бака трансформатора, для подальшої обробки.

Очевидно акустична потужність такого розряду визначається не тільки розрядом часткових ємностей газових включень, а і процесами вибухової детонації газів, що виникає у включеннях при електричному розряді. Треба зауважити, що енергія горіння метану складає 33, 066 МДж/м<sup>3</sup>, яка при наявності кисню створює вуглекислий газ і воду. Цим явищем можна пояснити підвищений рівень вуглецю на стінках включення та зволоження ізоляції при дії ЧР.

Можна зробити висновок, що перед акустичному методу локації ЧР повинен бути попередньо проведений хроматографічний аналіз трансформаторного масла та визначено вміст горючих газів, а при аналізі осцилограм ЧР врахувати той факт, що електричний імпульс ЧР дає інформацію про частковий електричний період розряду, а подальший розвиток зони тиску може бути пов'язаний з дією ударної хвилі та детонації при вибуху газу.

Урахування вибухових процесів при визначенні параметрів ЧР дозволить більш детально локалізувати місця їх створення та встановити необхідний контроль за їх розвитком при подальшій експлуатації трансформатора.

## **ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ**

**Гурин А.Г., Костюков І.О., Москвітін Є.С.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Дослідження електрофізичних характеристик ізоляційних матеріалів відіграє суттєве значення і має метою підвищення міцності ізоляційних систем, завдяки наявності більш повної інформації про фізичні процеси в цих матеріалах. Розробка нових методів вимірювання та досліджень, використання сучасного вимірювального обладнання та методів обробки експериментальних даних стали основними складовими тенденції наукових досліджень в галузі сучасних електроізоляційних матеріалів.

Крім того, все більше значення мають тенденції по зменшенню габаритних показників обладнання, одночасно із підвищенням його теплостійкості та стійкості до механічних навантажень.

Одним із найбільш корисних досліджень є вивчення впливу часткових розрядів в електроізоляційних матеріалах силового обладнання та високовольтних кабельних систем.

Одним із найбільш поширених ізоляційних матеріалів в кабельній техніці є поліетилен, який відноситься до твердих ізоляційних матеріалів з високими електроізоляційними показниками. Проте поліетилен не є стійким до дії часткових розрядів. Тому подальше використання поліетиленової ізоляції пов'язане із вдосконаленням технології її виготовлення та розробкою більш інформативних методів вимірювань часткових розрядів при дослідженні процесів старіння поліетилену. Відомий метод вивчення амплітудно-фазових спектрів імпульсів часткових розрядів. Подальший розвиток цього методу дає можливість окремо оцінювати стабільні та нестабільні часткові розряди та причини їх виникнення. Кращі результати можна отримати при невеликій кількості часткових розрядів при сталих властивостях поверхневих ізоляційних шарів.

Важливим питанням при вивченні властивостей поліетилену залишається проблема виникнення дендритів, поява яких не пов'язана із виникненням часткових розрядів. Поява водних дендритів у внутрішніх шарах ізоляції починається із дефектів структури та домішок і поширюється у напрямку силових ліній електричного поля. Створення водних дендритів пов'язане із обов'язковою наявністю вологи в шарах ізоляції, за рахунок її дифузії із навколишнього середовища. На полярні молекули води діють сили, під дією яких відбувається накопичення води в зонах підвищеної напруженості електричного поля. Волога також накопичується під високим тиском у дефектах, де за рахунок високого тиску можливе руйнування структури ізоляційного матеріалу.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УКРАЇНІ**

**Довгалюк О.М., Безкостний П.І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м Харків*

Сонячна енергія впевнено займає стійкі позиції в світовій енергетиці. До її переваг відноситься те, що сонячна енергія – екологічно чисте джерело енергії, що дозволяє використовувати його в зростаючому масштабі без негативного впливу на навколишнє середовище. Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження геліосистем як теплоенергетичного, так і фотоелектроенергетичного обладнання практично на всій території, яка є зоною середньої інтенсивності сонячної радіації. Сонячне випромінювання в Україні становить 3500 – 5200 МДж / м<sup>2</sup> на рік, що більше ніж в половині країн ЄС, і сприяє заохоченню інвестицій в геліоенергетику.

В той же час величина сонячної радіації коливається в залежності від координат місцевості, характеристик атмосфери і поверхні, часу доби і сезону. З цієї причини річний обсяг сонячного випромінювання на 1 м<sup>2</sup> землі істотно відрізняється в різних областях України. Сезонний період для активного використання сонячної енергії в північних регіонах триває з квітня по вересень, а в південних з березня по жовтень, що становить 1900 - 2400 год. / рік. Загальне середньорічне сонячне випромінювання варіюється від 1070 кВт·год / м<sup>2</sup> в північних районах України до 1400 кВт·год / м<sup>2</sup> на півдні країни. Це свідчить про високий потенціал використання сонячних електростанцій (СЕС) в Україні.

Активне впровадження СЕС у світі стимулює інтенсивний розвиток ринку геліоенергетики, який на сьогоднішній день широко забезпечений системами та комплектуючими для СЕС різних вітчизняних і зарубіжних виробників, що дає можливість задовольнити досить вибагливі вимоги споживачів.

Аналізуючи вплив СЕС на роботу електроенергетичної системи (ЕЕС), до якої вони підключаються, слід зазначити наступне:

1. СЕС вирівнюють сумарний графік генеруючих потужностей ЕЕС, оскільки генерують і видають потужність в мережу в часи пік.

2. При роботі СЕС в електричній мережі з'являються гармонійні складові напруги, що призводить до збільшення значень коефіцієнту спотворення синусоїдності кривої напруги і коефіцієнтів n-ої гармонійної складової напруги; ці показники якості електричної енергії в мережі з СЕС слід контролювати та за необхідності вживати заходи щодо їх нормалізації.

3. Підключення СЕС до ЕЕС призводить до збільшення значення коефіцієнта запасу статичної стійкості за активною потужністю в перетині та сприяє збільшенню обертаючого резерву, що підвищує запас статичної стійкості ЕЕС.

Враховуючи сучасні світові наукові і технічні тенденції, особливості географічного і кліматичного положення, слід зазначити, що для України розвиток сонячної енергетики є перспективним напрямком енергозбереження.

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАПРОВАДЖЕННЯ НОВОЇ МОДЕЛІ ЕНЕРГОРИНКУ УКРАЇНИ**

**Довгалюк О.М., Бондаренко Р.В.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Електроенергетична галузь України перебуває в стані реформування, оскільки в теперішній час відбувається перехід до нової лібералізованої моделі ринку електроенергії – двосторонніх договорів та балансуєчого ринку (ДДБР). Перехід до нової моделі енергоринку в Україні відбувається поетапно, що затверджено відповідними законодавчими документами, які регламентують нових учасників ринку та формують нові принципи формування тарифу на електричну енергію. Нововведенням є впровадження кількох ринків електроенергії: ринка «на добу вперед» і внутрішнього, балансуєчого, ринка допоміжних послуг. Кожен з них матиме окрему мету та порядок функціонування, купівлі-продажу електроенергії, розрахунок її вартості за результатами, умови встановлення обов'язкових обсягів продажу електроенергії. Будь-які зміни в механізмі роботи енергоринку призводять до змін енергосистеми в цілому та окремих її елементів, тому важливим є визначення змін функціонування електростанцій, електричних мереж, систем автоматичного регулювання та споживачів.

Перехід до нової моделі ринку дозволить у подальшому об'єднаний енергосистемі (ОЕС) України повноцінно приєднатися до Європейської мережі системних операторів з передачі електроенергії (ENTSO-E). Для цього потрібно провести масу інституційних і структурних рішень: провести підготовчу роботу і прийняти масу підзаконних актів за виконанням закону; технічно забезпечити перехід. Синхронізація ОЕС України з ENTSO-E буде представляти собою комплекс заходів, пов'язаних із питаннями регулювання частоти та потужності, гнучкого регулювання режимів та розроблення протиаварійної автоматики тощо. Для інтеграції ОЕС України в ENTSO-E необхідно провести роботи з ремонту, реконструкції та модернізації багатьох елементів енергосистеми, які вже відпрацювали свій ресурс, провести комплекс робіт з будівництва нових магістральних мереж, а для підвищення надійності роботи вже існуючих та збільшення пропускну здатності контрольованих перетинів тощо.

У нових умовах функціонування енергоринку України необхідно буде модернізувати чи будувати електромережі, адаптувати системи автоматичного регулювання потужності та частоти, що дозволить успішно приєднатися до ENTSO-E. Адаптація систем автоматизації повинна відповідати новітнім технологіям, в першу чергу концепту Smart Grid, окремі ідеї якого вже успішно реалізували та використовують багато країн Європи та усього світу. Така модернізація матиме позитивний економічний ефект, що забезпечить надійну і якісну передачу електроенергії від джерел живлення до приймачів в потрібний час і в необхідній кількості.

## **ВИКОРИСТАННЯ МАЛИХ ГЕС ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕЗЕРВУ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ**

**Довгалюк О.М., Лазуренко О.П., Жуков Ю.О., Лухтура М.І., Саїдов Ш.Н.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м Харків*

На сьогоднішній день при переході до нової моделі енергоринку вирішення питання покриття нерівномірного графіку навантаження електроенергетичної системи (ЕЕС) найбільш доцільними та економічно ефективними засобами стає особливо гострим. Для ОЕС України добовий графік навантаження характеризується двома піками (ранковим і вечірнім) і двома провалами (більш глибоким нічним і денним). Саме гідроелектричні станції (ГЕС) і гідроакумулювальні електростанції (ГАЕС), що мають високу маневреність і великий регульовальний діапазон, високі швидкості зміни навантаження, мінімальний час набору потужності, пуску і зупинки агрегатів, виконують складну задачу покриття найбільш складної пікової і напівпікової частини графіка навантажень. Гідроенергетичний потенціал більшості ГЕС переважно вичерпаний, тому важливу роль починають відігравати саме малі ГЕС (МГЕС).

В Україні є 150 МГЕС, з яких на сьогодні функціонує близько 80 загальною потужністю 111 МВт, що складає 5% технічно досяжного гідроенергетичного потенціалу країни. При цьому потенціал малих річок в Україні становить як мінімум 3 млрд. кВт год. на рік. Аналіз розподілу енергетичного потенціалу малих річок по областях України свідчить про те, що МГЕС, міні- та мікро ГЕС можуть стати потужною основою енергозабезпечення для більшості регіонів України, а для деяких районів - джерелом повного самоенергозабезпечення. Для вирішення проблем розвитку малої гідроенергетики Україна має достатній науково-технічний потенціал і значний досвід в області проектування і розробки конструкцій гідротурбінного обладнання, дослідження гідроенергетичного потенціалу малих річок, вирішення водогосподарських і екологічних проблем при будівництві ГЕС. Українські підприємства мають необхідний виробничий потенціал для створення вітчизняного обладнання МГЕС.

Розвиток малої гідроенергетики України передбачає: оновлення і реконструкцію діючих МГЕС, будівництво нових МГЕС в районах децентралізованого енергопостачання та в регіонах централізованого енергопостачання на наявних перепадах водосховищ та водотоків, нове будівництво з концентрацією напору. Для забезпечення ефективної експлуатації МГЕС необхідним є впровадження засобів автоматизації процесу вироблення електроенергії, які дозволять оптимально завантажувати блоки маневрених МГЕС, що в свою чергу забезпечить поліпшення експлуатаційних характеристик МГЕС при роботі їх в ЕЕС і поліпшить режим, гарантувати стійкість, надійність та ефективність роботи ОЕС України, підвищити економію органічного палива за рахунок збільшення частки електроенергії, виробленої на ГЕС в енергетичному балансі країни.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГАЕС ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ В ОЕС УКРАЇНИ**

**Довгалюк О.М., Лимар В.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Гідроакумуляуюча електростанція (ГАЕС) використовує в своїй роботі комплекс генераторів і насосів або оборотні гідроелектроагрегати, які здатні працювати як в режимі генераторів, так і в режимі насосів. Під час нічного провалу енергоспоживання ГАЕС отримує з енергомережі дешеву електричну енергію (ЕЕ) і витрачає її на перекачку води в верхній б'єф (насосний режим). Під час ранкового та вечірнього піків енергоспоживання ГАЕС скидає воду з верхнього б'єфу в нижній, виробляє при цьому дорожчу пікову ЕЕ, яку віддає в електромережу (генераторний режим). У великих енергосистемах значну частку у покритті потреб навантаження можуть становити потужності теплових і атомних електростанцій, які не можуть швидко змінювати видачу обсягу ЕЕ при нічному зниженні чи денному збільшенні енергоспоживання або роблять це з великими витратами. Цей факт призводить до встановлення істотно більшої комерційної вартості пікової ЕЕ в енергосистемі в порівнянні з вартістю ЕЕ, що виробляється в нічний період. В таких умовах використання ГАЕС економічно ефективно і підвищує як ефективність використання інших потужностей (в тому числі і транспортних), так і надійність енергопостачання.

Загальна діюча потужність ГАЕС України становить: Київська ГАЕС (6 генераторів) - 235 МВт; Ташлицька ГАЕС (2 генератора) - 300 МВт; Дністровська ГАЕС (2 генератора) - 648 МВт. Разом потужність ГАЕС України дорівнює 1175 МВт. Відповідно до оновленої Енергетичної стратегії України на період до 2035 року передбачається збільшення виробництва ЕЕ ГАЕС на 7 млрд. кВт·год. Для цього необхідно будівництво нових об'єктів, модернізація або реконструкція існуючих. З нових об'єктів це будівництво Канівської ГАЕС, завершення будівництва Дністровської ГАЕС і добудова Ташлицької ГАЕС. Крім того, стратегією передбачається проведення техніко-економічного обґрунтування будівництва Верхньодністровського каскаду. Загалом введення в роботу третього генератора Дністровської ГАЕС дозволить збільшити потужність на 324 МВт, а будівництво Канівської ГАЕС дасть ще 1000 МВт (4x250МВт). Це дозволить збільшити встановлену потужність ГАЕС, що забезпечить належний рівень маневрових та резервних потужностей в ОЕС України, а також на 30-32% підвищити обсяг ЕЕ, що виробляється.

Робота ГАЕС є особливо важливою для підвищення стійкості ОЕС України, оскільки саме ГАЕС може з нуля включитися в мережу протягом 1-2 хв., а час переходу від генераторного режиму до насосного не перевищує 5,5 хв. Її робота не залежить від періоду року, тому що ГАЕС можуть використати майже весь акумульований у водосховищах об'єм води для забезпечення пікового навантаження. Таким чином, збільшення потужності ГАЕС посилить енергетичну безпеку країни і сприятиме досягненню її енергетичної незалежності.

## **ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ**

**Довгалюк О.М., Мушинський А.І.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Україна належить до кола держав, що мають потужну ядерну енергетику. Починаючи з 2015 р. частка ядерної електроенергії у загальному виробництві електроенергії складає понад 50%. Всього ж в Україні експлуатують 15 енергоблоків загальною потужністю 13,835 ГВт на чотирьох атомних електростанціях (АЕС): 6 – на Запорізькій, 4 – на Рівненській, 3 – на Південно-Українській та 2 – на Хмельницькій. Із них 12 введено в експлуатацію кілька десятиліть тому, відповідно, їх проектні (30-річні) експлуатаційні терміни добігли кінця або близькі до закінчення.

У період до 2025 року передбачається подовження терміну експлуатації діючих блоків та побудова двох енергоблоків на майданчику Хмельницької АЕС. Розширення будівництва нових енергоблоків має відбуватися за умови досягнення діючими атомними станціями коефіцієнта використання встановленої потужності на рівні 80 %, за наявності пропускної спроможності електромереж та можливостей налагодження експортних поставок електроенергії.

Сьогодні всі енергоблоки на українських АЕС обладнані реакторами типу ВВЕР російського виробництва. В Україні після 2030 р. на стадію комерційної реалізації можуть вийти реактори IV покоління, які базуватимуться на еволюційних проектах або будуть побудовані на принципово нових технологіях – швидких нейтронах.

На сьогоднішній час потрібно втілити в життя наступні заходи:

- підвищити рівень безпеки АЕС, який вимагає докорінної реконструкції автоматизованої системи управління технологічними процесами;
- створення ядерно-паливного циклу в Україні на базі передових технологій, який забезпечить гарантовану незалежність АЕС від імпорту ядерного палива і знизить потреби України в його закупівлі;
- АЕС повинні мати право вільного і безперешкодного продажу електроенергії безпосередньо як енергопостачальникам, так і споживачам;
- необхідно збільшити пропускну спроможність міждержавних електромереж як на території України, так і на територіях країн ЄС, що потребує обґрунтованих дій відповідних вітчизняних та зарубіжних структур.

Атомна енергетика для України є важливою складовою загального паливно-енергетичного комплексу та займає провідні позиції в електрозабезпеченні країни. Аналіз енергетичних потреб та можливостей їх забезпечення свідчать про доцільність і необхідність подальшого розвитку в Україні атомної енергетики, яка має реальний резерв палива і мінімально забруднює навколишнє середовище. Успішне функціонування атомної енергетики - одна з необхідних умов забезпечення національної безпеки країни.



## **КОММУТАЦИОННЫЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ ТОКА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫСОКИХ ТОКОВ КЗ В МЕЖСИСТЕМНЫХ СВЯЗЯХ**

**Довгалюк О.Н., Пиротти А.Е., Седина И.А.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В связи с повышением параметров мощности линий электропередач и постоянному усовершенствованию и усложнению электроэнергетических систем, вероятность того, что на распределительные устройства будет оказываться воздействие неприемлемо высоких токов короткого замыкания чрезвычайно возрастает. Организовать защиту от такого воздействия можно при помощи коммутационных ограничителей тока.

При срабатывании коммутационный ограничитель тока создает заряд, достаточный для разрыва главной цепи. Происходит переключение тока КЗ на предохранитель с большой отключающей способностью, который подключен параллельно главной цепи. Таким образом, ток КЗ ограничивается в фазе нарастания.

Также коммутационные ограничители можно тока можно использовать для межсистемных связей или связей между частями системы, которые имеют недостаточную устойчивость к токам КЗ. Для этого при проектировании, вместо расчета двух систем и расчета на удвоенное значение тока КЗ, в точке соединения устанавливают коммутационный ограничитель тока. Установка такого устройства в точке разделения систем, позволяет отделить их друг от друга в процессе нарастания тока КЗ, до достижения им критических для компонентов системы отметок.

В результате разделения системы при помощи коммутационного ограничителя тока, точка КЗ будет подпитываться только от поврежденной части системы и ее будет легко локализовать при помощи соответствующего оборудования. При использовании коммутационных ограничителей тока, максимальный ток КЗ не будет превышать значение тока КЗ за одиночным трансформатором на любом участке распределительного устройства. В то же время, неповрежденная часть системы продолжит функционирование в нормальном режиме, а падение напряжения при срабатывании коммутационного ограничителя тока будет составлять по времени доли миллисекунды. В результате, будут защищены от провалов напряжения даже чувствительные к ним нагрузки.

Быстродействие коммутационных ограничителей тока доказано использованием их более чем на 2500 станциях в 70 странах мира и позволяет использовать такие устройства в случаях, когда использование традиционных выключателей не позволяет организовать защиту нагрузок от сверхвысоких токов КЗ.

## **ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ**

**Довгалюк О.М., Пономаренко О.В.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Доцільність цієї теми полягає в тому, що Україна володіє значними ресурсами вітрової енергії, і завдяки своїм природно-кліматичним характеристикам може вийти на одне з провідних місць в світі з використання енергії вітру.

Згідно «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року» в нашій країні в 2035 році частка відновлюваної енергетики (такої як геліоенергетики, вітроенергетики, гідроенергетики та ін.) повинна забезпечуватися на рівні 20% від всієї електроенергії. [1] Зараз в країні працює 16 ВЕС, включаючи ті, які були побудовані в рамках виконання Державної Комплексної програми з будівництва ВЕС. При цьому майже третина (90 МВт) введених в експлуатацію ВЕС припадає на Запорізьку та Донецьку області.

Енергія вітру розподілена по території України вкрай нерівномірно, причому вітропотенціал на півдні країни значно вище, ніж на півночі. З точки зору використання енергії вітру на суші, найбільш сприятливі регіонами, Карпати, узбережжя Чорного та Азовського морів, а також Луганська область. Площі територій, придатних для споруд ВЕС, оцінюються в 8...9 тис.км<sup>2</sup>. На цих територіях при використанні 20...30% площі і при щільності будівництва ВЕС 5...8 МВт/км<sup>2</sup> можна побудувати ВЕС загальною потужністю 8...24 тис. МВт і генерувати 16...48 млрд. кВт · год електроенергії на рік.

Великі площі для будівництва потужних ВЕС є на прибережних і внутрішніх акваторіях України. Наприклад, хороший вітропотенціал мають також акваторії на Азовському морі (площа - 60 тис. км<sup>2</sup>), на Чорному морі (Одеська банка, площа 10 тис. км<sup>2</sup>; Каркинитська затока, площа 25 тис. км<sup>2</sup>), на приморських лиманах і на ряді інших водоймищ. В цілому по площах мілководних акваторій, придатних для будівництва ВЕС водного базування, Україна знаходиться на другому місці в світі.

З урахуванням можливих обсягів інвестицій сумарну потужність ВЕС, які можуть бути побудовані протягом найближчих 10 років в перспективних регіонах України, за даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України, можна оцінити в 16 ТВт з можливим річним обсягом виробництва енергії близько 32 млрд. кВт·год/рік [2].

### **Література:**

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року. - Київ, 2014.-41 с.
2. [Електрон. ресурс]. – <http://electrician.com.ua/posts/1280>.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ**

**Довгалюк О.Н., Тюрикова А.Б.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В настоящее время рост цен на традиционные энергоносители, требования в сфере экологии, заложенные в Соглашение об ассоциации Украины с Евросоюзом, общемировые тенденции, а также неопределенная ситуация с поставками газа, побуждают Украину искать альтернативные подходы к решению энергетических проблем. В связи с этим становится актуальным вопрос об перспективах развития солнечной энергетики, так как солнечная энергия является экологически чистой и ресурсоемкой.

Географическое расположение нашей страны способствует применению технологий солнечной энергетики. В Украине достаточно благоприятный климат – количество энергии Солнца, достигающей поверхности земли в пересчете на 1 м<sup>2</sup> площади превышает аналогичный показатель для Германии, которая в отношении использования солнечной энергии является одним из наиболее прогрессивных государств в мире. Особенностью украинского рынка солнечной энергетики является тот факт, что в стране действует достаточно высокая ставка «зеленого» тарифа, привязанная к курсу евро. То есть созданы благоприятные условия для инвестирования в солнечную энергетику, гарантирующие стабильный доход от продажи электроэнергии на протяжении ещё более десятка лет (до 1 января 2030 года). Еще одной характеристикой является сезонность – пик объемов производства энергии наблюдается в периоды максимальной солнечной активности с апреля по сентябрь. Меньше всего энергии вырабатывается в ноябре и декабре.

В 2016 г. в Украине реализован один из уникальных проектов под названием «Солар Парк Подгородне» – первая в Украине и СНГ трекерная солнечная электростанция с установленной мощностью 2,7 МВт. Весной 2016 г. состоялся запуск первой очереди станции установленной мощностью 1,65 МВт.

В Украине рынок солнечного энергетического оборудования сегодня широко представлен китайскими, корейскими американскими и европейскими, а также несколькими отечественными компаниями, которые в основном импортируют энергетические системы из других стран.

Рассматривая вопрос развития солнечной энергетики, мы сталкиваемся и с таким рядом проблем как: необходимость крупных вложений, длительный срок окупаемости проектов (6-8 лет и больше, в зависимости от региона), неудовлетворительное состояние электрических сетей, потеря части мощностей из-за отделения Крыма в 2014 году, нестабильность и несовершенство нормативно-правовой базы государственного регулирования рынка.

Анализируя перспективы развития солнечной энергетики нашей страны, можно сделать вывод о том, что приняв во внимание и устранив все недостатки и проблемы в этой области, Украина способна обеспечить в долгосрочной перспективе свою частичную или даже полную энергетическую независимость.

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИСТОЧНИКОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ**

**Довгалюк О.Н., Шкребела А.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В мире активно развиваются альтернативные источники энергии (АИЭ). Учитывая особенности работы и тенденции развития АИЭ, возникает вопрос обеспечения качества электрической энергии (КЭ) в электрических сетях, к которым они подключаются. Актуальность этого вопроса для Украины высока, так как в соответствии с Национальным планом действия по возобновляемой энергетике страна должна получать 11% энергии из чистых источников уже в 2020 году. К АИЭ относятся электростанции с возобновляемыми ресурсами, такими как солнце, ветер, вода и биомасса. Такие источники энергии являются нестабильными и сезонными, а также обычно обладают небольшими мощностями, в соответствии с чем и относятся к источникам распределенной генерации (ИРГ). Учитывая особенности АИЭ, следует отметить негативное влияние ИРГ на показатели качества электрической энергии (ПКЭ) в сети, к которой они подключаются. При использовании ИРГ значения ПКЭ могут выходить за пределы допустимых норм.

Для обеспечения КЭ при использовании ИРГ необходимо в первую очередь применять преобразователи, выполненные на IGBT-транзисторах, у которых на выходе синусоида соответствует всем нормам ПКЭ. При использовании этих инверторов исчезает такая проблема как появление гармонических искажений и отклонение частоты.

Что касается таких проблем как колебания напряжения и доза фликера при использовании РГ необходимо выбирать соответствующие режимы работы инверторов, а именно чтобы РГ осуществлялась в соответствии с требованиями локальной нагрузки. Таким образом, возможно нивелировать колебания напряжения в сети и устранить фликер. Если же мощность РГ регулируется независимо, то разность между соответствующими напряжениями будет увеличиваться и это негативно скажется на сети в целом.

В мировой практике решение проблемы качества поставок электроэнергии одновременно идет по двум направлениям: технологическому и нормативному. Технологический подход предполагает развертывание территориальных систем контроля и управления КЭ. Мониторинг на уровнях передачи и распределения электрической энергии осуществляется в большинстве стран ЕС. Нормативный подход предполагает создание технических регламентов и стандартов, регламентирующих отношения поставщика и потребителя электроэнергии с учетом ее качества.

Таким образом, для электрических сетей с ИРГ вопросы обеспечения КЭ являются актуальными и их решение является необходимым условием нормальной эксплуатации сетей.

## **АНАЛІЗ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЇЇ ЗНИЖЕННЯ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ**

**Загайнова О.А., Сердюкова Г.М., Біленький С.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Втрати електроенергії в електричних мережах є найважливішим показником економічності їх роботи. За оцінками зарубіжних експертів, максимально допустимі загальні втрати електроенергії в електричних мережах не повинні перевищувати 10%. Існує ряд негативних тенденцій, які впливають на рівень втрат в мережах, таких як: застаріле обладнання, фізичний і моральний знос засобів обліку електроенергії, невідповідність встановленого обладнання переданої потужності. Зростання втрат енергії в електричних мережах визначений дією цілком об'єктивних закономірностей у розвитку всієї енергетики в цілому. Основними з них є: тенденція до концентрації виробництва електроенергії на великих електростанціях; безперервне зростання навантажень електричних мереж, пов'язаний з природним зростанням навантажень споживачів і відставанням темпів приросту пропускної здатності мережі від темпів приросту споживання електроенергії і генеруючих потужностей. Для зменшення втрат електроенергії та підвищення економічності електропостачання проводяться наступні заходи: підтримування оптимальних рівнів напруги на шинах трансформаторних підстанцій; відключення одного із трансформаторів в режимах малих навантажень на двохтрансформаторних підстанціях; вирівнювання навантажень фаз, встановлення в мережах компенсаторів реактивної потужності; застосування пристроїв РПН та ПСН; заміна недовантажених та перенавантажених трансформаторів; переведення електричних мереж на більш високу номінальну напругу.

У роботі були розглянуті питання аналізу пропускної здатності електричних мереж з метою зниження втрат електроенергії в лінії 10кВ.

Визначено навантаження на ділянках ПЛ 10 кВ, проведено заміну проводів, обґрунтовано вибір двох силових трансформаторів, використано пристрої для компенсації реактивної потужності.

Проаналізувавши розрахунки та заходи щодо зменшення втрат електроенергії зроблені такі висновки:

- район електропостачання має досить розгалужену електромережу, яка має резервування від сусідніх підстанцій;
- проведений аналіз електричних навантажень показує, що на протязі розрахункового періоду електричне загальне навантаження зростає;
- після заміни проводів в повітряних лініях втрати напруги до найвіддаленішого споживача зменшаться, в середньому, на 25%;
- використання пристроїв для компенсації реактивної потужності дозволить зменшити втрати електричної енергії.

## ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЄМНОСТІ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Костюков І.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Контроль технічного стану ізоляції силових кабелів та іншого електроенергетичного обладнання передбачає вимірювання досить великого переліку різних діагностичних параметрів, одним із яких є електрична ємність ізоляції. Вказана характеристика електричної ізоляції є достатньо чутливою до її зволоження, внаслідок суттєвої різниці між величинами діелектричної проникності води та ізоляції. Метрологічне забезпечення високовольтних вимірювань в більшості випадків засноване на використанні мостів Шерінга. Їх використання також дозволяє робити висновки відносно впливу величини робочої напруги на процеси іонізації в ізоляції електроенергетичного обладнання. Вимірювання при відносно низьких значеннях напруги тестового сигналу проводять із використанням вимірювачів комплексних опорів, принцип дії яких може бути заснований, наприклад, на використанні синхронних детекторів.

Певним недоліком контролю в такому випадку є те, що внаслідок наявності паразитної індуктивності об'єкта контролю та вимірювальної схеми більшість методів вимірювання спроможні забезпечити можливість визначення лише ефективної електричної ємності ізоляції. У випадку суттєвої паразитної індуктивності можливе зростання електричної ємності із збільшенням частоти тестового сигналу. Метод вимірювання електричної ємності, заснований на визначенні електричного заряду, який переноситься в розрядному колі, шляхом інтегрування розрядного струму дозволяє уникнути впливу паразитної індуктивності на результати вимірювань. Із метою підвищення точності вимірювання розроблено лабораторний стенд для визначення електричної ємності шляхом інтегрування розрядного струму вимірюваної ємності, блок-схема якого наведена на рис. 1.

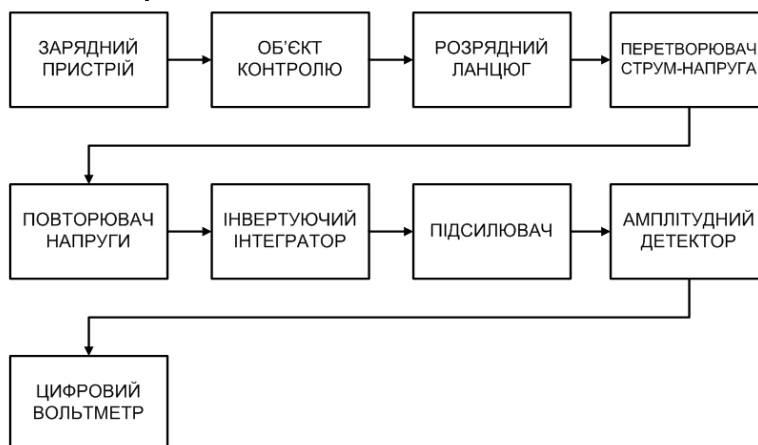


Рис.1 – Блок-схема лабораторного стенду для вимірювання електричної ємності

## ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ОПН НА ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Кулик А.С., Пономаренко С.Г.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Перенапряжение является одним из параметров, свидетельствующих о ненормальном режиме работы электрических сетей. Это чрезмерное увеличение значений напряжения выше допустимых для участка электрической сети, что опасно для оборудования, установленного в этой сети. Для защиты оборудования от возможных перенапряжений в электроустановках используются защитные средства, такие как ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН).

ОПН представляет собой наборную колонку варисторов. Типичная структура варистора, состоящего из оксида цинка, показана на рисунке 1.

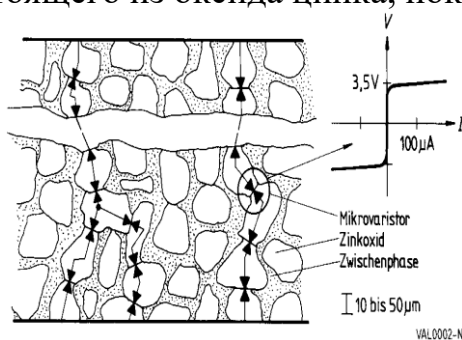


Рисунок 1 – Типичная структура варисторной керамики на основе ZnO

Стрелки на рисунке показывают диапазон проводимости в структуре варистора. Структура каждого варистора уникальна, поэтому каждый из них обладает и уникальными свойствами [1]. В результате сравнения вольт-амперных характеристик варисторов разных производителей была обнаружена значительная разница в величине напряжения, при котором они начинают проявлять нелинейные свойства. Это связано с различным содержанием примесей в окиси цинка или технологии изготовления варисторов.

На сегодняшний день существует большое количество работ, посвященных изучению характеристик оксидно-цинковой керамики. Однако, все еще довольно сложно определить параметры ОПН в целом, так как каждый производитель имеет свою собственную технологию для их производства, что приводит к большим расхождениям в параметрах. Поэтому возникает необходимость более подробного изучения вольт-амперных характеристик ОПН в целом.

### Литература:

1. Sergey S., Dmitriy D. Experimental studies of current voltage characteristics of the arrester leakage currents in the area //2015 International Young Scientists Forum on Applied Physics (YSF). - Dnipropetrovsk: Oles Honchar Dnipro National University. – 2017. – 1-4 pp.

**СТИМУЛЮЮЧЕ РЕГУЛЮВАННЯ**  
**Лазуренко О.П., Черкашина Г.І.**  
*Національний технічний університет*  
*«Харківський політехнічний інститут»,*  
*м. Харків*

Стан електричних мереж та енергетичного обладнання, необхідність у додатковій потужності для споживачів електричної енергії вимагають значних інвестицій, які можуть бути залучені лише за умови впровадження стимулюючого регулювання – загальноприйнятого у міжнародній практиці інструменту, що забезпечує можливість реконструкції електричних мереж та розвиток енергетичної інфраструктури. Наприклад, Великобританії вдалося у 2 рази скоротити витрати електророзподільчих компаній та тарифи на передачу електроенергії за 15 років. У Румунії знос активів зменшився з 75% до 48% протягом 2004-2011 років. Середній час експлуатації розподільчих мереж електроенергетичного сектору України складає понад 40 років, досягаючи 60-85% рівня зносу. При цьому споживання електричної енергії усіма категоріями споживачів зростає із року в рік, проте енергопостачальні компанії не мають необхідних ресурсів, щоб забезпечувати безперебійне, якісне та безпечне електропостачання для споживачів електричної енергії. Стимулююче регулювання передбачає встановлення величини необхідного доходу в залежності від досягнення встановлених показників надійності електропостачання та якості обслуговування споживачів, а також мотивує регульовані компанії до зниження витрат. Основні елементи стимулюючого регулювання: проведення переоцінки активів з метою встановлення регуляторної бази активів для розрахунку регуляторної амортизації та прибутку; встановлення норми прибутку на рівні, достатньому для залучення необхідного обсягу інвестицій; покриття обґрунтованих операційних витрат; встановлення довгострокових параметрів регулювання (цільових показників якості та надійності). Головними вигодами впровадження стимулюючого регулювання для енергопередавальних та енергопостачальних компаній є зменшення втручання регулятора в операційну діяльність, збереження вигод (досягнутої економії) внаслідок підвищення ефективності діяльності в розпорядженні компанії і, головне, забезпечення необхідного обсягу фінансування інвестиційних програм шляхом залучення акціонерного та позикового капіталу. Для споживачів електричної енергії та економіки України в цілому впровадження стимулюючого регулювання дозволить забезпечити створення привабливого інвестиційного клімату для залучення приватних інвестицій, підвищення якості та надійності електропостачання та підвищення ефективності операційної діяльності обленерго шляхом зниження неефективних операційних витрат та повернення споживачам часини досягнутої вигоди (економії) у вигляді відповідного зниження тарифів. Виходячи з вищесказаного, визначається необхідність формулювання принципів та перспектив переходу на стимулююче регулювання на прикладі енергопостачальної компанії України.



## **MODELING OF TRANSIENTS IN ELECTRICAL NETWORKS IN PHASE COORDINATES**

**Lebedka S.M.<sup>1</sup>, Veprik Yu.N.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Sumy State University, Sumy;*

*<sup>2</sup>National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,  
Kharkiv*

Electric networks with a voltage 6-35 kV has a large branching and length. To improve the efficiency of modeling these networks, it is necessary to develop formalized procedures that provide automation of the formation and solution of systems of equations of transient processes. In order to facilitate the development of models are used to move from the real three-phase network to other systems of coordinates. Published works, where modeling for transients studying in distribution networks were used are characterized by the following: during the study of ongoing transient processes, the simplified substitution schemes of networks with the limiting generalization of their parameters are adopted; often involves the automation of the process of solving systems of differential equations only; in the absence of complete models the use of simplified models leads to contradictory results, makes it difficult to assess the effectiveness of various methods and means of limiting currents and overvoltage objectively. The model represents of elements equations in phase coordinates network, instead of the single-phase equivalents. These equations contain the network elements' parameters and parameters of grid's regime that correspond to real physical parameters of power systems.

The following provisions are adopted as the basis methodology for electrical networks under transient conditions mathematical models constructing:

- the decomposition level: three-phase multipoles;
- the electrical network are represented by differential equations in phase coordinates, the numerical integration method: the second-order formula of implicit Gear method;
- the formation of equations system in numerical integration step is performed with the branch current method applied to circuits with multipole elements.

To obtain the equations in phase coordinates the three-phase circuit of an electric network is composed, the elements of which are three-phase longitudinal and transverse branches. Three-phase electric network corresponds to the discrete scheme in step numerical integration of differential equations of the network. The task of simulating transients in the network scheme is reduced to a multiple procedure for finding the current parameters of its mode for each interval of time at which the algebraization of differential equations occurs.

A software implementation of the transient processes mathematical model in electrical networks is performed on the basis of equations in phase coordinates.

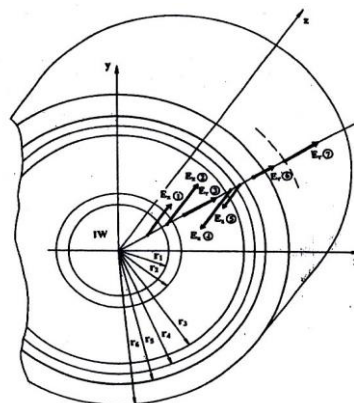
The developed mathematical model reflects the inductive and capacitive parameters of the network elements, reproduces the magnitudes of currents and overvoltages. It enables to make a wide range of computational experiments for electromagnetic transients studying at ground faults in electrical networks 6 kV of arbitrary configuration with different modes of neutral and means for surge limitation.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ОДНОЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ В КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ С НЕЗАЗЕМЛЕННЫМИ ЭКРАНАМИ

Ломов С.Г.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
г. Харьков*

Расчетная область представляет собой сплошные концентрические слои проводящего, полупроводящего (слабопроводящего) и диэлектрического материала, однородного в своих границах. При синусоидальном токе в кабеле волновое уравнение для напряженности электрического поля в общем случае  $\nabla^2 \vec{E}_m = \Gamma^2 \vec{E}_m$ ,  $\Gamma = \sqrt{i\omega\mu_0\gamma - \omega^2 \varepsilon_a \mu_0}$ ,  $p = r\sqrt{-\Gamma}$ .



В таблице представлены расчетные уравнения для напряженности электрического поля в рассматриваемых концентрических однородных слоях и стандартные методы их решения в цилиндрической системе координат при осевой симметрии параметров.  $A_1 - A_{12}$  могут быть найдены с помощью разрывных функций [1].

Область	Уравнения для напряженности электрического поля	Решение уравнений
7	$\frac{1}{i\omega r \mu_0} \left( \frac{d \dot{E}_r}{dr} + r \cdot \frac{d^2 \dot{E}_r}{dr^2} \right) = 0$	$\dot{E}_r = A_{12} \cdot \ln \frac{r}{r_0}$
6	$\frac{\partial^2 \dot{E}_{mr}}{\partial p^2} + \frac{1}{p} \cdot \frac{\partial \dot{E}_{mr}}{\partial p} + \left( 1 - \frac{1}{p^2} \right) \cdot \dot{E}_{mr} = 0$	$A_{10} \cdot I_1(p_4) + A_{11} \cdot K_1(p_4)$
5	$\frac{\partial^2 \dot{E}_{mz}}{\partial p^2} + \frac{1}{p} \cdot \frac{\partial \dot{E}_{mz}}{\partial p} + \dot{E}_{mz} = 0$	$A_8 \cdot I_0(p_3) + A_9 \cdot K_0(p_3)$
4	$\frac{\partial^2 \dot{E}_{mz}}{\partial p^2} + \frac{1}{p} \cdot \frac{\partial \dot{E}_{mz}}{\partial p} + \dot{E}_{mz} = 0$	$A_6 \cdot I_0(p_1) + A_7 \cdot K_0(p_1)$
3	$\frac{\partial^2 \dot{E}_{mr}}{\partial p^2} + \frac{1}{p} \cdot \frac{\partial \dot{E}_{mr}}{\partial p} + \left( 1 - \frac{1}{p^2} \right) \cdot \dot{E}_{mr} = 0$	$A_4 \cdot I_1(p_2) + A_5 \cdot K_1(p_2)$
2	$\frac{\partial^2 \dot{E}_{mz}}{\partial p^2} + \frac{1}{p} \cdot \frac{\partial \dot{E}_{mz}}{\partial p} + \dot{E}_{mz} = 0$	$A_2 \cdot I_0(p_1) + A_3 \cdot K_0(p_1)$
1	$\frac{1}{i\omega r \mu_0} \left( \frac{d \dot{E}_z}{dr} + r \cdot \frac{d^2 \dot{E}_z}{dr^2} \right) = \frac{IW}{\pi r^2}$	$\dot{E}_z = \frac{IW \cdot i \cdot \omega \cdot \mu_0}{4\pi r_1^2} \cdot r^2 + A_1$

### Литература:

1. Боев В.М. Электромагнитное поле кабеля с двухслойным экраном. «Электротехника и электромеханика», 2014, №5, с. 50-52.

## ОСОБЛИВОСТІ РАДІАЦІЙНОГО МОДИФІКУВАННЯ КАБЕЛІВ З БЕЗГАЛОГЕННОЇ НАПОВНЕНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ КОМПОЗИЦІЇ НА ОСНОВІ ЕТИЛЕН-ВІНІЛАЦЕТАТУ

Мирчук І.А.

*ПрАТ «Український науково-дослідний інститут кабельної промисловості, м. Бердянськ*

Висока насиченість сучасних об'єктів кабельними трасами висуває жорсткі вимоги до пожежної безпеки кабелів. Все це викликає необхідність застосування для ізоляції і оболонки кабелів безгалогенних композицій нового класу. Найбільш широко в якості базового полімеру для безгалогенних композицій використовується етилен-вінілацетат (EVA) – сополімер етилену з вінілацетатом. Для забезпечення високої стійкості до поширення горіння полімерну композицію наповнюють великою кількістю (до 70% мас.) неорганічними антипіренами (в основному гідроксидом алюмінію або магнію), що знижують фізико-механічні властивості полімеру. Саме завдяки високим вихідним (до введення антипіренів) фізико-механічним властивостям і високій сумісності з різними наповнювачами, EVA сополімери широко застосовується в якості полімерної основи при виготовленні безгалогенних композицій. Зшивання полімерів дозволяє значно підвищити їх міцність, теплостійкість, стійкість до впливу хімічно активних речовин, розтріскування та інш.

Модифікування безгалогенної наповненої ізоляції зразків кабелів з мідними жилами перерізом  $1,0 \text{ мм}^2$  проведено шляхом впливу іонізуючого випромінювання на промисловому

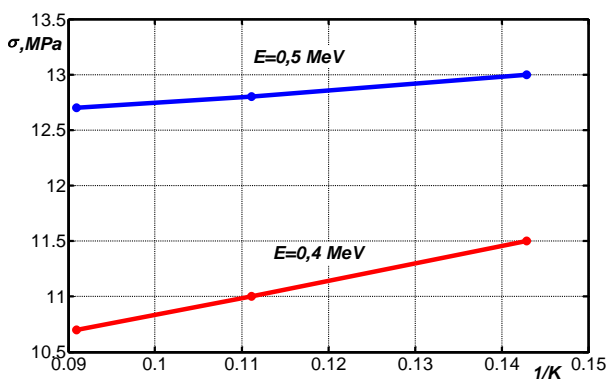


Рисунок 1 - Вплив енергії електронів на міцність при розтягуванні безгалогенної наповненої композиції кабелів

випромінювання на промисловому прискорювачі заряджених частинок ЕЛВ-1. Товщина ізоляції жили – 0,7 мм, струм пучка електронів – 10 мА, енергія прискорених електронів – 0,4-0,5 МеВ, кількість проходів ізолюваної жили під пучком електронів – 80. Встановлено, що зі збільшенням ступеня опромінення ( $1/K$ ) міцність при розтягуванні зростає, а відносне подовження при розриві знижується. Причому підвищення механічної міцності ізоляції спостерігається до ступеню опромінення 0,15-0,20. Фізико-

механічні властивості ізоляції, що опромінена електронами з різною енергією (0,4 МеВ та 0,5 МеВ), значно відрізняються (рисунок 1): зі зниженням енергії електронів міцність при розтягуванні зменшується, а відносне подовження збільшується. Ізоляція, опромінена електронами з енергією 0,4 МеВ, має меншу ступінь зшивання, в порівнянні з енергією 0,5 МеВ при однакових коефіцієнтах опромінення  $K$ .

## ДИНАМІКА ЗМІНЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ МІЦНОСТІ ПАПЕРОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИЛОВИХ КАБЕЛІВ

Москвітін Є.С., Безпрозванних Г.В.  
*Національний технічний університет  
 «Харківський політехнічний інститут»,  
 м. Харків*

Механічне старіння характерно для твердої ізоляції. Температурні коефіцієнти лінійного теплового розширення кабельного паперу і струмопровідних жил, металевих оболонок кабелю – різні. В результаті при змінах температури змінюються термомеханічні напруження в діелектрику. Тривала дія термомеханічних напружень, особливо в умовах одночасної дії теплових і електричних полів, також веде до утворення мікродфектів у твердій ізоляції. В процесі експлуатації силових кабелів з паперовою ізоляцією спостерігається більш інтенсивне старіння поясної ізоляції. В результаті з'являється відмінність в числі подвійних перегинів для поясної і фазної ізоляції силових кабелів.

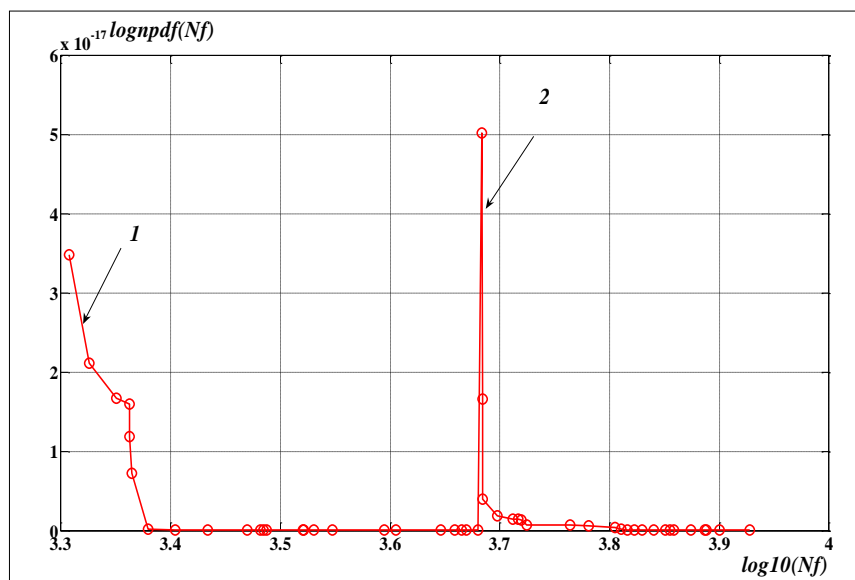


Рисунок 1 – Крива статистичної щільності розподілу логарифма числа подвійних згинів фазної паперової ізоляції нового силового кабелю ААШВ-3x150-10 кВ

Виконано аналіз кривих розподілу числа подвійних згинів кабельного паперу силових кабелів різного ступеня зістареності. Крива статистичної щільності розподілу числа подвійних згинів  $N$  кабельної ізоляції незістарених кабелів не є симетричною (рис. 1). Максимум (крива 2) розташований в області великих значень логарифма

числа подвійних згинів відносно моди статистичного розподілу числа подвійних згинів (крива 1). Наявність максимуму пов'язано з дискретністю структури об'єму ізоляції і відповідає рівню довговічності: чітко вираженому значенню числа подвійних згинів, біля якого групуються виміряні значення.

Для гранично зістарених кабелів рівень довговічності вироджується. На варіаційних діаграмах числа подвійних перегинів для поясної ізоляції спостерігається злам. Крива статистичної щільності розподілу числа подвійних згинів представляється сумою двох експонент для поясної ізоляції і постійної складової для фазної.

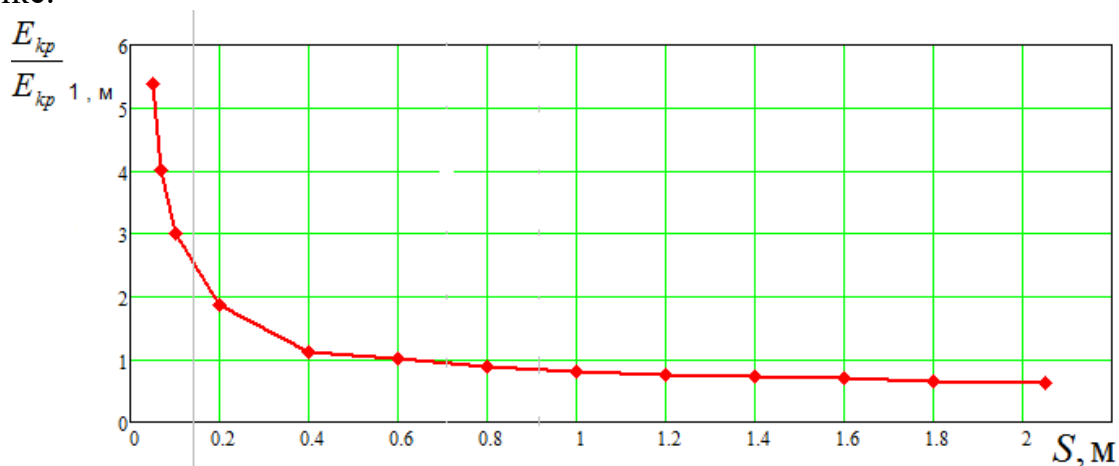
## ИМПУЛЬСНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ГРУНТА И НЕОБХОДИМОСТЬ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Нижевский И.В., Нижевский В.И., Зайур Хуссам

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Грунт при положительных температурах представляет собой композицию из твердых частиц, включений воздуха и жидкой фазы в виде водных растворов (электролитов). Для грунта как полупроводящей однородной среды можно измерить объемное удельное сопротивление ( $\rho$ , Ом·м) и напряженность  $E_{пр}$  электрического поля, вызывающего разряд (пробой) в грунте. Экспериментально доказано, что  $E_{пр}=f(S_{пр})$ , т. е. средняя напряженность пробоя, по мере удаления (удлинения)  $S$  канала разряда в грунте от электрода заземлителя снижается. Характер зависимости  $E_{пр}=f(S)$  определяется, в основном, степенью неоднородности поля тока в грунте и типом грунта и в меньшей мере влияет длина фронта  $\tau_f$  импульса в пределах, реальных для токов молнии.

Зависимость  $E_{пр}=f(S)$  меняет свой аллюр при изменении типа и влажности грунта, удельного сопротивления  $\rho$ , характера электрического поля. В настоящее время основную информацию о зависимости  $E_{пр}=f(S)$  получают экспериментальным путем. Для практических расчетов можно рекомендовать относительную зависимость  $E_{пр}/E_{пр при S=1м}=f(S)$ . Такая зависимость приведена на рисунке.



Рисунок

Расчет промежутка  $S$  предполагает преобразование масштаба по оси ординат в соответствии с заданным значением  $E_{пр}$  при  $S=1\text{ м}$ . При необходимости конкретизированная зависимость  $E_{пр}=f(S)$  может быть приближенно описана обратной пропорциональностью типа  $y=m/x$  с соответствующим подбором  $m$ .

## **РАСЧЕТ ИМПУЛЬСНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ИМПУЛЬСНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ГРУНТА**

**Нижевский И.В., Нижевский В.И., Власюк Е.О.**

*Национальный технический университет  
«Харьковський политехнічний інститут»,  
г. Харьков*

Проблеме расчета импульсного сопротивления заземляющего устройства, как одного из основных параметров, характеризующих его работоспособность и надежность работы электрооборудования в грозовой сезон, посвящено достаточно много работ как в нашей стране, так и за рубежом. Тем не менее, в ряде случаев рассчитать величину импульсного сопротивления заземлителя с достаточной точностью и сегодня не удастся, погрешности могут достигать нескольких десятков и даже сотен процентов, а порой рассчитать величину импульсного сопротивления заземлителя по ряду причин вообще невозможно.

Обеспечение заданной точности расчета импульсного сопротивления заземлителя может быть достигнуто путем расчета электрического поля заземлителя с учетом результатов экспериментального исследования импульсной электрической прочности грунта. Такой подход заключается в следующем.

В принципиальном плане (что подтверждают результаты исследований кафедры «Передача электрической энергии» НТУ «ХПИ») для объема грунта вблизи электрода-заземлителя и при наличии в грунте электрического пробоя характерно следующее: грунт пронизан отдельными каналами электрических разрядов с многочисленными ветвлениями; концы каналов имеют геометрическое место в виде поверхности, совпадающей с эквиградиентной поверхностью на определенных стадиях динамического процесса разряда. В отдельных случаях граничная поверхность зоны может совпадать с одной из эквиградиентных поверхностей собственно заземлителя. На границе зоны, т.е. на ее внешней поверхности, напряженность электрического поля в грунте снижается до критических значений. Это обстоятельство используется для количественного описания геометрической зоны пробоя. Электрическое сопротивление между электродом и поверхностью зоны за счет высокой электропроводности снижается, однако не спадает до нуля. Удовлетворительное согласование расчетов и экспериментов имеет место, если принять снижение удельного сопротивления грунта в объеме определенной, как указано выше, зоны на уровне  $k \cdot \rho$ , где  $\rho$  – удельное сопротивление для исходного состояния грунта, коэффициент снижения  $k=0,1 \dots 0,25$ .

Такой подход позволит существенно снизить риски возникновения серьезных аварий в электрических высоковольтных сетях.

## **К ВОПРОСУ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА В ВЫСОКОВОЛЬТНОМ ТОКОПРОВОДЕ**

**Нижевский И.В., Нижевский В.И., Коновалов А.С.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Как в нашей стране, так и за рубежом сила тока высокого напряжения традиционно измеряется индукционными трансформаторами тока, которые используются как датчики, масштабно трансформирующие силу тока. Обычно они имеют первичную обмотку и несколько вторичных обмоток для релейной защиты, измерений и коммерческого учета. Обмотки имеют гальваническую развязку. Первичная обмотка находится под высоким потенциалом измеряемого тока, а один из выводов вторичных обмоток находится под потенциалом земли. О силе тока судят по величине напряжения (обычно до 100 В при силе тока до 5 А) на выводах вторичных обмоток. Замеры на вторичной обмотке проводятся с использованием аппаратуры, установленной в здании подстанции, т.е. на большом расстоянии от токопровода. Вторичные обмотки изолируются от первичной на величину напряжения, которое может возникнуть при перенапряжениях в результате коммутаций или ударов молнии. Например, для класса напряжения 110кВ - это напряжение составляет 460 кВ, а для оборудования 220 кВ - более  $10^6$  В. Таким образом, изоляционные расстояния между обмотками измерительных индукционных трансформаторов тока с ростом напряжения для обеспечения изоляции значительно увеличиваются, масса трансформаторов тока при этом увеличивается в квадрате. Учитывая, что основной рост массы изоляторов связан не с измеряемым током, а с уровнем напряжения в измеряемой цепи, в настоящее время считается перспективным применение электрооптических устройств измерения тока, а также устройств на основе эффекта Фарадея. При использовании электрооптических устройств измерения силы тока достаточно просто решается задача высоковольтной изоляции датчика и объекта измерения от потенциала земли и места использования результатов измерения, так как оптическое излучение, несущее информацию об измеряемом токе, не проводит электричество. Но при этом возникает большое количество преобразований измеряемых величин, ведущих к ухудшению точности измерения. Кроме того, метод очень чувствителен к изменению температуры, вибрации, возможному изменению оптической прозрачности волоконного канала и т.д. Неоспоримым достоинством метода является высокий уровень электрической изоляции, при этом диэлектрическое расстояние между датчиком, находящимся под высоким потенциалом, и регистрирующим блоком может быть сколь угодно большим. Увеличение при необходимости уровня электрической изоляции (диэлектрического расстояния) не требует увеличения затрат и изменения конструкции. Основным недостатком существующих устройств остается большое количество трансформаций и, как следствие, высокая результирующая погрешность измерения, которую требуется снижать.

## **ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

**Олійник Ю.С.**

*Українська інженерно-педагогічна академія,  
м. Харків*

В роботі проаналізовано якість електричної енергії. Розглянуто електричну енергію як важливий сучасний продукт, за допомогою якого здійснюється процес створення нового виду товару, а також у ту чи іншу сторону змінюється якість цього товару та збільшення прибутку. Електрична енергія є, по своїй суті, унікальним товаром, що має значні відмінності. Як і будь-який товар, електрична енергія має чіткі та визначені показники, за якими визначається її якість. Ці показники є номінальна частота, номінальна напруга та номінальний струм. Всі електричні апарати та електроустановки працюють при визначених параметрах електричної енергії [2]. В даний час в процесі розвитку електроенергетичної галузі багато досліджень присвячено двом проблемам: надійність системи електропостачання та якість електричної енергії. Автори в роботі [1] справедливо вважають, що ці проблеми є найважливішими та характеризують надійність системи електропостачання як безперервний процес надання споживачам електричної енергії у достатній кількості, що необхідно, та у відповідній якості. Неможливо порівнювати рівень якості електричної енергії у сучасні часи, Наразі сучасний стан енергетичної галузі характеризується змінами та реконструкцією систем електропостачання, швидким розвитком науки та техніки, появою нових та вдосконаленням застарілих технологій у різних галузях промисловості. Показники якості електричної енергії, що протягом досить значного часу вважалися оптимальними, у сучасні часи є джерелом значних збитків та втрат [1].

Спираючись на відомий стандарт ДСТ 13109-97, який визначає показники якості електричної енергії у певних межах, можна зауважити, що зміни показників якості електричної енергії на промислових підприємствах у більшості випадків виходять за межі зазначених. Цьому сприяє швидке зростання несиметричного та різкозмінного навантаження, збільшення частки потужності нелінійних споживачів. Це зростання на кроки випереджає впровадження заходів щодо зменшення електромагнітних перешкод [3].

### **Література:**

1. Расчеты показателей электромагнитной совместимости: учебное пособие/ Г.Г.Пивняк, И.В. Жежеленко, Ю.А. Папаика; М-во образования и науки Украины; Нац. горн. ун-т. – Д.: НГУ, 2014. – 113 с.
2. Олійник Ю.С. Управління енергозбереженням та енергоспоживанням на промислових господарських підприємствах/Ю.С. Олійник// Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: зб. наук. праць – Харків, 2016. - №176 – С. 87-88.
3. Жежеленко И.В. Проблема качества электроэнергии в системах электроснабжения предприятий/И.В. Жежеленко//Вісник приазовського державного технічного університету – 2011 - №11 – С. 1-8.



## НЕДОЛІКИ ТА ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Омелянко Г.В., Мартинова О.Д.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В даний час передача електроенергії на змінному струмі є найбільш поширеною, проте в ряді випадків більш переважним виявляється використання високовольтних передач постійного струму. Ще в 1918 р. Доліво-Добровольський вказував, що однією з ймовірних схем передачі енергії може бути лінія постійного струму. Таким чином, він вказував на ймовірність того, що генерування і розподіл енергії в майбутньому будуть проводитися змінним струмом, а її передача - випрямленим струмом високої напруги. Передача електричної енергії постійним струмом на великі відстані відкриває нові можливості для електроенергетики, головними з яких є наступні:

1) передача електроенергії від електростанції до споживача на великі відстані без проміжних відгалужень, наприклад, у віддалені райони;

2) збільшення пропускної здатності існуючих електричних мереж в тих випадках, коли установка додаткових ланцюгів є скрутною або дорогим рішенням;

3) передача електроенергії між несинхронізованими розподільними системами змінного струму;

4) зменшення перерізу проводів і кількості опор для заданої пропускної спроможності ліній електропередачі (ЛЕП), так як пропускна здатність високовольтних передач постійного струму вище при заданому діаметрі провідника;

5) підключення віддалених електростанцій до розподільної мережі;

6) підвищення стійкості системи без збільшення струмів коротких замикань;

7) зниження втрат на корону у порівнянні з високовольтними лініями змінного струму тієї ж потужності;

8) зменшення вартості ЛЕП, так як для високовольтних передач постійного струму потрібно менше провідників.

При всіх своїх перевагах електропостачання постійним струмом характеризується також великими недоліками:

- воно вимагає застосування складних і дорогих випрямлячів та інверторів;

- неможливість простого відгалуження від лінії передачі в проміжних пунктах.

Можливість побудови високовольтних ліній постійного струму економічно доцільна тільки при великих відстанях. В даний час розпочато будівництво лінії передачі постійного струму Екібастуз – Центр довжиною 2500 км при нарузі 1,5 МВ. Надалі будівництво нових ліній передач постійного струму буде вестися на ще більші потужності.

## **ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В УКРАИНЕ**

**Омельяненко Г.В., Соколова Е.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Постоянно растущие цены на электроэнергию, ухудшение её потребительских качеств, установленные лимиты потребления, высокая стоимость подключения к электросетям, а порой даже невозможность этого, приводят нас к использованию альтернативных источников энергии (АИЭ). Несмотря на недавний отказ Украины от закупки российского газа, наша страна все еще достаточно сильно зависит от импортных источников энергии, к примеру, ядерного топлива. Грубо говоря, сегодня перед государством стоит выбор – либо продолжать торговаться, но финансировать внешние энергоносители, либо использовать собственные АИЭ. Одним из таких может стать ветроэнергетика, которая, вопреки всему и не без препятствий, но продолжает развиваться. Использование ветровой энергетики в мире растет рекордными темпами, и, согласно принятой в Евросоюзе программе, до 2020 года доля электроэнергии, произведенной из возобновляемых источников, должна составить не менее 20%. Что касается Украины, то 1 октября 2014 года Кабмин также утвердил Национальный план действий по развитию возобновляемой энергетики до 2020 года. Документ, в том числе, предполагает, что через пять лет возобновляемыми источниками энергии в Украине должно вырабатываться не менее 11% электроэнергии. Украина обладает значительными ресурсами ветровой энергии и благодаря своим природно-климатическим характеристикам может выйти на одно из ведущих мест в мире по использованию энергии ветра. На сегодняшний день на территории материковой Украины находится 13 ветроэлектростанций (ВЭС), общая мощность которых 426 МВт. С учетом возможных объемов инвестиций суммарную мощность ВЭС, которые могут быть построены в течение ближайших 10 лет в перспективных регионах Украины, по данным Института возобновляемой энергетики НАН Украины, можно оценить в 16 ТВт с возможным годовым объемом производства энергии около 32 млрд. кВт·ч /год.

Помимо того, что ветроэнергетика содействует становлению энергетической независимости Украины, развитие этой отрасли помогает и сберечь окружающую среду. Ветроэнергетические объекты не выбрасывают в атмосферу никаких твердых частиц, вызывающих болезни сердца и легких. В отличие от электростанций, выбросов оксида азота, который вызывает образование смога, при работе ВЭС не наблюдается. Впрочем, по словам экологов, сами по себе ветряки опасны для живых организмов, поэтому «размещение ВЭС вблизи населенных пунктов категорически запрещается».

В настоящее время усилия должны быть направлены не на строительство новых ВЭС, а на доработку ветрогенераторов с целью повышения их КПД, снижения стоимости и устранения инфразвукового излучения.

## **РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МЕТОД ПОБУДОВИ АЛГОРИТМУ ВІДКЛЮЧЕННЯ ЦИЛІНДРІВ СТАЦІОНАРНОГО ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА**

**Осетров О.О., Жуковський Є.І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В Україні накопичений багаторічний досвід виробництва та надійної експлуатації стаціонарних дизель-генераторів 7Д100, які використовуються на автономних електростанціях цивільних і військових об'єктів. Ці дизелі мають високі показники паливної економічності на режимах високих і середніх навантажень. Проте при роботі дизелів на режимах малих навантажень і холостого ходу внаслідок зменшення циклових подач палива відбувається погіршення якості сумішоутворення в циліндрі, що призводить до погіршення якості згоряння і показників двигунів. Одним з ефективних напрямів покращення показників дизельних двигунів на режимах малих навантажень є відключення циліндрів або циклів. Відключення окремих циліндрів дозволяє збільшити циклову подачу до «робочих» циліндрів, покращити якість сумішоутворення і згоряння палива. Підвищенню індикаторного ККД сприяє зростання максимального тиску та температури в «робочих» циліндрах, що забезпечує зростання термічного ККД циклу. До позитивних ефектів відключення циліндрів відносять також можливість зменшення частоти обертання холостого ходу. На сьогодні існує декілька підходів до створення алгоритмів відключення циліндрів, проте в технічній літературі бракує даних щодо вибору критеріїв, за якими потрібно відключати циліндри, обмежень, яких слід дотримуватися при відключенні циліндрів, порівняльної оцінки ефективності різних алгоритмів відключення циліндрів.

В роботі запропоновано новий метод побудови алгоритму відключення циліндрів двигуна, який базується на математичному моделюванні робочого процесу і динаміки кривошипно-шатунного механізму. Математичні моделі уточнюються за результатами експериментальних досліджень. За результатами моделювання робочого процесу дизеля при роботі на різній кількості «робочих» циліндрів визначають зони роботи двигуна з найбільшим індикаторним ККД. Це є основним критерієм призначення певної кількості робочих циліндрів. При цьому враховують обмеження максимального тиску згоряння, мінімального коефіцієнту надлишку повітря, максимально допустимої нерівномірності обертання колінчастого валу, наявності запізнення відключення/включення циліндрів для забезпечення «гістерезису» і запобігання смикання двигуна та ряд інших обмежень.

На базі запропонованого методу для двигуна 7Д100 розроблено два алгоритми відключення циліндрів при роботі на навантажувальній характеристиці. Розрахунки показали суттєве покращення показників двигуна на режимах малих навантажень і холостого ходу при застосуванні запропонованих алгоритмів.

## **БІОПАЛИВО ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ**

**Пантелєєва І.В.**

*Українська інженерно-педагогічна академія,  
м. Харків*

У світі та в Україні все частіше виникає питання недостатньої кількості енергоресурсів. Однак, небезпеку для нашої планети представляє використання традиційних видів палива, яке приводить до: теплового забруднення атмосфери, проблем сховища відходів, можливих аварій енергетичних гігантів, затоплення великих площ плодородних земель, тощо [1]. У зв'язку з цим з'являється багато нових шляхів використання як традиційних, так і нетрадиційних джерел енергії. Одно з провідних місць в галузі нетрадиційної енергетики належить біопаливу. У багатьох країнах світу широкий розвиток отримало вирощування спеціальних порід лісу з однією метою – подальшої енергетичної переробки. Перспективними джерелами можуть стати різні спирти та біодизельне паливо. Біодизельне паливо – це продукт етерифікації рослинних олій, наприклад, рапсової олії. Сучасні дизельні двигуни можуть працювати на 100% біодизельному паливі [2]. Необхідно розробляти сучасні екологічно чисті технології ефективного розкладання деревини на целюлозу (полімер глюкози) та лігнін. Сировиною для виробництва етанолу в Україні можуть бути: цукровий буряк, картопля (картопляний крохмаль), солодке сорго. Одним з напрямів розвитку нетрадиційних джерел енергії є використання продуктів життєдіяльності мікроорганізмів, а також біонафта та біоелектрика [3]. Біонафта - звичайна по хімічному складу нафта з тією різницею, що вона не містить сірки та шкідливих речовин. Практично невичерпним джерелом енергії сьогодні можуть бути звалища твердих побутових відходів (ТПВ) великих міст. Поряд з проблемою енергозбереження для великих міст не менш гостро встає проблема утилізації ТПВ. Кількість звалищ навколо міст зростає з кожним роком. Від звалищ ТПВ можна отримати різноманітні енергетичні ресурси. В першу чергу це газ, так званий лендфілгас, який є різновидністю біогазу. У теперішній час експлуатуються з використанням біогазу більш 150 полігонів ТПВ (80% з них знаходяться у США, Великобританії, Німеччині). До переваг біологічного палива можна віднести: відновлювальність і циклічність ресурсів; зменшення викидів парникових газів, вплив на атмосферу; економічну безпеку та стабільність. До недоліків біопалива можна віднести: продовольчу кризу; проблему монокультурності; зміни в мікросередовищі ґрунту; природні фактори; винищення лісів.

### **Література:**

1. Пантелєєва І.В. Сучасний стан економічного розвитку мікроГЕС у світі/І.В. Пантелєєва, Н.М. Шматько// Вісник національного технічного університету «ХП». Економічні науки. – 2016, №48 (1220). – С. 42-45.
2. Гютт А. Мини-дрова на экспорт и не только//Биоэнергетика. – 2007, №1. – С.55-57.
3. Салехов М. Микроорганизмы в производстве энергии//Энергетика и промышленность России. – 2007, №5 (81). – С. 38.

## ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ЧЕЛОВЕКА И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Пономаренко С.Г.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Электрическое поле – вид материи, которая существует вокруг заряженных частиц или тел и действует с некоторой силой на другие частицы или тела, имеющие электрический заряд. С развитием цивилизации естественное поле дополнилось электрическими полями различных электротехнических устройств, используемых человеком. Известно, что клетки и ткани организма человека создают около себя электрические поля. Регистрацию и измерение этих полей широко применяют для диагностирования разных заболеваний в медицине, например:

- электроэнцефалография (рис. 1) - метод исследования деятельности головного мозга человека (основан на суммарной регистрации биоэлектрической активности отдельных зон, областей, долей мозга);

- электрокардиография (рис. 2) - методика регистрации и исследования электрических полей, образующихся при работе сердца;

- электроретинография (рис. 3) - метод изучения функционального состояния сетчатки, при световом раздражении регистрации биопотенциалов.

Мы живем в настоящей паутине, сотканной из огромного количества электрических полей. Долгое время считалось, что они не влияют на людей, но сейчас уже известно, что действие внешнего электрического поля на клетки и ткани организма человека, особенно продолжительное, приводит к негативным последствиям. Например, при работе компьютера на экране монитора накапливается электрический заряд; клавиатура и компьютерная мышь тоже электризуются в результате трения. Под влиянием электрических полей, созданных этими заряженными телами, у пользователя изменяются гормональное состояние и биотоки мозга, что вызывает ухудшение памяти, повышенную утомляемость и др. Решить проблему можно, ослабив электрическое поле, например, путем повышения влажности воздуха или применения антистатиков. Более эффективный, но и более дорогой способ – искусственная ионизация воздуха, насыщение его легкими отрицательными ионами. С этой целью применяют аэроионизаторы – генераторы отрицательных ионов воздуха.

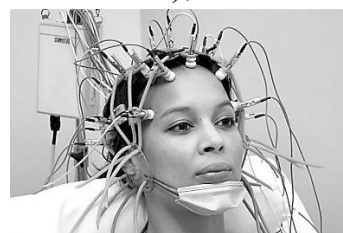


Рис. 1 - Применение электроэнцефалографа



Рис. 2 – Применение электрокардиографа



Рис. 3 - Применение электроретинографа

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИНИКНЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ДУГИ ПРИ РОЗРИВІ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА**

**Пономаренко С.Г., Кулик О.С.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Навколишнє повітря електрично нейтральне, тому що складається з нейтральних атомів та молекул. При розходженні контактів комутаційного апарату в момент його вимикання вони опиняються під різними електричними потенціалами. Наприклад, один з контактів опиняється під негативним потенціалом і є катодом, а інший контакт під позитивним потенціалом і є анодом. Між ними утворюється електричне поле, під дією якого електрони вириваються з поверхні катоду і перетворюються у вільні електрони. Цей процес має назву – автоелектронна емісія. Крім того, при розходженні контактів площа їх стикання зменшується, збільшується перехідний опір і, як наслідок, збільшується нагрівання контактів. В результаті цього на катоді з'являються сильно розжарені ділянки (температура катоду досягає 3000 – 5000<sup>0</sup> С), які починають випромінювати електрони. Цей процес має назву – термоелектронна емісія. В результаті термоелектронної та автоелектронної емісії у міжконтактному проміжку з'являються вільні електрони.

Вільні електрони починають з відповідною швидкістю переміщуватись у напрямку до аноду і на своєму шляху стикаються з атомами та молекулами повітря. Якщо в момент цього стикання електрон мав певний запас кінетичної енергії, то він спроможний вибити з молекули або атому один чи навіть кілька електронів. В результаті цього нейтральна частина перетворюється в позитивний іон. Цей процес має назву – ударна іонізація.

Якщо в момент стикання з атомом чи молекулою повітря електрон мав малий запас кінетичної енергії, то він “прилипне” до орбіти атома, та перетворює його в негативний іон.

Під впливом цих факторів міжконтактний проміжок заповнюється позитивно та негативно зарядженими частинами, які складають іонізоване середовище – газорозрядну плазму, яка має високу провідність та температуру. Повітря втрачає свої діелектричні властивості (іонізується) і під дією прикладеної до контактів напруги міжконтактний проміжок пробивається та запалюється електрична дуга. Електрична дуга палає за рахунок термоіонізації.

Електрична дуга характеризується високою температурою (4000<sup>0</sup> С на поверхні та 9000<sup>0</sup> С у центрі). Під її дією частинки повітря знаходяться в постійному русі і взаємно стикаються. В результаті цього здійснюється їх розпад та створення вільних електронів та іонів. Паралельно з іонізацією йде зворотній процес – деіонізація. Деіонізація здійснюється в результаті рекомбінації та дифузії іонів (відновлення).

## СУЧАСНІ ПРОСОЧУВАЛЬНІ КОМПАУНДИ З ПІДВИЩЕНИМ КЛАСОМ НАГРІВОСТІЙКОСТІ ДЛЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Рогинський О.В.

ДП «Електроважмаш»,  
м. Харків

Одним з напрямків модернізації систем електричної ізоляції тягових електродвигунів є застосування сучасних електроізоляційних матеріалів з підвищеним класом нагрівостійкості. Основний недолік кремнійорганічних компаундів для просочення тягових електричних машин – додаткове твердіння в процесі експлуатації з виділенням низькомолекулярних речовин. В тягових електричних машинах постійного струму це призводить до осадження їх на колекторі, що викликає іскріння. Застосування компаундів на основі ненасичених олігоєфірімідів в активному розчиннику, низьков'язких однорідних сумішей епоксидних діанових смол і ангідриду карбонової кислоти знімає ці питання. Так, компаунд Елпласт 180 ІД відповідає класу нагрівостійкості Н, максимальна тривала температура експлуатації - 180 °С. Компаунди твердіють за три стадії. Під час першої стадії матеріали всіх трьох марок витримують при температурі 130 °С протягом 2 годин. Далі, в другу стадію, підтримують температуру 160°С протягом 4 годин. Під час завершальної стадії компаунд Елпласт 180 ІД витримують при 180 °С протягом чотирьох годин. Затвердіння при цьому відбувається в товстому шарі і, як правило, здійснюється за один цикл. На рисунку 1 наведено

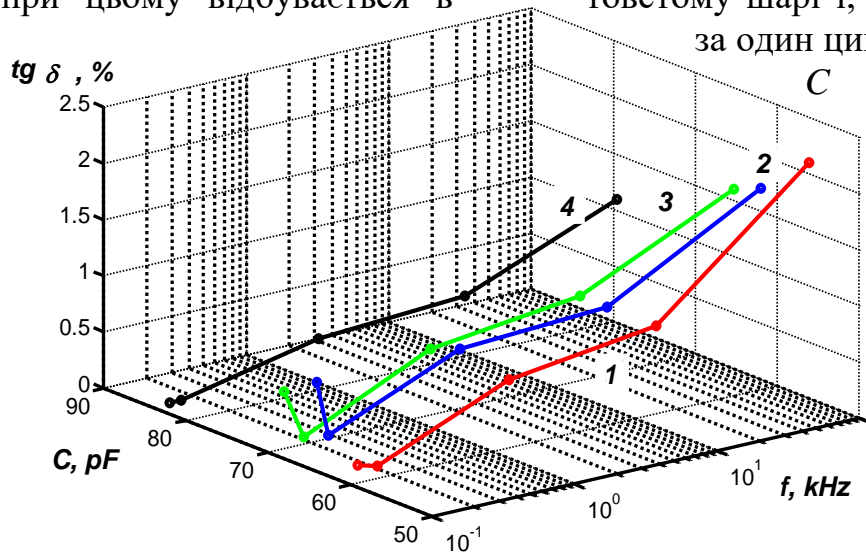


Рисунок 1 – Частотні залежності ємності  $C$  та тангенсу кута діелектричних втрат  $\text{tg} \delta$  зразків термореактивних компаундів класу нагрівостійкості Н

– $\text{tg} \delta$  діаграма зразків дископодібної форми діаметром 10 см та товщиною 1мм компаундів Елпласт ІД 180 (криві 1 – 3), отриманих методом занурення, та на основі епоксидних смол (крива 4) для температури вимірювань 20 °С. Для компаунду на основі діанових смол  $\text{tg} \delta$  має в меншій мірі виражену частотну залежність, що,

вочевидь, пов'язано з меншим вмістом низькомолекулярних речовин в процесі твердіння. Візуальний огляд зразків показує, що зразки компаундів Елпласт ІД 180 мають в більшій мірі неоднорідність по товщині та світовий колір.

## **МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ З АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОСИСТЕМ НА ОСНОВІ КАУЗАЛЬНОГО НАВЧАННЯ**

**Рудевіч Н.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Одним з перспективних напрямків щодо конструювання змісту професійної підготовки сучасного фахівця є причинно-наслідковий (каузальний) підхід, що передбачає встановлення каузальних зв'язків та відношень між елементами знання. Каузальний підхід є предметом дослідження європейських та американських вчених, широко використовується в світі, але на сьогодні недостатньо розроблений в Україні.

Отримання високого рівня професійної підготовки майбутніх інженерів з автоматизації енергосистем на основі каузального підходу можливе в разі теоретичного обґрунтування та практичного розроблення методичної системи професійної підготовки на основі каузального навчання, що забезпечить:

- формування в якості кінцевих цілей професійної підготовки системи професійних компетентностей;
- визначення змісту професійної підготовки, що представляє систему каузальних моделей змісту формування професійних компетентностей;
- розроблення методів професійної підготовки, як методів каузального формування системи професійних компетентностей;
- застосування засобів професійної підготовки у вигляді засобів каузального формування системи професійних компетентностей;
- розроблення інтегративної моделі форми організації професійної підготовки, яка забезпечить комплексне використання внутрішньої, зовнішньої та загальної форм.

Усі елементи методичної системи професійної підготовки майбутніх інженерів з автоматизації енергосистем повинні бути взаємопов'язані між собою, при чому провідним компонентом методичної системи є цілі професійної підготовки, у свою чергу зміст професійної підготовки закономірно залежить від цілей, а методи, форми й засоби професійної підготовки обумовлюються як цілями, так і змістом професійної підготовки.

Практична реалізація методичної системи професійної підготовки майбутніх інженерів з автоматизації енергосистем на основі каузального навчання потребує розроблення спеціальних методик каузального формування системи професійних компетентностей.



## **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

**Седина И.А., Кошка А.И.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Успешное решение задач, стоящих перед энергетикой Украины, возможны только при наличии современной методологии проектирования, обеспечивающей повышение надежности, стабильности, экономической эффективности её функционирования [1]. В настоящее время технико-экономическое обоснование решений при проектировании развития электрических сетей должно быть направлено на:

– разработку новых принципов типового проектирования электрических сетей высокого напряжения, отражающих новые идеи унификации конструктивных решений линейных и подстанционных составляющих сетей, современные требования к надежности и качеству электроснабжения, обеспечению действующих на сегодняшний день экологических требований; также должна предусматриваться возможность проведения ремонтов сетевых объектов под напряжением, учитываться изменения в подходах к отчуждению земель, формированию стоимости объектов и многие другие аспекты;

– разработку индивидуальных проектов электросетевых объектов, что обеспечивает наименьший расход материалов и других ресурсов, а также гарантирует соответствие сооружений локальным условиям и их эффективную эксплуатацию в течение всего периода.

Наиболее эффективно использование как унифицированных конструкций, так и конструкций, специально разработанных для каждого объекта. Окончательный ответ может дать только технико-экономическое сравнение различных вариантов конструктивного исполнения.

В принимаемых технических решениях особое внимание должно уделяться совершенствованию способов передачи электрической энергии, обеспечивающих увеличение пропускной способности электропередачи и снижение воздействия на окружающую среду. Технологической основой создания электрических сетей нового поколения должны стать компактные линии, управляемые самокомпенсирующие линии, комбинированные линии с цепями различных классов напряжения, линии с изолированными и защищенными проводами, газоизолированные линии, кабельные линии с изоляцией из сшитого полиэтилена.

### **Литература:**

1. Бабушкин В. М. Электрические сети: развитие, новые решения: пособие для электроэнергетиков / В. М. Бабушкин, В. А. Нейман, В. А. Чевычелов // Сер. Энергетика: реабилитация, развитие. – К. : Энергетика и электрификация. - 2001. – 116 с.

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОМПЛЕКСУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ-ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

<sup>1</sup>Сінчук О.М., <sup>2</sup>Бойко С.М.

<sup>1</sup>ДВНЗ «Криворізький національний університет»,  
м. Кривий Ріг

<sup>2</sup>Кременчуцький льотний коледж Національного авіаційного університету,  
м. Кременчук

Зважаючи на стратегії розвитку енергетики України та розвинутих країн світу та на концепцію Smart grid, що активними темпами набуває розвитку у світі, є актуальним розглядати структуру системи електропостачання та електроспоживання як комплекс в умовах залізорудних підприємств [1]. На рис. 1 показано рекомендований варіант інтелектуальної системи комплексу електропостачання-електроспоживання залізорудних підприємств.

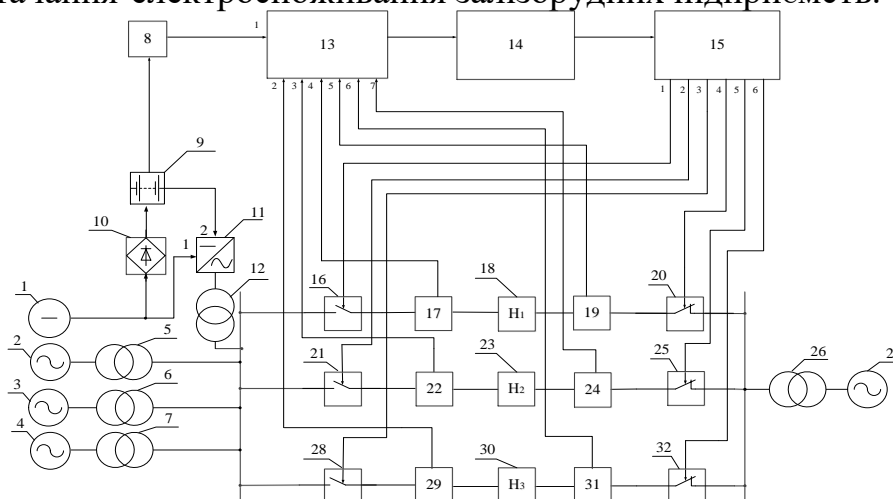


Рис.1 – Структура інтелектуальної системи комплексу електропостачання-електроспоживання залізорудних підприємств: 1 – сонячна електростанція; 2 – вітроенергетична станція; 3 – мікрогідроелектростанція; 4 – гідроакumuлююча електростанція; 5,6,7,12,26 – трансформатори; 8 – система діагностики акумулятора; 9 – блок акумуляторних батарей; 10 – блок заряду акумуляторної батареї; 11 – інвертор; 13 – погоджуючий пристрій блоків датчиків; 14 – система керування електропостачання; 15 – погоджуючий пристрій системи керування електропостачання; 16,20,21,25,28,32 – керуючі комутатори; 17,19,22,24,29,31 – блоки датчиків; 18,23,30 – активні споживачі; 27 – мережа;

**Висновок.** Інтелектуальна система комплексу електропостачання-електроспоживання залізорудних підприємств, при її впровадженні, забезпечить підвищення надійності електропостачання та енергоефективність.

### Література:

1. Відновлювані джерела електричної енергії в структурах систем електропостачання залізорудних підприємств (аналіз, перспективи, проекти). Монографія / Бойко С.М., Сінчук І.О., Караманиць Ф.І., Ялова А.М., Пархоменко Р.О. під редакцією доктора техн. наук, професора О.М. Сінчука. – Кривий Ріг, 2017. – 152 с.

## СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ВИСУВНОЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ПЕРВИННОГО АВАРІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ БОРТОВИХ КОМПЛЕКСІВ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

<sup>1</sup>Сінчук О.М., <sup>2</sup>Бойко С.М., <sup>2</sup>Шмельов Ю.М.

<sup>1</sup>ДВНЗ «Криворізький національний університет»,  
м. Кривий Ріг

<sup>2</sup>Кременчуцький льотний коледж Національного авіаційного університету,  
м. Кременчук

Умови в яких здійснюється польот, роблять значний вплив на роботу всього комплексу електрообладнання літального апарату, оскільки зміна фізичних властивостей навколишнього середовища значно впливає на роботу електрообладнання літального апарату. Зовнішні впливи, які діють на електротехнічні установки, можуть привести до різного роду пошкоджень.

Первинна аварійна система електропостачання ЛА складається з акумуляторної батареї, апаратури та електромережі або з генераторі, якого приводиться в обертання висувною турбіною - «вітрянку» (ВВЕУ) від набігаючого потоку повітря [1].

Таким чином, зважаючи на fuzzy управління ВВЕУ, на вхід нечіткого регулятора (рис 1) подаються наступні сигнали: кутова швидкість обертання вітрового колеса  $\omega_{ВК}$ , швидкість вітрового потоку  $u_{в.п.}$ , похідні від змінного значення швидкості вітрового потоку  $du_{з.в.п.}/dt$  та оптимальне значення кутової швидкості  $\omega_{опт}$ . Вихідним сигналом каналу нечіткого регулятора системи керування є сигнал відпирання  $U_{завд}$ , після надходження якого до регулятора останній змінює значення ємнісного струму за допомогою блоку керування.

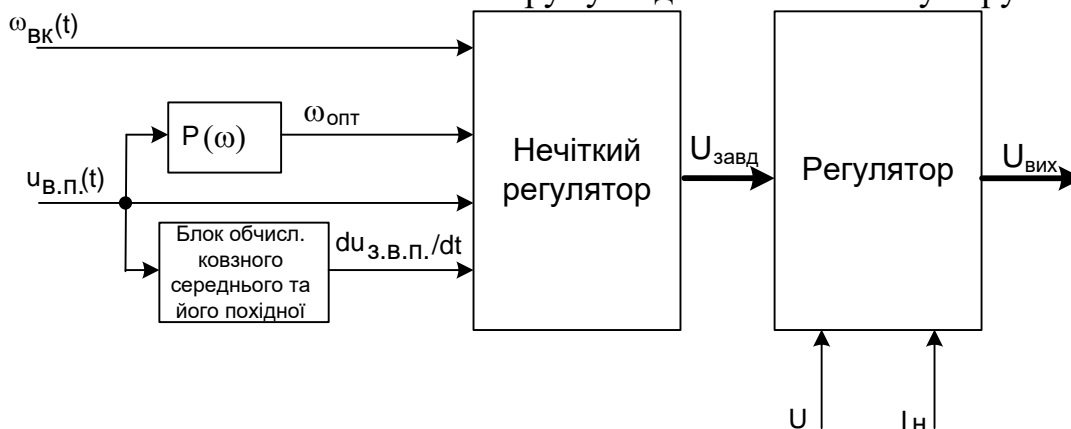


Рисунок 1 – Структурна схема каналу регулювання системи керування висувною вітровою енергетичною установкою літального апарату

**Висновок.** Розроблений спосіб управління вихідною напругою асинхронного генератора з короткозамкнутим ротором в складі висувної вітроустановки дозволить плавно регулювати значення вихідного параметра.

### Література:

1. Брускин Д.Э., Синдеев И.М. Электроснабжение летательных аппаратов. – М.: Высшая школа, 1988. – С.263.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ НАВЕДЕНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЕЛЕКТРОДІВ ЗАЗЕМЛЕННЯ

**Федосеєнко О.М., Біловицький А.С.**  
*Національний технічний університет*  
*«Харківський політехнічний інститут»,*  
*м. Харків*

Реалізація методу розв'язання задачі електричного поля складного заземлюючого пристрою (ЗП), названого методом наведеного потенціалу, передбачає, в тому числі, визначення взаємних і власних опорів вертикальних і горизонтальних електродів складних ЗП в двошаровій землі.

Розрахункові вирази для взаємних і власних опорів отримані на підставі загальної формули для взаємного опору  $R_{qg}$  між двома лінійними електродами з індексами  $g$  і  $q$ , розташованими в провідному півпросторі, тобто

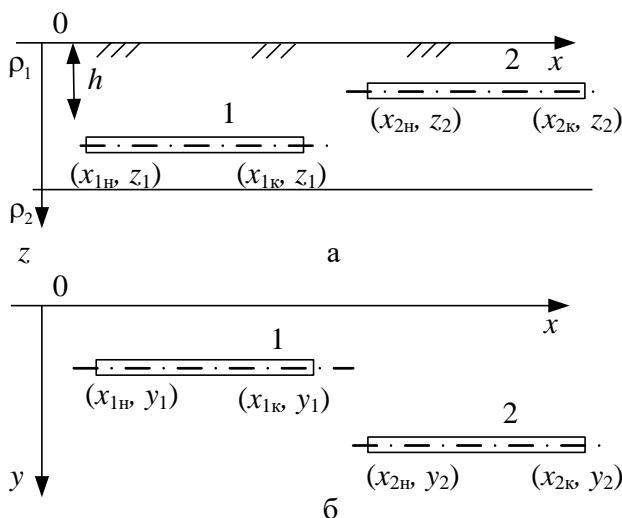
$$R_{qg} = \frac{1}{l_q l_g} \int_{(l_q)} \int_{(l_g)} f'_{0q}(Q) f'_{0g}(G) \Psi_{QG} dl_Q dl_G, \quad (1)$$

де  $l_q$  і  $l_g$  – довжина електродів;  $f'_{0q}(Q)$  і  $f'_{0g}(G)$  – функція неоднорідності лінійної щільності струму по довжині електрода;  $\Psi_{QG}$  – функція пропорційності між струмом, що виходить в провідний півпростір з оточення точки  $G$ , і потенціалом, що наводиться цим струмом в точці  $Q$ .

Далі наведено один з отриманих аналітичних виразів, зокрема для взаємного опору двох горизонтальних електродів, розташованих у верхньому шарі і паралельних осі  $OX$ :

$$\alpha_{12} = \frac{\rho_1}{4\pi \cdot l_1 l_2} \left[ A_1 + A_2 + \sum_{n=1}^{\infty} k_{21}^n (A_3 + A_4 + A_5 + A_6) \right], \quad (2)$$

де  $A_i = a \ln \left| a + \sqrt{a^2 + E_i^2} \right| - \sqrt{a^2 + E_i^2} - b \ln \left| b + \sqrt{b^2 + E_i^2} \right| + \sqrt{b^2 + E_i^2} -$   
 $- c \ln \left| c + \sqrt{c^2 + E_i^2} \right| + \sqrt{c^2 + E_i^2} + d \ln \left| d + \sqrt{d^2 + E_i^2} \right| - \sqrt{d^2 + E_i^2};$



при  $i = \overline{1, 6}$ ;  $l_1 = |x_{1к} - x_{1н}|$ ;  $l_2 = |x_{2к} - x_{2н}|$ ;  
 $E_i = \sqrt{a^2 + B_i^2}$ ;  $B_1 = z_2 - z_1$ ;  $B_2 = z_2 + z_1$ ;  
 $B_3 = 2nh - z_2 - z_1$ ;  $B_4 = 2nh - z_2 + z_1$ ;  
 $B_5 = 2nh + z_2 + z_1$ ;  $B_6 = 2nh + z_2 - z_1$ ;  
 $\alpha = |y_1 - y_2|$ ;  $a = |x_{1к} - x_{2н}|$ ;  $b = |x_{1к} - x_{2к}|$ ;  
 $c = |x_{1н} - x_{2н}|$ ;  $d = |x_{1н} - x_{2к}|$ .

Отримані аналітичні вирази охоплюють всі можливі комбінації розташування електродів і дають можливість доповнити і вдосконалити існуючий алгоритм розрахунку електричних

характеристик складних заземлюючих пристроїв.

## **РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОГО ТА БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ**

**Хоменко І.В., Омельченко І.О., Стасюк І.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Розглянуто питання реалізації ефективних засобів контролю і управління параметрами електричної мережі та її основних елементів. Розробка базується на широкому використанні математичного моделювання електромагнітних процесів, засобів вимірювальної техніки, оптимізації і керування режимами електричних мереж в режимі реального часу. Основними результатами роботи є теоретична та практична розробка інформаційно-керуючої системи «Спектр» комплексного контролю параметрів електричних мереж та її основних елементів в процесі експлуатації.

Оперативна інформаційно-керуюча система «Спектр» створюється для багато параметричного контролю та управління станом електричної розподільчої мережі. Стан електричної розподільчої мережі повністю визначається співвідношенням параметрів режиму (ПР) та параметрами цієї електричної мережі (ПЕМ). Вимірювання та визначення ПР і ПЕМ виконується у режимі реального часу. Контрольованими параметрами режиму є: фазні і лінійні струми; фазні і лінійні напруги;  $\cos\phi$ ; частота; активні та реактивні потужності електричної мережі; активні та реактивні потоки енергії електричної мережі; гармонійні складові електричного струму та напруги.

Контрольованими параметрами електричної мережі є активні та реактивні провідності (опори) повздовжніх та поперечних елементів.

Інформаційно-керуюча система «Спектр» складається з трьох модулів: вимірювального, розрахункового і модуля керування.

Модуль вимірювання забезпечує вимірювання, збір, накопичення, обробку, відображення, та збереження інформації про параметри режиму електричної мережі.

Модуль розрахунку виконує: розрахунок і аналіз (моделювання) параметрів окремих елементів ЕМ; розрахунок і аналіз (моделювання) нормальних режимів ЕМ, розрахунок витрат електричної енергії; оптимізацію режиму та стану електричної мережі.

Модуль керування реалізує: оптимальний склад енергетичного обладнання та електроустановок; оптимальну структуру електричної мережі; управління електроспоживанням; оптимальне керування режимом електричної мережі по  $n$ ,  $U$  і  $Q$ .

## ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФАЗНОГО ПРОВОДА В КАЧЕСТВЕ МОЛНИЕПРИЕМНИКА НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Шевченко С.Ю., Данильченко Д.А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

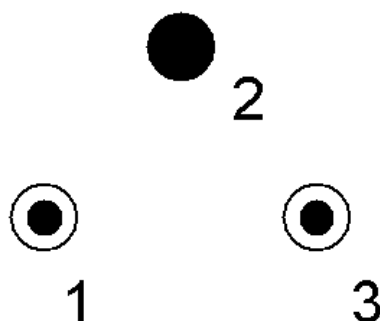
С началом применения защищенных проводов на воздушных линиях электропередач (ЛЭП) распределительных сетей, появились проблемы, связанные с их грозозащитой. Одной из основных проблем, является поражение молнией ЛЭП с защищенными проводами, которое приводит к отгоранию фазных проводов.

Нормативные документы не предусматривают обязательную установку грозозащитных устройств на линиях средних классов напряжения, потому мы предлагаем использовать особенности ЛЭП средних классов напряжения.

Большинство распределительных сетей выполнено с изолированной от земли нейтралью трансформаторов. Основное достоинство сетей с изолированной нейтралью состоит в том, что ток однофазного КЗ имеет меньшее значение, чем в сетях с заземленной нейтралью, потому, согласно «Правил устройства электроустановок», однофазное замыкание на землю не является аварийным режимом.

Проведенные ранее исследования поражаемости прямыми ударами молнии ЛЭП с голыми и защищенными проводами, показали, что зона захвата молнии голыми проводами в полтора раза больше зоны захвата молнии защищенными проводами.

Таким образом, используя выше перечисленные особенности, нами предлагается создать комбинированную линию электропередачи, содержащую в себе как защищенные провода, так и голый, который так же выполняет роль грозозащитного троса. Пример такой линии изображен на рис. 1.



1 и 3 – защищенные провода; 2 – голый провод.

Рис. 1 – Пример комбинированной линии электропередачи.

## **CAUSES OF OVERVOLTAGE IN HIGH-SPEED ASYNCHRONOUS MOTORS AT VACUUM CIRCUIT BREAKER SWITCHING**

**Shevchenko S., Danylchenko D.  
National Technical University  
«Kharkov Polytechnic Institute»,  
Kharkov**

At the early stage of the development of vacuum switching equipment, there was a problem of overvoltages in the case of switching off the vacuum circuit-breaker due to the breakdown of the current arc to its natural transition through the zero value (the phenomenon of "cutoff").

At present, the problem of overvoltages caused directly by the cutoff of current, has lost its relevance. Due to the selection of the optimal material for the manufacture of contacts, but to fully solve the problem of high-frequency overvoltage during switching vacuum circuit-breaker failed, since the ability of the vacuum to extinguish the high-frequency current arc leads to the following adverse processes:

1) escalation of overvoltage in the cycle of high-frequency repeated breakdowns when disconnected;

2) overvoltage in the cycle of high-frequency preliminary breakdowns when turned on;

3) overvoltages caused by virtual cuts of current.

In the course of repeated inflammations, the contact strength of the switch increases. At the same time, the voltage of repeated inflammations, the amplitude of the current of frequency ignition, and also the overvoltage on the disconnected winding ("escalation of overvoltage") increase. Multiple re-ignitions create a series of impulses with steep fronts that affect the winding insulation windings.

Excessive escalation continues until one of the three conditions is met:

a) the transitional restoring voltage will not exceed the increasing breakdown voltage;

b) the total current in the BB will no longer pass through the zero value or the speed of its transition exceeds 250-350 A / ms.

c) there will be violation of the isolation of switched equipment.

### **References:**

1. *Shevchenko, S.* Protection of Asynchronous Electric Motors from Switching Overvoltage. / *S. Shevchenko, D. Danylchenko* // - abstract 2017 IEEE International young scientists forum on applied physics and engineering YSF-2017. - Lviv: Ivan Franko National University. - 2017. - p.p. 11 - 14.

2. *Damjanovic, A.* Protection of Medium Voltage SCR Driven Soft-Starter From High-Frequency Switching Transients // *IEEE Transactions on Industry Applications.* – 2016. – T. 52. – №. 6. – C. 4652-4655.

3. *Mnukhin, A.* Protection of electric networks of mines from switching overvoltages./ *A. Mnukhin, B. Konevsky* - Moscow: Nedra, 1987. - 143 p..

## **НАВЕДЕНІ БЛИСКАВКОЮ ПЕРЕНАПРУГИ В ЛЕП З ЗАХИЩЕНИМИ ПРОВОДАМИ**

**Шевченко С.Ю., Дривецький С.І.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В даний час в Україні все більш широке поширення набувають захищені проводи для ПЛ, це обумовлено технічною політикою Міністерства палива та енергетики. Провід в захисній оболонці для повітряних ліній 6-35 кВ, були розроблені з метою підвищення надійності розподілу і передачі електроенергії. Застосування проводів в захисній оболонці має кілька суттєвих переваг, а саме: надійність, економічну доцільність. При явних перевагах має недолік, який визначається в необхідності здійснювати захист ПЛ від грозових перенапруг.

Поняття грозозахисту настільки різнобічне, що визначають методи вибору підходящої захисту від загрози в різних регіонах різні. Факторами вибору методу захисту є грозова активність і її інтенсивність в кожному конкретному регіоні, характерні чорні територіального розташування лінії ПЛ і питомий опір ґрунту, на якому розташована лінія ПЛ. При виборі методу захисту не можна залишати без уваги матеріал, з якого виконані опори ПЛ.

Грозостійкості ПЛ з захищеними проводами, як правило, розраховується тільки для першого імпульсу розряду блискавки, так як ймовірність перекриття ізоляції при впливі наступних імпульсів на порядок і менше, ніж при впливі першого імпульсу. Облік наступних імпульсів в оцінці грозостійкості виправданий тільки в деяких спеціальних випадках при великій індуктивності опор (багатоопорні ВЛ на одностоякових опорах, великі переходи ПЛ через водне перепони і т.д.).

Згідно зі статистикою, частота ушкоджень зменшилася 4,5 пошкоджень на 100 км в рік для неізольованих проводів до 0,9 пошкоджень на 100 км в рік для захищених проводів.

Так як висота підвісу проводів на ЛЕП 6-35 кВ мала, то ймовірність прямих ударів блискавки в саму лінію досить невелика, в порівнянні з наведеними перенапруженнями.

В лабораторії надвисоких напруг НТУ «ХПІ» було створено експериментальне поле, що дозволяє змоделювати повітряну лінію з захищеними проводами. Ця модель дає можливість виконати експерименти для дослідження величини наведених перенапруг, що виникають в повітряних захищених лініях (ВЛЗ), при ударах блискавки поблизу ліній при різних геометричних параметрах. Як джерело грозового перенапруження використовується генератор імпульсної напруги 2,4 МВ з імпульсом 1,2/50 мкс.

Отримані результати досліджень вказують на досить велике значення наведених перенапруг на захищених проводах. З чого можна зробити висновок про те, що блискавко захист таких ліній потребує більш детальної уваги.



## ОЦЕНКА ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТАНГЕНСА УГЛА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ОСНОВНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВВОДОВ ГЕРМЕТИЧНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Шутенко О.В., Загайнова А.А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,*

*г. Харьков*

Одним из путей повышения эксплуатационной надежности высоковольтного оборудования, является корректировка граничных значений диагностических признаков с учетом, влияния эксплуатационных факторов. Решение данной задачи принципиально невозможно без анализа законов распределения диагностических признаков в оборудовании с разным состоянием. Выполненный анализ законов распределения значений диагностических признаков по 68 высоковольтным вводам позволил установить, что значения всех диагностических критериев, используемых для оценки состояния основной изоляции высоковольтных вводов могут быть описаны с помощью распределения Вейбулла. В качестве примера в таблице приведены параметры распределения Вейбулла и значения критериев согласия для трех статистически однородных массивов тангенса угла диэлектрических потерь основной изоляции ( $\text{tg}\delta_1$ ) исправных герметичных вводов напряжением 110 кВ.

Таблица – Значения параметров закона распределения Вейбулла и критериев согласия для трех статистически однородных массивов  $\text{tg}\delta_1$  исправных герметичных вводов напряжением 110 кВ.

Массив, (объем выборки)	Параметры закона распределения		Значение критерия Пирсона			Значение критерия Колмогорова- Смирнова	
	$\alpha$	$\beta$	$f$	$\chi^2_{\text{расч.}}$	$\chi^2_{\text{крит.}}$	$\lambda_{\text{расч.}}$	$\lambda_{\text{крит.}}$
<b>M<sub>1</sub> (102)</b>	0,424	5,414	2	2,933	5,990	0,588	1,360
<b>M<sub>2</sub> (241)</b>	0,528	4,023	4	4,777	9,490	0,614	1,360
<b>M<sub>3</sub> (103)</b>	0,973	2,073	4	1,351	9,490	0,277	1,360

Как видно из таблицы для всех массивов данных и расчетные значения критерия согласия Пирсона и критерия Колмогорова-Смирнова не превышают критических, на основании чего можно сделать вывод о том, что нет оснований для того, чтобы отвергнуть гипотезу о приемлемости закона распределения Вейбулла. Кроме того существенные различия в значениях параметра масштаба  $\alpha$  для трех массивов одного и того же показателя свидетельствуют о наличии дрейфа математического ожидания  $\text{tg}\delta_1$ , обусловленного влиянием эксплуатационных факторов. Очевидно, что учет этого дрейфа при корректировке граничных значений для диагностических критериев вводов позволит значительно повысить эксплуатационную надежность вводов и продлить их ресурс.

## АНАЛИЗ ГАЗСОДЕРЖАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ С ДЕФЕКТАМИ РАЗНОГО ТИПА

Шутенко О.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В настоящее время для распознавания типа дефекта маслonaполненного оборудования по результатам анализа растворенных в масле газов (АРГ) используется несколько подходов. Первый подход основан на анализе значений отношений между отдельными газами, при этом для каждого дефекта, различными методиками установлены свои диапазоны значений. Второй подход основан на анализе процентного содержания газов в пробах масел. Этот подход реализован в методе ключевого газа, треугольниках и пятиугольниках Дюваля, треугольнике фирмы GATRON, и в какой то мере в методе графических образов [1]. Третий подход основан на непосредственном использовании значений концентраций газов. Он реализован в методе логарифмических номограмм и в методе лепестковых диаграмм И.В. Давиденко. При этом как показано в [2], различные методики распознавания типа дефекта дают разные результаты для одного и того же оборудования.

Для преодоление данного недостатка был выполнен комплексный анализ газосодержания масел по 2160 единицам маслonaполненного оборудования в котором были выявлены дефекты разного типа. В процессе анализа для каждого объекта определялись процентные содержания пяти газов: водорода ( $H_2$ ), метана ( $CH_4$ ), этана ( $C_2H_6$ ), этилена ( $C_2H_4$ ) и ацетиленa ( $C_2H_2$ ), которые сравнивались с значениями отношений газов регламентированными известными методиками ( $CH_4/H_2$ ,  $C_2H_6/CH_4$ ,  $C_2H_4/C_2H_6$ ,  $C_2H_2/CH_4$ ,  $C_2H_2/C_2H_6$ ,  $C_2H_2/C_2H_4$ ). Также для каждого типа дефекта строился свой графический образ, и ставился диагноз по треугольнику Дюваля.

Выполненный анализ позволил установить, что каждый из анализируемых методов допускает постановку ошибочных диагнозов. Выявлены основные причины обнаруженных различий. Установлено, что для различного оборудования с дефектами одного типа процентное содержание газов имеет близкие значения. Получены диапазоны значений отношений газов, и построены графические образы для более чем 100 дефектов и их комбинаций, в том числе тех которые не определяются по известным методикам. Полученные результаты помогут значительно повысить достоверность распознавания дефектов.

### Литература:

1. Шутенко О.В. Аналіз графічних методів розпізнавання типу дефекту за результатами ХАРГ //Шутенко О.В., Баклай Д.Н., Горожанкіна Т.Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Сер.: Енергетика: надійність та енергоефективність.–2016.–№3(1175).–С. 122–140.
2. Алексеев Б. А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. М. «Издательство НЦ ЭНАС» 2002.-216 с.

## РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВ ДЕФЕКТОВ, ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АРГ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ РАЗДЕЛЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ ПРИЗНАКОВ

Шутенко О.В., Яковенко И.С.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Обнаружение и распознавание дефектов высоковольтного оборудования, особенно на ранней стадии их развития является актуальной и практически значимой научно-технической задачей. Поскольку большинство развивающихся в оборудовании дефектов сопровождается выделением газов, которые образуются в результате деструкции изоляции, то одним из наиболее распространенных и широко используемых методов диагностики является анализ растворенных в масле газов (АРГ). Согласно существующим методикам по интерпретации результатов АРГ, распознавание типа дефекта производится либо путем сравнения рассчитанных отношений газов, для диагностируемого оборудования с установленными значениями, либо путем графического отображения результатов АРГ в областях соответствующих разным диагнозам, либо путем сравнения построенных графических образов с эталонными.

Для повышения надежности распознавания предлагается использовать подход основанный на разделении в пространстве признаков. Учитывая, что разделение проводится для нескольких состояний (диагнозов), то для распознавания дефекта целесообразно использовать дискриминантные функции [1], для которых справедливо условие:

$$f_i(\mathbf{x}) > f_j(\mathbf{x}), \text{ для } x \in D_i \text{ (} j = 1, 2, \dots, n; j \neq i \text{)}.$$

Т.е. функция  $f_i(\mathbf{x})$  принимает для точек диагноза  $D_i$  наибольшие значения по сравнению со всеми другими дискриминантными функциями.

В качестве вектора параметров  $\mathbf{x}$ , можно использовать как процентное содержание газов в пробах масла оборудования с дефектами разного типа, так и значения отношений газов. В последнем случае решается еще и оптимизационная задача, в частности определяется минимальное количество отношений пар газов, которые обеспечивают наибольшую достоверность поставленного диагноза.

Выбор вида функции а также определение значений весовых коэффициентов осуществляется на основе использования процедуры обучения, т.е. последовательного предъявления образцов с строго верифицированным диагнозом и последующей корректировкой столбца весовых коэффициентов. Для чего могут быть использованы как известные алгоритмы нахождения разделяющей гиперплоскости, так и нечеткие нейронные сети.

### Литература:

1. Биргер И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – М. : Машиностроение, 1978. – 240 с.

## СЕКЦІЯ 11. СУЧАСНІ ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ І МАТЕРІАЛИ, БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИДОБУВАННЯ І ПЕРЕРОБКИ ПАЛЬНИХ КОПАЛИН

### МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПАРОВОГО КАЛЬЦИНАТОРА У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СОДИ

Аврамко В.В., Шутинський О.Г.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Відділення кальцинації у виробництві соди аміачним способом є завершальною ланкою технологічного процесу. У зв'язку з цим до його роботи висуваються жорсткі вимоги, обумовлені якістю готового продукту і продуктивністю відділення.

Температура вивантаженої з кальцинатора соди характеризує якість готового продукту, а також ступінь корисного використання поверхні, що гріє барабана. Щоб кальцинована сода за змістом  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  відповідала вимогам, температура її на виході з кальцинатора повинна бути не менше 200 – 220°C [1].

Основна увага при розрахунку контуру регулювання приділяється отриманню динамічних характеристик, які необхідні при виборі типу регуляторів і розрахунку їх налаштувань, що забезпечують необхідну якість регулювання [2].

Для розробки автоматизованої системи управлінням відділенням кальцинації основна увага приділялась отриманню математичної моделі парового кальцинатора [1]. В окремих випадках динамічні характеристики можуть бути отримані аналітичним шляхом, але паровий кальцинатор являє собою складний об'єкт з розподіленими параметрами, тому в даному випадку математична модель була визначена експериментальним шляхом [2]. С цією метою була знята крива розгону за каналом «витрата пари, що гріє – температура соди з кальцинатора». Отримана крива розгону була апроксимована на ПЕОМ і математична модель кальцинатора визначилась у вигляді передатної функції:

$$W_0(p) = \frac{0,96 * e^{-1.4p}}{4,2p^2 + 2,52p + 1} \quad (1)$$

де 0,96 – коефіцієнт підсилення об'єкту; 2,52 хв., 4,2 хв. – постійні часу; 1,4 хв. – час запізнення.

#### Література:

1. Зайцев И.Д. Производство соды / И.Д. Зайцев, Г.А.Ткач, Н.Д.Стоев. – М.: Химия. 1984. –312 с.
2. Математичне моделювання об'єктів керування хімічних і фармацевтичних виробництв: навч. посібник / [Красніков І.Л., Бабіченко А.К., Вельма В.І., Подустов М.О., Зайцев О.І., Бабіченко Ю.А.]; за ред. А.К. Бабіченко – Харків.: Вид-во ТОВ "С.А.М.", 2015 р. – 224 с.

## **БІОЛОГІЧНОАКТИВНІ РЕЧОВИНИ В ПАРФУМЕРНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**Альтемірова Л.Р.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Сучасна парфумерія є престижною індустрією. Якщо парфумерія ХХ століття розвивалася за рахунок прогресу в хімії ароматів, то у ХХІ столітті вона протистоїть моді і вводить революційні технології та аромати. Сьогодні парфумерія є не просто мистецтвом, а наукою, що вивчає основні принципи гармонійних ароматів і правильність створення парфумерних композицій і засобів [1].

Дане дослідження присвячене виробництву парфумерії, яка використовує речовини, корисні для здоров'я людини та поліпшують її певні фізіологічні дані. У дослідженні освітлені технологічні аспекти виробництва парфумів, надане певне уявлення про процес природних ароматів і про те, як це працює, запропонована класифікація парфумерних виробів, а також їх класифікаційні ознаки: консистенція, характер і сила запаху, основний аромат та інші.

Метою дослідження є вивчення та розробка парфумерної продукції профілактичного призначення. Імпульси, які передаються при вдиханні ароматичних речовин в ЦНС змінюють стан певних ділянок організму, збуджуючи, посилюючи або послаблюючи їх діяльність. Внаслідок чого змінюються біологічна активність організму і його захисні властивості. На сьогоднішній день така специфічна складова духів, як аромат, може забезпечити додаткове вирішення проблем людини зі здоров'ям як на психологічному (зменшення стресу, депресії, стимуляція сенсорного усвідомлення), так і на фізичному (головні болі, мігрені, втома, лікування певних медикаментозних проблем) рівнях. З цим справляються найважливіші складові парфумерних виробів, які і вивчені у роботі.

Також робота зосереджена на питанні про те, чи впливають конкретні сполуки, які додають спеціально в парфумерні засоби, на поведінку і фізіологію інших людей. Функція цих психостимуляторів в парфумерній промисловості полягає в тому, що вони модифікують поведінку, фізіологічний та емоційний стан, а також метаболізм. Дослідження показують, що немає ніяких підстав стверджувати, що ці речовини підвищують привабливість однієї статі до іншої [2]. Головною їх метою в парфумерії є фіксація ароматичних речовин.

### **Література:**

1. Investigation of odors in the fragrance industry / Schilling B., Kaiser R., Natsch A., Gautschi M. // *Chemoecology*. – 2010. – Т. 20, № 2. – С. 135 – 147.
2. Do perfume additives termed human pheromones warrant being termed pheromones? / Winman, A. // *Physiology & Behavior*. – 2009. – Т. 82, № 4. – С. 697 – 701.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ БУРЕНИЯ НА СТЕПЕНЬ ИЗНОСА ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ

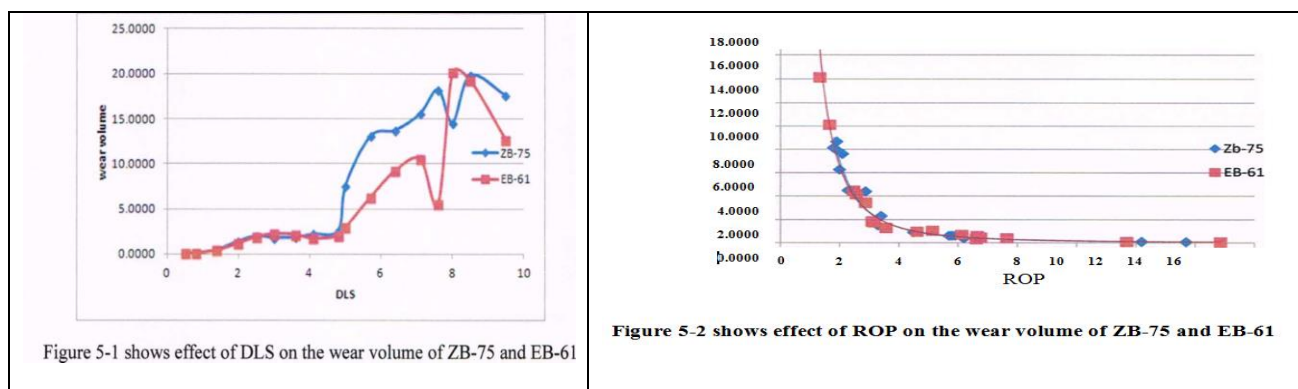
Амир Немах М., Донской Д.Ф.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Комплексное изучение влияния параметров бурения на степень износа обсадной колонны для прогнозирования времени ее безаварийной работы является достаточно актуальным для сложных горных условий Ирака. Для этого в работе была выполнена оценка интенсивности влияния нескольких параметров: степени искривления скважины, скорости проходки, числа оборотов ротора в минуту и осевой нагрузки на долото для двух скважин нефтяных месторождений Ирака.

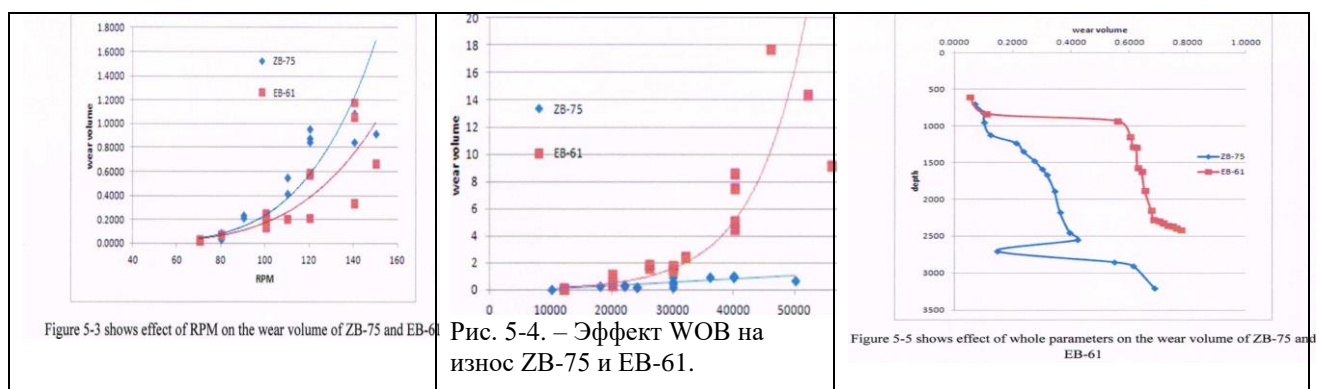
1. Параметр DLS(интенсивность искривления скважины) (рис.5-1) явно влияет на степень износа, которая увеличивается с увеличением DLS для обеих скважин.

2. Параметр ROP(скорость проходки) (рис. 5-2) явно влияет на степень износа, которая уменьшается при увеличении ROP для обеих скважин.



3. Параметр RPM (число оборотов в минуту) (рис.5-3) оказывает незначительное влияние на степень износа, величина которой, как правило, увеличивается с увеличением числа оборотов в минуту для обеих скважин.

4. Параметр WOB(осевая нагрузки на долото) (рис.5-4) явно влияет на степень износа, которая увеличивается с увеличением WOB для обеих скважин.



5. Степень износа материала колонны увеличивается с увеличением глубины обеих скважин (рис.5-5).

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ С ТЕРМОАККУМУЛЯЦИЕЙ

Андрющенко А.М., Никульшин В.Р., Денисова А.Е., Коваленко А.А.,  
Семков И.И.

*Одесский национальный политехнический университет,  
г. Одесса*

Рост стоимости различных видов энергоресурсов, используемых для отопления, побуждает к поиску альтернативных экономичных решений, в качестве которых последние годы рассматриваются электрическое отопление с ночным аккумулированием теплоты и электрический подогрев теплоносителя в ночное время в системах централизованного теплоснабжения [1].

Были проведены расчёты для офисного здания площадью 1000 м<sup>2</sup>, расположенного в г. Киеве, с максимальной удельной расчётной отопительной нагрузкой  $q^{\text{расч}} = 40 \text{ Вт/м}^2$ , что соответствует хорошо утеплённому зданию.

Наименьшие сезонные расходы на отопление в сумме 41,2 тыс. грн. обеспечиваются при использовании электрического отопления с ночным аккумулированием теплоты и с использованием трёхзонного учёта потребляемой электроэнергии.

Несколько большие расходы – 50,6 тыс. грн. соответствуют отоплению пеллетами, однако если учесть сопутствующие факторы, связанные с необходимостью периодической доставки, хранением пеллет и удалением отходов, то электроотопление выглядит гораздо более предпочтительным.

При использовании газового котла, сезонные расходы составят 83,5 тыс. грн., что вдвое больше, чем при электроотоплении с ночным аккумулированием теплоты. В случае использования централизованного теплоснабжения, оплата его услуг в объёме 92,8 тыс. грн. за отопительный сезон ненамного превышает расходы на газовое отопление.

Наибольшие сезонные расходы на отопление в сумме 210,9 тыс. грн. возникают в случае ежемесячной оплаты услуг централизованного теплоснабжения по тарифу 30 грн. за каждый квадратный метр отапливаемой площади в течение отопительного сезона, т.е. при отсутствии зарегистрированного теплосчётчика.

Таким образом, использование электроотопления с ночным аккумулированием теплоты является наиболее экономичным.

### Литература:

1. Arteconi Alessia. [Integrated modeling of activedemand response with electric heating systems coupled to thermal energy storage systems](#) / Alessia Arteconi, Dieter Patteeuw, Kenneth Bruninx // Applied Energy. 2015. – Vol. 151. – pp. 306–319.

## **РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ БУРЯКОВОГО КВАСУ З ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ**

**Арутюнян Т.В., Півень О.М., Смоленцев А.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Квас є традиційним напоєм, який отримують способом так званого «живого» бродіння. Цей продукт проявляє корисний фізіологічний ефект: тонізує організм та підвищує імунітет людини до хвороб. Напій має освіжаючі властивості та приємний смак. Також він користується широкою популярністю не лише в Україні, а й в багатьох інших країнах. Є освіжаючим символом літа. Використовується не лише як самостійний напій, а також в кулінарних стравах – його додають до холоднику та супів [1].

В роботі розглянуте питання розробки нового продукту – бурякового квасу із натуральної сировини з використанням рослинних екстрактів. Буряк містить, зокрема, ряд вітамінів групи В, вітаміни С, Е,  $\beta$ -каротин та ряд корисних мікро- та макроелементів. Як смакові компоненти напою запропоновано використовувати наступні рослинні екстракти: екстракт глоду, що позитивно впливає на роботу серцево-судинної системи, екстракт м'яти, якій притаманні духмяний аромат та унікальний присмак, апельсинові корки, які надають напою нотки цитрусу та приємну гірчинку. Тому даний напій може бути не лише смачним, а й корисним. Для отримання якісного продукту із заданими фізико-хімічними та органолептичними показниками в ході роботи застосовано матричний метод повно-факторного експерименту. У даному експерименті було поставлено наступну задачу – виявити вплив технологічних факторів (тривалості бродіння, температури та тиску) на параметр відгуку (вміст вуглекислого газу в квасі). Отримано залежність кількості вуглекислоти в квасі від зазначених технологічних факторів. Запропоновано оптимальні технологічні режими.

Також проведено дегустаційну оцінку з метою виявлення оптимальної концентрації компонентів, при якій даний напій може отримати найбільшу органолептичну оцінку. Для цього було приготовлено 10 зразків напою з постійною основою та різною кількістю смакових компонентів. Для обробки цих даних було обрано метод побудови діаграми залежності складу від властивостей симплекс-гратчастих планів Шеффе. Даний метод обробки результатів підходить для визначення оптимального складу інгредієнтів, концентрацій та закономірностей їх взаємодії в різних пропорціях. За результатами дегустаційної оцінки побудовано рівносторонній трикутник в обраному полі точності, також отримано математичну модель у вигляді рівняння регресії, завдяки чому визначено найкращі органолептичні показники нового продукту. Розроблено рецептуру нового напою.

### **Література:**

1. Домарецький В.А. Технологія екстрактів і напоїв із рослинної сировини / В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський, М.Г. Михайлов. – Вінниця: Нова книга, 2005. – 408 с.



**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ  
МОНОЕТАНОЛАМІНОВОЇ ОЧИСТКИ В УМОВАХ ЗМІНИ  
ЗОВНІШНЬОГО ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

**Бабіченко А.К., Красніков І.Л., Єрмоменко Ю.С.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Однією зі стадій виробництва синтетичного аміаку є процес моноетаноламінової (МЕА) очистки парогазової суміші від діоксиду вуглецю після відділення конверсії оксиду вуглецю. Спосіб МЕА очистки заснований на тому, що водні розчини МЕА утворюють з діоксидом вуглецю карбонати і гідрокарбонати моноетаноламіна, які при температурі понад 100°C дисоціюють, виділяючи діоксид вуглецю.

Перевагами МЕА очистки, порівняно з іншими методами, є невелика кількість циркулюючого абсорбенту, висока швидкість поглинання, низька вартість реагентів, легкість регенерації, низька розчинність вуглеводнів. До недоліків методу відносять: великі втрати на регенерацію розчину; високу корозійну активність; піноутворюваність в присутності домішок.

Основні енергетичні витрати у відділенні МЕА очистки пов'язані з затратами тепла на регенерацію абсорбенту.

Існуюча система управління підтримує температурний режим процесу регенерації шляхом регулювання температури парогазової суміші на виході регенератора зміною подачі пари в кип'ятильник. Однак, при цьому не враховуються зміни зовнішніх теплових навантажень на установку, особливо в літній період, що призводить до втрат моноетаноламінового розчину та перегріву і корозії трубчаток теплообмінника.

Запропонована удосконалена система управління процесом вимірює температуру повітря, що подається в повітряний холодильник, і при перевищенні температурами повітря, насиченого МЕА розчину на виході з абсорбера і парогазової суміші на виході з регенератора граничних значень, здійснює охолодження насиченого МЕА розчину шляхом подачі охолоджуючого агента в холодильник розчину. Одночасно регулюється температура парогазової суміші на виході з регенератора зміною подачі охолоджуючого агента в холодильник розчину з корекцією по температурі розчину в кубі регенератора [1].

Розроблена комп'ютерно-інтегрована система управління процесом МЕА очистки дозволяє за рахунок оновленого алгоритму управління та впровадження сучасних програмних та апаратних засобів автоматизації зменшити затрати енергії на регенерацію МЕА розчину та зменшити кількість викидів МЕА до атмосфери.

**Література:**

1 А.с. № 1386256 ССРСР, МКИ В 01 D 53/14, G 05 D 27/00. Способ управления процессом моноэтанолминовой очистки газов / А.К. Бабиченко, Б.Н. Блох и др. (СССР). — № 4086356/23-26; Заявл. 22.05.1986; Оpubл. 07.04.1988, Бюл. № 13.

## **АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СТАЛИ 08X18N10 В ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРАХ**

**Баламут Н.С., Штефан В.В., Канунникова Н.А.**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Аустенитные нержавеющие стали являются самыми востребованными материалами в современном мире, т.к. обладают высокой стойкостью к коррозии в ряде агрессивных сред, что делает их незаменимыми в большинстве случаев. Основными требованиями к нержавеющей стали, предназначенным для сооружений и оборудования различного назначения, является их стойкость против различных видов коррозионного разрушения. Влияние хлоридов на коррозию высоколегированных нержавеющих сталей в присутствии кислорода приводит к межкристаллитному коррозионному растрескиванию. Предполагается, что ионы хлора способны адсорбироваться оксидными пленками и вытеснять из них кислород, образуя при этом растворимый хлорид железа [1].

Стали 08X18N10 имеют высокую стойкость против общей коррозии, однако в средах с повышенным содержанием ионов хлора, к которым относится и морская вода, они могут быть подвержены питтинговой коррозии, предупредить которую можно предварительно изучив анодное поведение нержавеющей стали в хлоридных растворах [2, 3].

Установлено, что в хлоридсодержащих растворах растворение металла происходит при более низких значениях потенциалов и металл переходит в пассивное состояние раньше, чем в растворах серной кислоты. Введение хлоридов в состав электролита смещает стационарный потенциал в электроотрицательную сторону. По полученным результатам исследования видно, что сталь 08X18N10 сохраняет склонность к пассивации даже в условиях достаточно высокой концентрации депассиватора, которые существенно увеличивают плотность тока пассивации [4].

### **Литература:**

1. Dr. Sami A. Ajeel, Basheer A. Abdul-Hussein, Yaqoob M. Baker. Electrochemical measurements of anodizing stainless steel type aisi 304/Journal Impact Factor. Volume 4, Issue 3, May - June (2013), pp. 63-74.
2. Вольтамперометрия  $d^4 - d^{10}$  металлов / В.В. Штефан [и др.] // Современные электрохимические технологии и оборудование : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 24-25 ноября 2016 г. – Минск : БГТУ, 2016. – С. 275-278.
3. Ved M., Sakhnenko N., Shtefan V. Simulation of the chromate free treatment for aluminum alloys using artificial neural networks //Advances in Materials Science. – 2007. – Т. 7. – №. 2 (12). – С. 284-289.
4. Пути оптимизации электродных процессов с участием меди, серебра, кобальта, молибдена / В.В. Штефан [и др.] // Inżynieria i technologia Naukowa i Praktyczna Nauka światowa: problemy i innowacje : zbiór artykułów naukowych Konferencji Międzynarodowej NaukowoPraktycznej organizowanej dla pracowników naukowych uczelni, jednostek naukowo-badawczych, 31.10.2017. – Warszawa, 2017. – P. 68-70.

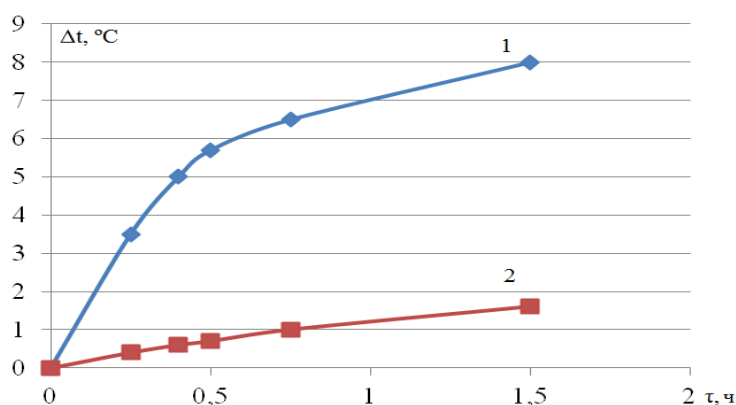
## ДИНАМИКА НАГРЕВА ПОМЕЩЕНИЙ РАЗЛИЧНЫМИ ОТОПИТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

Баласанян Г.А., Остапенко Л.Ю., Вокин Д.С.,  
Кухарчук Н.В., Мудрая С.Г.

*Одесский национальный политехнический университет,  
г. Одесса*

В работе приведены результаты экспериментального исследования нагрева помещений при использовании прерывистого отопления. Исследовались наиболее распространенные системы отопления в административных и офисных помещениях: 1– радиаторное (радиационный и конвективный теплообмен с естественной конвекцией); 2–с использованием фенкойлов (конвективный теплообмен с принудительной конвекцией).

Исследования проводились в учебной аудитории, расположенной на втором этаже 4-х этажного корпуса Одесского национального политехнического университета, имеющего кирпичные стены и коэффициент остекления 0,7. По результатам исследований построен график динамики нагрева учебного помещения двумя различными отопительными системами (рис. 1).



1 – система фенкойлов; 2 – радиаторное отопление

Рис. 1– Графики динамики нагрева помещения при использовании двух отопительных систем

Анализ графиков показывает, что использование системы фенкойлов позволяет значительно ускорить прогрев аудитории перед началом учебного процесса при прерывистом отоплении, что является определяющим фактором повышения эффективности режима надтопа, по сравнению с возможностями радиаторного отопления.

### Литература:

1. Панферов В.И., Анисимова Е.Ю. Анализ возможности экономии тепловой энергии при прерывистом режиме отопления // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2008. – Вып. 6. – №12. – С. 30–37.

## **РАЗРАБОТКА КОСМЕТИЧЕСКОГО КРЕМА С ФИТОМЕЛАНИНОМ**

**Бизяева Ю.В., Белинская А.П., Папченко В.Ю.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
Украинский научно-исследовательский институт  
масел и жиров НААНУ,  
г. Харьков*

Известно, что избыточное воздействие солнечных лучей, особенно УФ-диапазона, оказывает негативное влияние на организм человека [1]. Для уменьшения этого воздействия используются различные солнцезащитные средства. Большинство из них не блокируют излучение УФ-А диапазона, которое не вызывает солнечных ожогов, но может увеличивать вероятность развития меланомы и фотодерматита [2].

Решить эту проблему может создание эффективных и рентабельных солнцезащитных средств, которые будут поглощать излучение в широком спектральном диапазоне (весь солнечный свет, включая УФ-А/УФ-В диапазон). В качестве одного из таких фильтров может выступать алломеланин (фитомеланин), темный пигмент, содержащийся в растениях. Данный тип меланина выполняет фотопротекторную функцию, кроме того, он способен хелатировать металлы и токсины, выступает в роли антиоксиданта.

Фитомеланин содержится во многих растениях, однако существует необходимость в поиске сырья, которое позволит получать его рентабельно и в достаточных количествах.

Нами усовершенствована методика выделения алломеланина из лузги подсолнечника. Данный способ позволит получать пигмент рентабельно и в достаточных количествах, т.к. выбранное сырье является отходом маслоперерабатывающих предприятий, что говорит о его доступности.

Нами предложен эффективный способ защиты кожных покровов с помощью фотозащитного крема на основе фитомеланина. Высокая степень дисперсности данного пигмента, его широкий диапазон поглощения света и введение вспомогательных фотопротекторных, ранозаживляющих и др. веществ будут способствовать эффективной защите кожи от негативного воздействия солнечных лучей. Была разработана рецептура солнцезащитного крема на основе растительного меланина. Полученный крем защищает кожу от излучения и сопутствующих повреждений (ожоги, покраснения, фотодерматиты и др.) и фотоокисления.

### **Литература:**

1. Solano F. Melanins: Skin Pigments and Much More – Types, Structural Models, Biological Functions, and Formation Routes/ F. Solano // New Journal of Science. Vol. 2014, Art. ID 498276, 28 p.
2. Poon, Terence S.C. Prevention of Immunosuppression by Sunscreens in Humans Is Unrelated to Protection from Erythema and Dependent on Protection from Ultraviolet A in the Face of Constant Ultraviolet B Protection / Terence S.C. Poon, Ross StC. Barnetson, Gary M. Halliday // J. Invest. Dermatol. 121. p. 184–190.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК ГАЛОГЕН-ІОНІВ НА КІНЕТИКУ АНОДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОМУ СИНТЕЗИ ПЕРОКСИОЦТОВОЇ КИСЛОТИ

Білоус Т.А., Тульський Г.Г.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Пероксиоцтова кислота (ПООК) – це сильний дезінфектант з широким спектром антимікробної активності. В промислових масштабах одержується хімічним методом. Широкому розповсюдженню перешкоджає висока вартість та нетривалий термін зберігання. Застосування електрохімічних методів синтезу ПООК, безпосередньо на місцях використання, виключає витрати пов'язані з хімічним синтезом, транспортуванням та зберіганням, кислота виробляється у кількості, необхідній для споживання [1, 2].

Актуальною проблемою для електрохімічного синтезу ПООК є пошук промоторів утворення пероксо-групи [1, 2]. Аніони адсорбовані на поверхні платини, впливають на селективність анодного процесу і швидкість виділення кисню. Механізм дії добавок складний, індивідуальний в залежності від природи та до кінця не з'ясований. Тому великий інтерес викликає дослідження впливу добавок галоген-іонів на кінетику анодних процесів в водних розчинах оцтової кислоти. Тим більш, що  $\text{Cl}^-$  та  $\text{F}^-$  являються промоторами при електрохімічному синтезі пероксидисульфатної кислоти та її солей.

Мета роботи: дослідити вплив добавок іонів  $\text{I}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  на кінетику анодних процесів в водному розчині 3 моль/дм<sup>3</sup>  $\text{CH}_3\text{COOH}$  + 0,5 моль/дм<sup>3</sup>  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Введення до складу електроліту добавок іонів  $\text{I}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  призводить до гальмування суміщеного анодного процесу – виділення кисню. Збільшення анодного потенціалу відбувається за рахунок адсорбції на поверхні платиного аноду введених аніонів та зменшення числа активних центрів виділення кисню. Найбільш ефективною являється добавка  $\text{Cl}^-$ , так як її введення до складу електроліту сприяє досягненню максимального виходу за струмом (1,5 %) ПООК. Концентрація добавок іонів  $\text{I}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  в електроліті не має перевищувати 0,001 моль/дм<sup>3</sup>. Електрохімічний синтез ПООК доцільно проводити в діапазоні густин струму 500...1500 А/м<sup>2</sup>, при якому спостерігається максимальний вихід за струмом цільового продукту.

### Література:

1. Bilous T.A. The choice of anode material for the electrochemical synthesis of peroxyacetic acid / T.A. Bilous, A.G. Tulskaaya, O.L. Matrunchyk // Promising Materials and Processes in Applied Electrochemistry: Monograph. – Kyiv: KNUTD. – 2017. – P. 230 – 234.
2. Білоус Т.А. Обґрунтування вибору робочих концентрацій оцтової кислоти для електрохімічного синтезу пероксиоцтової кислоти / Т.А. Білоус, Г.Г. Тульський, А.М. Корогодська, М.О. Подустов // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 48 (1269). – С. 24 – 28.

## КОМПЛЕКСНА ТЕПЛОВА ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИПАРЮВАННЯ СУЛЬФАТУ НАТРІЮ

Биканов С.М., Данилов Ю.Б., Рябова І.Б., Симоненко К.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Як відомо, процеси випарювання супроводжуються значними енергетичними витратами. Скорочення цих витрат є актуальною задачею. Рішення цієї задачі може відбуватися в кількох напрямках. Перший, найбільш розповсюджений і відомий, це використання багатокорпусних випарних установок, в яких вторинний пар попереднього корпусу використовується для обігріву наступного. Інший напрямок це вдосконалення конструкції випарних апаратів, підвищення коефіцієнтів тепловіддачі та теплопередачі. В деяких випадках застосовують теплові насоси, стискаючи вторинний пар та направляючи його для обігріву. Ще одним напрямком є теплова інтеграція, яка полягає в рекуперації тепла гарячих і холодних технологічних потоків. Максимальна ефективність рекуперації досягається завдяки застосуванню методу пінч-аналізу [1]. Покажемо скорочення енерговитрат процесу випарювання із застосування методу пінч-аналізу на прикладі процесу випарювання розчину сульфату натрію в чотирикорпусній випарній установці.

За основу було взято принципову технологічну схему випарювання. На основі матеріального і теплового балансу розраховано видатки основних технологічних потоків, їх теплоємність та теплове навантаження. Для проведення теплової інтеграції було сформовано потокову таблицю, куди увійшли 9 гарячих потоків: конденсати та вторинні пари чотирьох корпусів, та випарений розчин; та 6 холодних потоків: розчин що випаровується в кожному корпусі установки, вихідний розчин та вода на технологічні потреби.

Для мінімальної різниці температур  $\Delta T_{min} = 10^\circ$  побудовано складові криві, а для порівняння – складові криві існуючого процесу. За отриманими даними визначено цільові значення гарячих та холодних утиліт існуючого процесу та процесу після реконструкції. Для  $\Delta T_{min} = 10^\circ$  побудовано сіткову діаграму та розташовано теплообмінники, користуючись CP та N правилами. На основі сіткової діаграми отримуємо технологічну схему випарювання з новими теплообмінниками. Для максимальної рекуперації тепла необхідно встановити 11 рекуперативних теплообмінників і один підігрівач. Потік вихідного розчину треба розподілити на п'ять потоків, пропустити через рекуперативні теплообмінники, потім потік об'єднати і знову розподілити на п'ять потоків, які проходять через інші рекуперативні теплообмінники. Потім вихідний розчин остаточно догрівається в підігрівачі і потрапляє в перший корпус випарної установки. Завдяки теплової інтеграції витрата гріючої пари для обігріву випарної установки зменшилась на 38 % в порівнянні з принциповою схемою. Приблизний строк окупності складає від двох с половиною до трьох років.

### Література:

1. Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульєв Л.М. Основы интеграции тепловых процессов.– Харьков: НТУ «ХПИ». 2000. – 456с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІНТЕРЛЕЙКІНУ НА ФАГОЦИТАРНУ АКТИВНІСТЬ НЕЙТРОФІЛІВ

Блощук О.Г., Клімова О.М., Огурцов О.М.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

На сьогоднішній день існує соціальна медична задача активації чужорідного антигену для процесінгу їх антитілами. При цілому ряді нозологічних форм страждає фагоцитоз, як при генетичних так і при епігенетичних змінах. Необхідна біотехнологічна розробка методів, метою котрих є визначення активаторів та регуляторів процесінгу чужорідного антигену.

За допомогою розробленої методики, яка проводилася на проточному цитофлюориметрі, ми виділили субпопуляцію моноцитів, які забезпечують перебіг процесу хемотаксису та адгезії (Рис 1.).

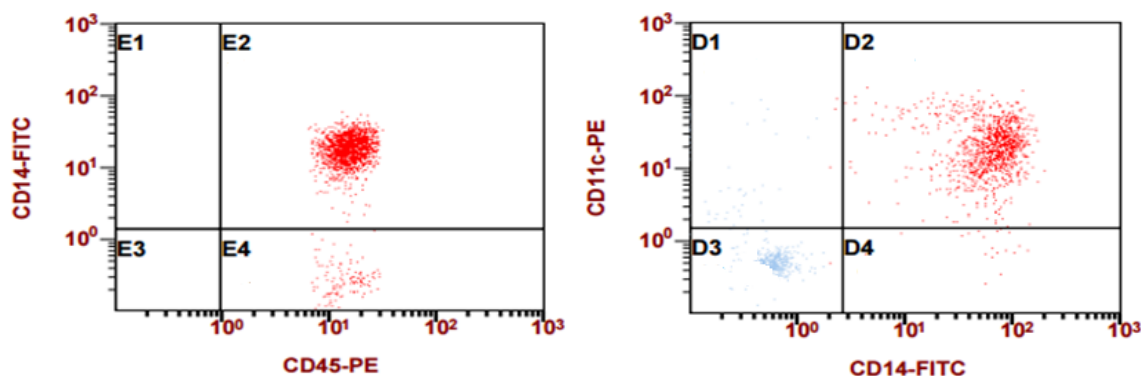


Рис. 1 – Кількість популяцій моноцитів у двох знебідненних субстанціях

Дослідження показали, що фагоцитарна активність субпопуляції імунокомпетентних клітин прямо залежить від наявності на поверхні нейтрофілів рецепторів ICAM-1 та PECAM, та від наявності у досліджувальній сироватці рецепторів CD11 та CD14, які проявляють діючу реакцію на велику кількість сигнальних речовин бактеріальних клітин та відповідають за сам процес адгезії.

За допомогою цієї методики ми винайшли, що інтерлейкін надає прямий вплив на фагоцитарну активність нейтрофілів та є невід'ємною частиною процесу фагоцитозу. При виникненні проблем з фагоцитозу, генетичного або епігенетичного характеру, інтерлейкін є рішенням цієї проблеми. Методика визначення активності нейтрофілів за допомогою проточного цитофлюориметру дозволяє досліджувати апробацію біодоступності цільового продукту біотехнологічного виробництва.

### Література:

1. Parcs D. Flow cytometry and fluorescence activated cell sortins / Parcs D., Lanier L., Herrengerg L. // Handbook of experimental immunology. – Blackwell, 1986. – P. 302–324.
2. Блощук О.Г. Модель вивчення взаємодії мембранних рецепторів клітини : дипл. робота / О.Г. Блощук. – Харків, 2017. – 91 с.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ КУЛЬТИВУВАННЯ В БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ГЛУТАМІНОВОЇ КИСЛОТИ

Борисенко В.Б., Близнюк О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Одним з напрямків розвитку науково-технічного прогресу є перехід від хімічної технології до біотехнології, що дозволяє отримувати відомі та нові продукти, що відрізняються високою якістю та низькою собівартістю. Одним із прикладів цього є виробництво L-глутамінової кислоти, світове виробництво якої перевищує 1,5 млн т/рік. Тому подальші дослідження процесу отримання даної кислоти та оптимізація параметрів культивування є актуальним.

Для біосинтезу глутамінової кислоти використовуються переважно мутанти бактерій виду *Corynebacterium glutamicum* в стресових умовах, наприклад, нестачі біотину (відповідальний за транзит амінокислоти з мікробної клітини) в культуральному середовищі, додавання ПАР, антибіотиків, тепловий шок, тощо [1, 2], що призводить до збільшення проникності оболонки бактерій і зміни метаболізму клітин таким чином, що потік субстрату направляється на синтез L-глутамінової кислоти. Оскільки термоіндукований процес біосинтезу за певних умов забезпечує найбільшу продуктивність, нами були проведені дослідження закономірностей зміни розміру клітин *Corynebacterium glutamicum* ВКІМ В-7198, зміни концентрацій біомаси, субстрату і продукту ферментації до і після зміни температури від 33 до 39°C з метою підвищення виходу L-глутамінової кислоти в процесі ферментації. Порівняльний аналіз продуктивності за L-глутаміновою кислотою в залежності від режиму ферментації показав, що найбільш ефективним режимом є періодичний процес з підживленням субстратом (в залежності від режиму ферментації продуктивність зростала від 0,75 до 3,25 г/л·год). Концентрація глутамату починала зростати відразу після збільшення температури середовища і для періодичного процесу виходила на стаціонарне значення в момент повного витрачання глюкози. У разі періодичного процесу з підживленням субстратом продуктивність не лімітована концентрацією глюкози, і кінцева концентрація глутамату становить близько 75–80 г/л (за  $T = 30^\circ\text{C}$  концентрація становила 60–70 г/л).

Таким чином, проведені дослідження за різних режимів показали доцільність проведення періодичного термоіндукованого процесу отримання L-глутамінової кислоти мікроорганізмами *Corynebacterium glutamicum* ВКІМ В-7198 з підживленням субстратом. Запропоноване удосконалення технології забезпечує одержання конкурентоспроможного продукту.

### Література:

1. Rao R. Statistical Optimization of Fermentation Conditions for L-Glutamic Acid Production by Free Cells of *Corynebacterium Glutamicum* ATCC13032 / R. Rao, V. Sridevi, V. Swamy // International Journal of Engineering Science Invention. 2013. – V. 2, № 9 – P. 23–28.
2. Nakamura J. Mechanism of L-Glutamic Acid Fermentation by *Corynebacterium Glutamicum* / J. Nakamura, M. Wachi // Foods Food Ingredients J. Jpn. – 2008. – V. 213, № 12 – P. 34–39.



## **АКТУАЛЬНІ АСПЕКТИ У НАВЧАННІ СТУДЕНТІВ – ХІМІКІВ**

**Борщ О.А., Макаров О.В.**

*«Одеський національний політехнічний університет»,  
м. Одеса*

Сучасні технології дають можливість використовувати в освітньому процесі нові інструменти, які можуть зацікавити і залучити студентів. Тоді необхідні норми знань охоплюються в повному обсязі і з ентузіазмом доповнюються оволодінням інструментами найсучасніших технологій, що є найбільш міцними і продуктивними протягом усього процесу навчання і після нього. Тому орієнтація на застосування інноваційних стратегій навчання, є актуальним напрямком активізації самостійної роботи студентів при вивченні хімічних процесів.

Актуальною проблемою екології є забруднення атмосфери, ґрунту і світового океану. Щорічно до атмосфери викидається дуже велика кількість оксиду вуглецю, сірчистого ангідриду, оксиду азоту та інших токсичних елементів. Студенти хіміко-технологічного факультету вивчають одне з рішень по ліквідуванню шкідливих газових викидів на прикладі моделювання процесів очищення вихідних газів.

Знешкодження газових сумішей може бути виконано каталітичним способом, який зазвичай реалізується в контактному апараті з стаціонарно працюючим адіабатичним шаром нерухомого зернистого каталізатора і зовнішнім рекуперативним теплообмінником, в якому відбувається попереднє нагрівання початкової суміші теплом газів, які виходять з реактора. У реакторах проходять складні хімічні процеси, які можливо моделювати за допомогою персонального комп'ютера та програмного забезпечення.

Для вивчення процесу очищення вихідних газів створена програма. [1] У програмі вибирається токсичний компонент, вводяться початкові дані і розраховуються поля концентрацій компонентів і температур в шарі каталізатора. За результатами розрахунків підбирають параметри роботи шару каталізатора — температуру суміші на вході і час контакту, при яких досягається потрібна ступінь окислення і виконуються умови по термостійкості каталізатора.

Під час навчання студенти виконують індивідуальні завдання, які сприяють якісному вивченню хіміко-технологічних процесів і отримують практичні навички використання персонального комп'ютера для вирішення сучасних інженерних задач.

### **Література:**

1. Борщ А.А. Учебный программный комплекс моделирования процессов каталитической газоочистки: материалы IV Международной научно-технической конференции [«Новейшие энерго- и ресурсосберегающие химические технологии без экологических проблем»], (Одесса, 9-13 сент. 2013г.) / А.А. Борщ, А.В. Макаров. Одесса: Экология, 2013. – 285с. – Сборник научных трудов, Т. 2 – с.12–15.

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ В БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВІТАМІНУ С

Босенко О.Ю., Масалітіна Н.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

На підставі порівняльного аналізу технологічної схеми виробництва вітаміну С в Україні з провідними світовими виробниками встановлено, що найбільші втрати продукції до 10 % відбуваються на етапах перекристалізації і очищення технічної аскорбінової кислоти (АК). Одним з основних параметрів, що визначають кінетику кристалізації АК з водного розчину, вихід основного продукту і якість кристалічної аскорбінової кислоти, є вихідна концентрація. Оптимальне значення вихідної концентрації АК, що забезпечує максимальний вихід і якість кристалічної АК, приблизно 47,5–47,7 %. Розрахункове завантаження води визначається за результатами аналізів кристалів технічної АК на вміст основного продукту та летких речовин. Описані в літературі методи кількісного визначення АК можна розділити на три групи: об'ємні, фізико-хімічні та біологічні [1, 2]. Але проведений літературний огляд відомих методів контролю концентрації АК показує, що більшість з них призначалися для визначення мікроконцентрацій в харчових продуктах, готових лікарських препаратах тощо. Застосування цих методів для контролю концентрації АК в ході технологічного процесу в діапазоні 500–600 г/л вимагає розробки спеціальних засобів відбору та розведення проб. Тому нами запропоновано турбідиметричний метод контролю технологічного процесу отримання АК. В основу методів контролю концентрації АК, покладена температурна залежність її розчинності, а також зміна оптичної щільності при нагріванні аналізованого середовища. Зміну оптичних властивостей середовища при нагріванні можна контролювати шляхом вимірювання інтенсивності світлового потоку, що пройшов через середовище, що аналізується. За умови зростання температури відбувається розчинення кристалів АК, в результаті чого оптична щільність розсіювальної фази зменшується, а оптична щільність розчину АК збільшується, тому що збільшується концентрація АК в розчині. В момент повного розчинення кристалів АК оптична щільність розсіювальної фази дорівнює 0, а оптична щільність розчиненої фази досягає свого максимального значення.

Таким чином, запропонований метод контролю дозволить підтримувати оптимальне значення вихідної концентрації АК, дозволить скоротити втрати і наблизитися по техніко-економічними показниками до провідних світових виробників.

### **Література:**

1. Skrovankova S. Determination of Ascorbic Acid by Electrochemical Techniques and Other Methods / S. Skrovankova, J. Mlcek, J. Sochor // Int. J. Electrochem. Sci. – 2015. – V. 10, №3. – P. 2421–2431.
2. Zaporozhets O.A. Determination of Ascorbic Acid by Molecular Spectroscopic Techniques / O.A. Zaporozhets, E.A. Krushinskaya // Journal of Analytical Chemistry. – 2002. – V. 57, № 4. – P. 286–297.

## **БІЛКОВО-ЖИРОВА СУМІШ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ЯК КОМПОНЕНТ ШОКОЛАДНИХ ПАСТ**

**Бочкарев С.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»»,  
м. Харків*

Харчування є важливим керованим фактором, який забезпечує здоров'я і якість життя людини, активне довголіття, нормальний розвиток організму, працездатність. Слід зазначити, що повсякденний раціон харчування не може забезпечити організм людини, і зокрема спортсмена, есенціальними речовинами в необхідній кількості. Одним з перспективних напрямів поліпшення працездатності спортсменів вважається впровадження в харчові раціони якісно нових продуктів, які відповідають потребам їх організму. Прикладом таких продуктів можуть стати кондитерські вироби, які характеризуються збалансованим вмістом білків, вуглеводів, жирів та збагачені вітамінами і мікроелементами.

В нашій попередній роботі [1] обґрунтовано вибір та співвідношення компонентів білково-жирової суміші, яка збалансована за незамінними амінокислотами з розгалуженим ланцюгом (лейцином, ізолейцином, валіном) та триптофаном і за вмістом незамінних поліненасичених жирних кислот. Запропонована білково-жирова суміш містить подрібнене насіння соняшнику, кунжуту, льону.

Як об'єкт збагачення білково-жировою сумішшю обрано шоколадну пасту. Шоколадна паста відповідно до ДСТУ 7374 представляє собою однорідну тонкоподрібнену пластичну масу, що складається з цукру, какао-порошку з додаванням або без додавання горіхів або інших культур, харчових добавок та інших видів сировини, з масовою часткою жиру 28–36 %. Вибір такого об'єкту для збагачення ґрунтується на тому, що даний продукт використовується також і в спортивному харчуванні. З технологічної точки зору склад шоколадних паст можна збагатити повноцінними білками, ненасиченими жирами, антиоксидантами, клітковиною, а також вітамінами і мікроелементами.

Змодельовано рецептуру шоколадної пасти для харчування спортсменів, збагаченої білково-жировою сумішшю на основі олійного насіння. Визначено органолептичні показники та харчову цінність розробленого продукту. Встановлено, що шоколадна паста з білково-жировою сумішшю збагачена та збалансована на незамінні амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти, харчові волокна, ряд вітамінів та мінеральних речовин. Експериментально доведено, що період індукції окиснення розробленої шоколадної пасти при температурі  $85 \pm 2$  °C на 55 % перевищує такий в контрольному зразку.

### **Література:**

1. Bochkarev, S. Research of the oilseeds ratio on the oxidative stability of the protein-fat base for sportsmen / S. Bochkarev, T. Matveeva, L. Krichkovska, I. Petrova, S. Petrov, A. Belinska // Technology Audit And Production Reserves. – 2016. – № 2/3 (34). – P. 8–12.

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫХ ОГНЕУПОРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

**Бражник Д.А., Старолат Е.Е., Руденко Л.В., Рожко И.Н. Повшук В.В.,  
Хартюнов Р.О.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Технологии производства огнеупорных материалов развиваются в соответствии с возрастающими требованиями развития технологии металлургических процессов. По мере совершенствования металлургического производства изменяются требования к футеровочным материалам, возрастают технические требования к их качеству и эффективности использования.

Периклазоуглеродистые огнеупоры являются широко востребованными в сталеплавильном производстве. Они хорошо зарекомендовали себя еще в 80-е годы прошлого столетия как наиболее устойчивые к гидратации, отличающиеся высокой термостойкостью и шлакоустойчивостью. Введение антиоксидантов позволило усовершенствовать свойства периклазоуглеродистых огнеупоров, а использование пека, и в дальнейшем, углеродсодержащих смол, внедрение комбинированных антиоксидантов, усовершенствование схем футеровки, оптимизация их конструкций способствовала созданию эффективных периклазоуглеродистых материалов нового поколения для конкретных зон тепловых агрегатов. На настоящий момент наиболее перспективным направлением в разработке периклазоуглеродистых материалов является вовлечение в их технологию изготовления наноструктурных элементов, приводящих к упрочнению материалов еще на этапах их формирования.

Авторы настоящего исследования использовали возможность применения комбинированного антиоксиданта, вводимого в связующее (фенолформальдегидную смолу), и позволившего синтезировать наночастицы не только в матрице заготовки (зерен периклаза), но и в связке, что в процессе формирования материала способствовало наноструктурированию и упрочнению при повышении температуры до 1000 °С.

Термодинамическими исследованиями было установлено возможность совместного введения антиоксидантов Al, SiC, Ni, определена приоритетность протекания реакции окисления Al и условия термодинамической вероятности фазообразования карбида алюминия.

Экспериментальными исследованиями были определены условия синтеза SiC в результате модифицирования фенолформальдегидной смолы элементоорганическим соединением и оптимизированы их соотношения, что позволило разработать технологическую схему производства периклазоуглеродистых материалов, включающую циклы модифицирования не только тонкомолотых составляющих антиоксидантом, но и цикл модифицирования связующего, приводящего к наноструктурированию межзеренного слоя и способствующего самоупрочнению материала.

## ОПТИМІЗАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТУ

Бугайова Ю.В., Варанкіна О.О., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Кисломолочні продукти, в тому числі йогурт, завдяки своїм корисним властивостям є одними із найважливіших елементів повноцінного та здорового харчування людини, оскільки вони містять у своєму складі живі мікроорганізми, що проявляють пробіотичні та антагоністичні по відношенню до патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів властивості, сприяють покращенню травлення та нормалізації моторної функції кишечника, мають детоксикуючу і захисну функції та підвищують імунітет.

Виробництво йогурту складає четверту частину від структури галузі. Він відновлює мікрофлору кишечника, містить вітаміни, мікроелементи, краще засвоюється в порівнянні з молоком. Однак майже у всіх йогуртах використовується цукор, що обмежує його вживання діабетиками та людьми, що вживають низькокалорійну їжу. Також при виготовленні йогурту виробники зазвичай обмежуються традиційним симбіозом молочнокислих бактерій, використовуючи *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (болгарську паличку) та *Streptococcus salvarius subsp. thermophilus* (термофільний стрептокок). Додавання ж до них інших заквасочних культур дозволить підвищити пробіотичні властивості продукту, посилить його корисні властивості [1]. З огляду на описані проблеми, задачею є вибір бактеріального препарату для заквашування та якісного натурального підсолоджувача.

Додавання до складу закваски *L. acidophilus* (ацидофільної палички) дозволяє отримати продукт з високою антагоністичною активністю до патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів, резистентністю до агресивних сполук травної системи, високим ступенем адгезивності. Такий йогурт вважається продуктом оздоровчого призначення, котрий рекомендовано вживати в профілактичних цілях для нормалізації кишкової мікрофлори, обміну холестерину та поліпшення процесів травлення [2]. Використання ребаудіозиду А – натурального підсолоджувача, який отримують із листя стевії, дозволяє отримати якісний низькокалорійний йогурт з приємними органолептичними показниками, адже ребаудіозид має солодкий смак без гіркого, металевого чи іншого неприпустимого присмаку [3].

### Література:

1. Бугайова Ю.В. Біотехнологія переробки молока в кисломолочні продукти на прикладі йогурту : дипл. проект / Ю.В. Бугайова. – Харків, 2017. – 93 с.
2. Пат. 64347 Україна, МПК C12N 1/20 A23C 9/12 C12R 1/23. Штам бактерій *Lactobacillus Acidophilus*, що використовується у виробництві бактеріальних препаратів для функціональних кисломолочних продуктів / Г.О. Єресько, О.В. Науменко, Н.Ф. Кігель; власник Технологічний інститут молока та м'яса української академії аграрних наук. – №2003054482; заявл. 19.05.2003; опубл. 15.03.2006, Бюл. № 3, 2006. – 4 с.
3. Pat. US 8414949 B2, Int. Cl. A23L 1/236. High-purity rebaudioside D and low-calorie yogurt containing the same / V. Abelyan, K. Lumpur, A. Markosyan, L. Abelyan; assignee PureCircle Sdn Bhd, Negeri Sembilan. – № 12/786392; filed 24.05.2010; date 9.04.2013. – 35 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ЖИДКОСТИ В ПРЯМОЙ ТРУБЕ

Бударин В.А., Верстак Н.А., Квитчук В.В., Плотников А.А.

*Одесский национальный политехнический университет,  
г. Одесса*

В работе рассмотрены два метода расчета распределения скоростей несжимаемой жидкости в прямой круглой трубе при ламинарном и осредненном турбулентном режиме течения. Первый метод основан на использовании известных методик и уравнений: формулы Пуазейля для ламинарного режима течения и логарифмического (степенного) закона для турбулентного течения [1]. Второй метод использует частные решения уравнений движения для ламинарного и турбулентного потока, которые были получены в работе [2].

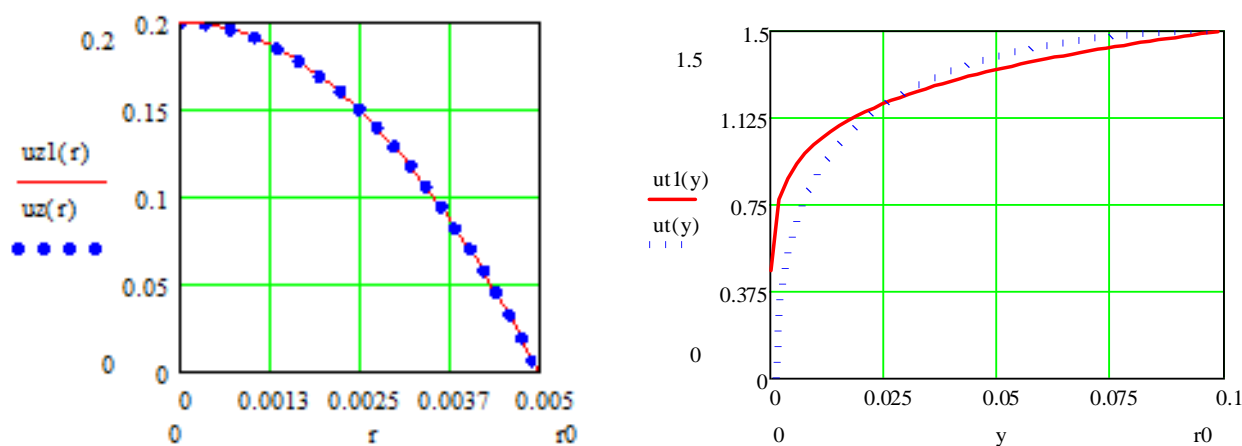


Рис. 1– Графики распределения скорости вдоль радиуса трубы в ламинарном потоке –  $(u_z I)$ , полученные по уравнению Пуазейля и  $(u_z)$ , полученные по [2], а также в турбулентном ядре –  $u_t I(y)$ , полученные по логарифмическому (степенному) закону и  $u_t(y)$ , полученные по [2].

Из графиков следует, что распределение скорости при турбулентном течении необходимо описывать двумя уравнениями – одно для ламинарного течения вблизи стенки, а второе – для ядра течения [2].

### Литература:

1. Пакет прикладных программ CoolPack 1.46. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.xiron.ru/component/option,com\\_remository/Itemid,38 /func,fileinfo/id,104/](http://www.xiron.ru/component/option,com_remository/Itemid,38 /func,fileinfo/id,104/)
2. Budarin V. Analytical description of the flow of the newtonian liquid in a round tube and on a horizontal plate [Text] / V. Budarin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – 6/7(84) – p.43-49.

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ ДИСТИЛЯЦІЙНОЇ КОЛОНИ У ВИРОБНИЦТВІ КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ**

**Букатенко О.І., Подустов М.О., Дзевочко О.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Виробництво кальцинованої соди відноситься до енергоємних технологічних систем. Одним з основних відділень цього виробництва є відділення дистиляції. Затрати на проведення цього процесу складають близько 50 % від усіх затрат на виробництво соди.

Навантаження на десорбційні колони за достатньо тривалими спостереженнями змінюються часто і відхилення сягають більш ніж 20 % від номінальних значень.

З появою мікропроцесорної техніки стало можливим створення централізованих та багаторівневих систем управління виробництв кальцинованої соди з використанням цієї техніки, що дозволить значно підвищити надійність системи управління.

У содовому виробництві в даний час знаходяться в експлуатації дистиляційні колони продуктивністю 900 т на добу. Тільки дистилер та теплообмінник такої колони мають висоту до 40 м. Регулювання температурного режиму в ній тільки витратою гріючої пари призводить до великих запізнь, особливо при змінному навантаженні по фільтровій рідині і, як наслідок, до неефективної роботи колони.

З метою підтримування температурного режиму колони, економії граючої пари і отримання парогазового потоку, що відповідає технологічним нормам, доцільно підтримувати температурний режим у дистиляційній колоні витратою граючої пари з корекцією за витратою фільтрової рідини.

Для організації такого регулювання нами розроблена схема, котра включає: передаточні функції об'єкта за каналом регулювання і збурення, передаточну функцію коригуючого елемента й передаточну функцію регулятора. При розробці цієї схеми використовувались різноманітні компенсатори.

Дослідження показали, що введення в систему автоматичного регулювання інтегро-диференцюючого пристрою незначно зменшує динамічну помилку регулювання, проте збільшує час перехідного процесу. Крім того, перехідний процес характеризується наявністю остатньої нерівномірності.

Введення диференцюючої ланки призводить до найбільш якісного процесу регулювання, що дозволить економити витрату гріючої пари та отримувати парогазовий потік, що виходить з дистиляційної колони, який відповідає технологічним нормам.

З метою економії електроенергії на технічні засоби корегуючих пристроїв, у системі автоматичного управління передбачено їх відключення, якщо колона працює з постійним навантаженням.

## **ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОЛЬВАТАЦИИ КАТИОНОВ НА ПРИМЕРЕ НЕКОТОРЫХ АМФИПРОТОННЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ.**

**Булавин В.И., Рыщенко И.М., Блинков Н.А.**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В работе рассмотрены вопросы поведения воды в неводных растворителях с различными кислотно-основными свойствами, а также растворенных солей в бинарных полярных растворителях. Известно, что в бинарных полярных растворителях, состоящих из воды и другой полярной жидкости, совокупная диэлектрическая проницаемость, как правило, прямо пропорциональна их объемным долям при смеси. Однако вне зависимости от ее значений, катионы металлических элементов претерпевают конкурирующие взаимодействия «сольватация-гидратация», где как неводный растворитель может быть более выгодным для сольватации, чем вода, так и – наоборот [1].

Среди полярных жидкостей в смеси с водой могут находиться: амфипротонные полярные жидкости, которые в той или иной степени проявляют свойства как кислот, так и оснований, протогенные (кислые) растворители, которые являются эффективными донорами протонов, но при этом крайне неохотно их присоединяют.

В бинарных растворах с протогенными растворителями вследствие низкой нуклеофильности кислот происходит практически исключительно гидратация, а в бинарных растворах с протофильными растворителями - сольватация оказывается энергетически выгодней гидратации.

В бинарных растворах воды с амфипротонным растворителем часта ситуация, когда на одном этапе выгодным сольвантом оказывается один компонент, однако затем – второй компонент, а первый выступает в качестве катализатора. Примером является одна из наиболее распространенных бинарных полярных растворителей – смесь «вода-этанол».

У этанола значения энергии ионизации ниже, чем таковые у воды (10,47 эВ и 12,61 эВ соответственно), а его основные свойства – выше. По этой причине первоначально находящийся в такой среде катион склонен к сольватации молекул этанола. Однако затем, поскольку этанол имеет сродство к электрону, также превышающее таковые значения у воды, что связано со свойствами этильного радикала, то затем вода становится более выгодным сольватирующим катионом, нежели этанол [2]. Следовательно, наличие этанола выступает лишь катализатором для образования гидратированного катиона, из которых затем могут образоваться кристаллогидраты.

### **Литература:**

1. Бакеев М.И. Гидратация и физико-химические свойства растворов электролитов – Алма-Ата : Наука, 1978. – 243 с.
2. Гурвич Л.В., Веденеев В.И., Кондратьев В.Н. Энергии разрыва химических связей. Справочник, Академия наук СССР. Институт химической физики. – М., 1962. – 215 с.



## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ОБ'ЄКТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ЗІ СТУДЕНТАМИ

Бухкало С.І.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

При розробці міжвузівських комплексних проектів зі студентами за обраними інноваційними напрямками необхідним є суттєве збільшення вимог до ефективності творчої діяльності студентів, підвищення ролі творчих стосунків викладачів і студентів у навчальних закладах, а також нові вимоги до обсягу знань і змісту навчання для випускників вищих навчальних закладів. Вони повинні стати підґрунтям наступної самостійної роботи, дати імпульс студенту для активного творчого індивідуального процесу у сфері інтелектуальної діяльності. Наприклад, викладачі проводять структурування завдань для студентів різних напрямків навчання з урахуванням загальної мети проекту; надають джерела інформації – нові засоби навчання у вигляді наукових статей і патентів, а також результати експериментальних досліджень у вигляді графіків, ілюстрацій, схем, презентацій і т.д. Алгоритм співпраці підготовки й виконання комплексного проекту має наступні дії подальшої розробки об'єктів інтелектуальної власності: осмислення і аналіз завдання; пошук можливих варіантів рішення; узагальнення накопичених даних та їх аналіз; отримання розрахункових залежностей, реалізація обчислень та аналіз результатів; введення у якість інноваційної складової проекту – співпраця та адаптація у роботі над проектом усіх ланцюгів. До промислової власності, як частини інтелектуальної власності, згідно Паризької Конвенції з охорони власності зараховані винаходи, корисні моделі, промислові зразки, товарні знаки та знаки обслуговування, фірмові найменування, припинення несумлінної конкуренції. До інтелектуальної власності відносяться також ділова конфіденційна інформація, інформація організаційно-економічного та наукового характеру, що містить у собі «НОУ ХАУ». Об'єкти інтелектуальної власності мають як деякі загальні ознаки, так і значні відмінності та різний ступінь та строк правової охорони. У нашому випадку під результатами інтелектуальної діяльності розуміються: способи вирішення технічних і технологічних завдань; різновиди технічних розробок; знання та вміння з екологічної безпеки та правових норм обраних розробок, їх економічної ефективності за обраними системами управління, методи виготовлення продукції, програмні рішення та інші результати розумового процесу [1, 2].

### Література:

1. Бухкало С.І., Іглін С.П. [Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів](#). Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 3. – С. 52–57.
2. Бухкало С.І. [Інноваційні технології використання відходів. 4-й міжн. конгрес Сталий розвиток: захист навколишнього середовища](#). Енергоощадність. Збалансоване природокористування, 21–23 вересня 2016 р., Львів. 2016, – с. 111.

## СКЛАДОВІ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД КОМПЛЕКСНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Бухкало С.І., Соловей В.М., Іглін С.П., Ольховська О.І., Головченко Г.М.,  
Машталер К.К., Гуцул К.В., Носальська Л.К., Мочалов О.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Подовжені розробки комплексних проектів зі студентами за обраними напрямками утилізації твердих побутових відходів (ТПВ) замкнутого циклу [1–4] із застосуванням технологічної та стічної води. З метою очищення промислових стічних вод технології утилізації ТПВ [2] широко застосовують флотаційні методи, серед яких найбільш поширена напірна флотація – її проводять за наступним алгоритмом: 1) попереднє змішування стічних вод з часткою вже очищеною й насиченою повітрям води; 2) подача суміші до флотатора. Треба відзначити, що найбільш ефективно процес насичення рециркуляційної води під тиском проходить у насадковому сатураторі з плівковим режимом руху води по поверхні насадки. Для насичення використовують 10–20 % освітленої у флотаторі води під тиском 3–5 кгс/см<sup>2</sup>. З метою розрахунку сатуратора для технології утилізації ТПВ студентам задають параметри процесу: витрати рециркуляційної води  $L=0,2Q$ , де:  $Q$  – продуктивність флотатору, м<sup>3</sup>/с; ступінь насичення води повітрям  $\varphi=0,9–0,95$ ; при цьому тиск в сатураторі  $P$ , Па. Основними показниками для визначення у попередніх розрахунках для студентів визначені: розчинність повітря у воді, діаметр сатуратора  $D_c$ , висота насадки  $H$ . Розчинність повітря у воді у даному розрахунку можна класифікувати технічним випадком процесу абсорбції погано розчинного газу у рідині, при цьому опором газової фази можна знехтувати і вважати, що коефіцієнт масовіддачі у рідкій фазі  $\beta_x$  дорівнює коефіцієнту масопередачі  $K_x$ . Окрім цього, у даному випадку концентрація розчиненого повітря у воді відповідає закону Генрі:  $x^* = p/E = P/E$  (1), де  $x^*$  – концентрація повітря (мольні частки), знаходиться у рівновазі з газовою фазою, у якій парціальний тиск повітря  $p$  дорівнює тиску у сатураторі  $P$ , у зв'язку з тим, що розчиняють чисте повітря;  $E$  – константа Генрі, Па. Варіанти параметрів процесу для розрахунків студентів з метою подальшого аналізу їх впливу на очищення промислових стічних вод технології утилізації ТПВ мають наступні значення: 1) 10–20 % від потужності флотатора, наприклад  $\varphi=0,9$ ; 2) тиск у сатураторі відповідно 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 кгс/см<sup>2</sup>; 3) обов'язковим є урахування параметрів технології та навколишнього середовища [1–3].

### Література:

1. Бухкало С.І., Соловей В.М., Іглін С.П., Ольховська О.І. Комплексні методи навчання як основа розвитку фахових компетентностей ВНЗ в НТУ «ХПІ». Вісник НТУ «ХПІ». 2017. – Вип. 18 (1240). – С. 9–19.
2. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства. XXV Між. н-пр. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17–19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
3. Бухкало С.И., Гардер С.Е., Борхович А.А. и др. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов. Вісник НТУ «ХПІ». 2012. – Вип. 10. – С. 73–78.

## ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ЕФЕКТИВНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД КОМПЛЕКСНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Бухкало С.І., Соловей В.М., Іглін С.П., Ольховська О.І.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Метою комплексного проектування є обґрунтований вибір способу ефективного очищення стічних вод, вибір обладнання та розрахунків для його можливого впровадження в промисловості. Розрахунок і проектування технологічної схеми очищення стічних вод вимагають попереднього експериментального визначення параметрів. Так, наприклад, ефективну роботу сатуратора забезпечує покриття поверхні насадки стійкою плівкою води, де лінійна щільність зрошення  $U = L/S$  ( $S = \pi D_c^2/4$  – площа поперечного перетину сатуратора) повинна бути більшою ніж деяка ефективна щільність зрошення  $U_0$ . Значення  $U_0$  можна розрахувати зі співвідношення (2)  $U_0 = a q_{ef}$ , де  $q_{ef} = 0,022 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$ ;  $a$  – питома поверхня насадки,  $\text{м}^2/\text{м}^3$ . Задаючи тип насадки (зазвичай кільця Рашига) за табличними даними знаходимо  $a$  і, приймаючи  $U$  на 20 % більше ніж  $U_0$ , знаходимо діаметр сатуратора  $D_c = \sqrt{4L/1,2\pi U_0}$  (3). Висоту насадки  $H$  у сатураторі розраховують за загальним рівнянням масопередачі:  $H = M / (\beta a S \Delta \bar{X}_{cp} \psi_e)$  (4). Мольну концентрацію  $x^*$  перераховуємо у відносну масову за рівнянням (5)  $\bar{X}^* = (M_n x^*) / (M_g (1 - x^*))$ , де  $M_n$  та  $M_g$  – відповідно молекулярна маса повітря та води. Витрати розчиненого у воді повітря визначаємо:  $M = L \rho \phi \bar{X}^*$  (6). З урахуванням того, що витрата стисненого повітря від компресора  $G = (1,5 - 2,0)M$ , концентрація повітря у газовій фазі, практично, стала і  $\bar{X}_k^* = \bar{X}_n^* = X^*$ ,  $\bar{X}_k = \phi \bar{X}^*$ . Середня рушійна сила масопередачі:  $\Delta \bar{X}_{cp} = \left[ (\bar{X}_k^* - \bar{X}_k) - (\bar{X}_n^* - \bar{X}_n) \right] / \ln(\bar{X}_k^* - \bar{X}_k) / (\bar{X}_n^* - \bar{X}_n)$  (7), де  $\bar{X}_n$ ,  $\bar{X}_k$  – відповідно концентрація повітря у воді на вході і виході з сатуратора. Коефіцієнт масовіддачі у рідкій фазі для плівкової течії по насадці отримуємо з критеріального рівняння  $Nu' = A Re^m (Pr)^n$ , (8) де:  $A = 0,0021$ . Враховано особливості насадкового сатуратора: не вся змочена поверхня активна для масопередачі – активна лише поверхня вкрита текучою плівкою рідини. Тобто, частина поверхні вкрита нерухомою плівкою рідини, не є активна і частку активної поверхні можна розрахувати за рівнянням:  $\psi_e = A(U\rho)^{0,455} \sigma^{-m}$  (9). Треба відзначити, що для розрахунків необхідним є визначення ефективних конструкційних параметрів та гідродинамічних характеристик з очищення стічних вод [1, 2].

### Література:

1. Бухкало С.І., Соловей В.М., Іглін С.П., Ольховська О.І. Комплексні методи навчання як основа розвитку фахових компетентностей ВНЗ в НТУ «ХПІ». Вісник НТУ «ХПІ». 2017. – Вип. 18 (1240). – С. 9–19.
2. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства. XXV Між. н-пр. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17–19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.

## АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ ЕФЕКТИВНИМ ОЧИЩЕННЯМ СТІЧНИХ ВОД КОМПЛЕКСНИХ ПІДПРИЄМСТВ

**Бухкало С.І., Соловей В.М., Іглін С.П., Ольховська О.І., Головченко Г.М.,  
Машталер К.К., Гуцул К.В., Мочалов О.Ю., Носальська Л.К., Дудкіна Є.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Приклад розрахунку технологічної схеми очищення стічних вод утилізації твердих побутових відходів [1, 2] наведено для флотатора з продуктивністю  $Q=100$  м<sup>3</sup>/год, тиск у сатураторі  $P=3,5$  кгс/см<sup>2</sup>; витрати рециркуляційної води  $L=0,2Q=0,2\cdot 100=20$  м<sup>3</sup>/год; ступінь насичення води повітрям  $\varphi=0,9$ , температура води 20 °С. Алгоритм розрахунку визначено за пп. 1–14: 1) рівноважна концентрація повітря у воді  $x^* = P/E = 3,5\cdot 10^5 / 6,7\cdot 10^9 = 5,2\cdot 10^{-5}$  кмоль повітря/кмоль води; 2) відносна масова концентрація  $\bar{X}^* = (M_n x^*) / (M_e (1 - x^*)) = 29\cdot 5,2\cdot 10^{-5} / 18\cdot (1 - 5,2\cdot 10^{-5}) = 8,4\cdot 10^{-5}$  кг повітря/кг води; 3) ефективна щільність зрошення для насадки з кілець Рашига розміром 25x25x3 мм –  $U_0 = a q_{ef} = 204\cdot 0,022\cdot 10^{-3} = 4,5\cdot 10^{-3}$  м/с; 4) діаметр сатуратора  $D_c = \sqrt{4L / 1,2\pi U_0} = \sqrt{4\cdot 20 / (1,2\cdot 3,14\cdot 3600\cdot 4,5\cdot 10^{-3})} = 1,14$  м; 5) витрата розчиненого у воді повітря  $M = L\rho\varphi\bar{X}^* = 20\cdot 10^3\cdot 0,9\cdot 8,4\cdot 10^{-5} / 3600 = 4,2\cdot 10^{-4}$  кг/с; 6) середня рушійна сила  $\Delta\bar{X}_{cp} = [(\bar{X}^* - 0,9\bar{X}^*) - \bar{X}^*] / \ln(\bar{X}_k^* - 0,9\bar{X}^*) / (\bar{X}_n^*) = 3,3\cdot 10^{-5}$  кг повітря/кг води; 7) лінійна щільність зрошення  $U = L/S = 4\cdot 20 / (3,14\cdot 1,14^2\cdot 3600) = 5,4\cdot 10^{-3}$  м/с; 8) критерій Рейнольдса  $Re = 4U\rho / a\mu_p = 4\cdot 5,4\cdot 10^{-3}\cdot 10^3 / (204\cdot 10^{-3}) = 105$ ; 9) критерій Прандтля  $Pr' = \mu / \rho D = 10^{-3} / (10^3\cdot 1,64\cdot 10^{-9}) = 740$ ; 10) приведена товщина плівки води  $\nu_{np} = (\nu^2 / g)^{1/3} = (10^{-12} / 9,8)^{1/3} = 0,46\cdot 10^{-4}$  м; 11) критерій Нусельта  $Nu_x' = A Re^m Pr^n = 0,0021\cdot 105^{0,75}\cdot 740^{0,5} = 1,87$ ; 12) коефіцієнт масовіддачі  $\beta = Nu_x' D / \nu_{np} = 1,87\cdot 1,64\cdot 10^{-9} / (0,46\cdot 10^{-4}) = 6,7\cdot 10^{-5}$  м/с = 0,067 кг/(м<sup>2</sup>·с); 13) частку активної поверхні  $\psi_e = A(U\rho)^{0,455} \sigma^{-m} = 2,26(5,4\cdot 10^{-3}\cdot 10^3)^{0,455}\cdot 70^{-0,53} = 0,45$   $m = 0,83\cdot 2,5^{-0,48} = 0,53$ ; 14) висота насадки  $H = M / (\beta a S \Delta\bar{X}_{cp} \psi_e) = 4,2\cdot 10^{-4} / (0,067\cdot 204\cdot 0,785\cdot 1,14^2\cdot 3,3\cdot 10^{-5}\cdot 0,45) = 2$  м.

Складові комплексних проектів можна визначити у наступній послідовності: вибір напрямків інноваційних технологій з урахуванням особливостей роботи базового об'єкта і виду енергетичних витрат; вибір ефективних методів управління комплексними проектами; аналіз екологічних, правових і соціальних відносин; вибір критеріїв оцінювання ефективності та ін.

### Література:

1. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Борхович А.А. и др. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов. Вісник НТУ «ХПІ». 2012. – Вип. 10. – С. 73–78.
2. Товажнянский Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін. Харчові технології у прикладах і задачах. Підручник з грифом МОН. – К.: «Центр учбової літератури», 2005. – 496 с.

## **DISTANCE LEARNING MAIN TRENDS**

**S. Bukhkalov\*, A. Ageicheva, O. Komarova**

*\*National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,  
Kharkiv*

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,  
Poltava*

Currently, distance education provides a unique opportunity in training completion. Student is provided with a free remote access to internal network of universities or colleges for advice, information on requirements for performance reporting documents, studies submitted to control, the list of recommended books. Such a form of learning received intensive development in the early 70-ies of the last century. And it is associated with the public universities creation. Higher educational establishments implement various distance education programs, methods which work well. Ukraine ranked as a high-tech country with a high level of preparation for computerization and use of electronic means in all spheres of human activity. Ukraine mastered high speed new technology. Analysis of educational literature can note some general trends in the approach to the key teaching principles and their classification by different researchers in distance learning. The main trend is in trying to reach a determination and formation of didactic principles as a result of consideration the structural theory of pedagogy given by the complexity of the object. The learning content and activities of participants in the learning process should allow identifying the methodology and showing it as a basis for the scientific knowledge development and its application in practice. Researchers have underlined that a prerequisite for the formation of knowledge is an activity where the performance and results of the activity which activates the information essential properties of reality and builds models of these properties. Various psychological theories of learning organization system in distance education are described by various foreign teachers and psychologists N. Krauder, S. Press and B. Skinner. DISTANCE LEARNING is studied and investigated by many scientists. T. Rekkedal and B. Holmberg, prominent Swedish teachers involved features of distance learning in Universities emphasize the need for reform. E-learning is one of the progressive forms of education. It is one of the main ways of information and automation education. The use of new technologies in learning is more effective education. Organization of quality distance education has a positive effect on the intellectual potential of the state. Today Ukraine has a chance to join actively the process and conduct research in the areas of standards development, forms and methods of this type of training. In the Draft National Strategy for Education in Ukraine for 2012-2021 years great role is given to information education. In particular, it is noted that the priority of education is the introduction of modern information and communications technologies that ensure improvement of the educational process, the availability and effectiveness of education and training of young generation to life in the information society [1]. The problem is very important due to quality distance education of today's students. The main organization structure in distance learning are creating e-courses, developing the basics material for distance learning courses, teachers-coordinators training. Active introduction of innovations Swedish distance teaching practice gives the opportunity to discuss some problems of distance education in Ukraine.

### **References:**

Агейчева А.О., Бухкало С.І. Деякі особливості розвитку дистанційної освіти Швеції. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – Вип. 55. – С. 162 – 168.

## DISTANCE LEARNING INVESTIGATION SOME ASPECTS

S. Bukhhalo\*, O. Aheicheva, I. Rozhenko

*\*National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,  
Kharkiv*

*Poltava Oil and Gas College of Poltava National Technical Yuri Kondratyuk  
University, Poltava*

One of the main trends is to transform e-learning from a private initiative to the Universities. The problem is lack of skills in using information and communication technologies and knowledge of teachers. Students are often more knowledgeable than their teachers. Higher educational establishments have computers and the Internet Research plays a key role as an investment in the future. Currently universities implement various distance education programs. Along with programs for mass audience targeted series of lectures and classes are widespread. It allows students after the course to pass exams and to get appropriate certificate. Interaction between teacher and student is provided in different ways: exchange of printed materials through the mail, audio and video conferencing. On teacher assigned functions such as coordinating the cognitive process, adjusting the course is being taught, advising in the preparation of individual educational plan, manage educational projects and more. He manages educational support groups, helps students in their professional growth. Asynchronous tend interaction of students and teachers in distance learning system allows messaging via email. It allows you to analyze incoming information and respond to it in the right time for the respondents. Methods of asynchronous interaction are via voice mail or electronic computer networks [1–3].

Learning Management System is the driving force of innovation in distance education. Leading Universities, administrators, teachers, researchers are interested in learning social dividends from investments in modern computer programs to improve teaching and learning. Different countries tend to use different terms to describe the LMS, which is defined as a computer program that combines the functions of teaching, learning, assessment and management of educational courses [1]. But there is a risk for universities, spending time, money and personnel to develop computer programs. As a form of control in distance education using remotely organized examinations, interviews, workshops, coursework and project work, external, computer intelligent grading system. It should be noted that the solution to the problem of quality control of distance learning, it meets educational standards is crucial to the success of e-learning system. The success of its solution depends on academic recognition of e-learning courses, the ability to offset their passing traditional educational institutions. Therefore, controlling in distance education should have established a unified system of state testing.

### References:

1. Агейчева А.О., Бухкало С.І. Деякі особливості розвитку дистанційної освіти Швеції. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – Вип. 55. – С. 162 – 168.
2. Сайт міністерства освіти і науки Швеції <http://www.sweden.gov.se>  
<http://www.osvita.org.ua/>
3. Агейчева А.О., Комарова О.І., Бухкало С.І. Деякі проблеми науково-технічного перекладу для інноваційних проєктів студентів XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, с. 16

## ДЕЯКІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСІВ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЦУКРУ

Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І., Рогозіна М.А.,

Скляр В.В., Фролова І.Р.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Подовжені розробки комплексних проектів зі студентами, важливою загальною характеристикою є визначення закономірностей утворення кристалів цукру, їх розмірів та структури. Різновиди технологій мають відповідні особливості: 1) фізико-хімічні властивості цукрових розчинів та їх вплив на кристалізацію цукру: в'язкість (чистих або технічних розчинів; в'язкість суспензій з цукром – структура розчинів, вплив деяких компонентів); 2) особливості кристалізації цукру: підготовка середовища – зародкоутворення та зростання кристалів цукру (використання паст для затравлення або суспензій); 3) інтенсифікація процесів кристалізації (циклічна або безперервна з випаровуванням; кристалізація цукру охолодженням; параметри автоматизованого управління, процеси утворення меляси; центрифугування утфелів; інноваційні схеми) і т.д. Слід відмітити, що в розчинах з однаковим пересиченням, але різною чистотою (наприклад, 90 і 70%,) в'язкість в 5 разів менше для показника 90 %, а швидкість кристалізації вище в 20 разів. Зниження в'язкості продуктів для переробки сприятиме створенню оптимальних умов кристалізації цукру і підвищення його виходу зі зменшенням витрат теплоти на одиницю продукції. Отже, необхідна розробка способів інтенсифікації технологічних процесів у кожному конкретному процесі, в тому числі зниження в'язкості розчинів і впливу несахарів на неї, підвищення швидкості кристалізації, які забезпечують вирішення поставлених завдань. Також є істотна відмінність в структурі розбавлених, концентрованих, пересичених розчинів цукру, що може бути підставою для розробки нових закономірностей в'язкості цих розчинів і узагальнення у вигляді рівнянь і номограм. У процесі виготовлення карамелі вживають усіх заходів щоб запобігти кристалізації – додають крохмальну масу, інвертний цукор та інші антикристалізатори. Кристалізація цукру є небажаним явищем і під час зберігання багатьох кондитерських мас; цукрово-фруктових і цукрово-овочевих сумішей. А при виробництві кристалічного ірису, навпаки прагнуть прискорити процес кристалізації. У виробництві мармеладу і пастили цей процес регулюють так, щоб утворилася тоненька кристалічна скоринка, яка надає виробам товарного виду. Процес кристалізації потребує уваги також під час згущення, вимороження або переробки термонестійких рідких харчових продуктів. При чому зберігаються їх поживні властивості [1, 2].

### Література:

1. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Соловей В.М., Сорочук М.С. Складові процесів кристалізації цукру. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н/практ.конф. MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017 // За ред. проф. Сокола Є.І. Ч.ІІІ, – Х.: НТУ «ХПІ», с. 18.
2. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І. та ін. Харчові технології у прикладах і задачах. Підручник з грифом МОН. – К.: «Центр учбової літератури», 2005. – 496 с

## **ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ РОЗРОБКАМИ ОБ'ЄКТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ЗІ СТУДЕНТАМИ**

**Бухкало С.І., Ольховська О.І., Іглін С.П., Рогозіна М.А.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Остра конкурентна боротьба за право участі зі своєю продукцією на ринку певної галузі є ознакою XXI століття. При цьому значне місце на ринках окрім традиційної матеріальної продукції захоплює інтелектуальна власність. При цьому система стратегічного управління об'єктами ІВ являє собою впорядковану сукупність взаємопов'язаних елементів, що знаходяться між собою в стійких відносинах, забезпечують функціонування і розвиток зазначених елементів як єдиного цілого. Забезпечення необхідного рівня процедури керування означеними проектами, зв'язане також з відповідністю оформлення отриманих результатів запропонованим вимогам до змісту статей і патентів. Це насамперед, визначення змісту проведеної роботи й поділ сфери реалізації результатів складових інноваційного проекту – це дії по корегуванню отриманих науково-інформаційних даних з погляду розробки інновацій. З метою поліпшення роботи з науково-технічної творчості студентів при проведенні комплексного проектування необхідно враховувати основні критерії і цілі наукових розробок: постановка задачі і її зв'язок з важливими науково-практичними проблемами, зокрема, с інноваціями в області спеціальності студента; аналіз останніх інноваційних досліджень і публікацій для обраної теми; виділення невирішених частин загальної проблеми; чітке формулювання цілей у задачах з урахуванням розширення області дослідження; викладення основного матеріалу з теми з повним обґрунтуванням отриманих результатів і його графічна інтерпретація; формулювання висновків з метою виявлення патентоспроможності розробки і подальшого її впровадження. Для правильного виявлення винаходів велике значення має розуміння вмісту основних понять, які використовуються у процесі виявлення винаходів й у патентній експертизі. Продукт як об'єкт технології – це матеріальний об'єкт як результат діяльності людини. Процес як об'єкт технології – це дія або сукупність дій, виконуваних щодо продуктів та інших матеріальних об'єктів за допомогою принаймні одного продукту і спрямованих на досягнення певного технічного результату. Таким процесом [1, 2], зокрема, є виготовлення, обробка, переробка продукту та контролювання його якості, перетворення речовини, енергії, вимірювання параметрів, діагностування, керування процесом, який є об'єктом технології.

### **Література:**

1. Бухкало С.І., Іглін С.П. [Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів](#). Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 3. – С. 52–57.
2. Бухкало С.І. [Інноваційні технології використання відходів. 4-й міжн. конгрес Сталій розвиток: захист навколишнього середовища](#). Енергоощадність. Збалансоване природокористування, 21–23 вересня 2016 р., Львів. 2016, – с. 111.



## ОСОБЛИВОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ ОБ'ЄКТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

Бухкало С.І., Ольховська О.І., Іглін С.П., Мочалов О.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

До єдиного інформаційного простору управління та реалізації комплексних інноваційних проєктів студентів з утилізації-модифікації твердих побутових відходів при оформленні об'єктів інтелектуальної власності (ІВ) включено: внутрішню інформаційну систему управління освітньою, науковою та інноваційною діяльністю ВНЗ, що відповідає вимогам інформаційної безпеки; доступ до зовнішніх інформаційних ресурсів, а також оперативну актуальну інформацію про розвиток науки, техніки, технологій. І внутрішня, і зовнішня компоненти єдиного інформаційного простору задіяні у всіх основних процесах управління ІВ: 1) технологічний аудит, оцінка комерційного потенціалу проводиться з використанням внутрішніх баз даних експертів, інформації, і т.д. 2) правова охорона ІВ за всіма показниками: патентні дослідження проводяться з використанням баз даних різних країн, оформлення заявочної документації, відстеження термінів сплати зборів за підтримання охоронних документів залежно від ступеня розвитку системи управління ІВ у ВНЗ. У студентів формуються знання про ІВ: основні поняття комплексної системи правової охорони – міжнародної та в Україні; об'єкти та суб'єкти ІВ; алгоритм правової охорони об'єктів патентного права (винаходів, корисних моделей, промислових зразків); алгоритм правової охорони засобів індивідуалізації учасників цивільного обороту (торговельних марок, фірмових найменувань і т.д.); алгоритм правової охорони нетрадиційних об'єктів інтелектуальної власності; алгоритм правової охорони об'єктів промислової власності в іноземних державах; алгоритм правової охорони об'єктів авторського права; права та обов'язки власників охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності; вартість права на об'єкти права ІВ; факт порушення прав власників чинних охоронних документів та заявників на об'єкти промислової власності; процедуру захисту прав ІВ в разі їх порушення.

Таким чином, заняття зі студентами та їх самостійна робота формують вміння при формулюванні висновків: класифікація об'єктів інтелектуальної власності відповідно до діючого законодавства; обирання найбільш доцільного для кожного окремого випадку способу охорони права; оформлення відповідної документації в галузі охорони прав інтелектуальної власності [1, 2].

### Література:

1. Бухкало С.І., Іглін С.П. [Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів](#). Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 3. – С. 52–57.
2. Бухкало С.І. [Інноваційні технології використання відходів. 4-й міжн. конгрес Сталій розвиток: захист навколишнього середовища](#). Енергоощадність. Збалансоване природокористування, 21–23 вересня 2016 р., Львів. 2016, – с. 111.

## ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КАПСУЛЮВАННЯ АЗОТОВМІСНИХ ДОБРИВ

Вакал В.С.

*Державне підприємство «Сумський державний науково-дослідний  
інститут мінеральних добрив і пігментів»,  
м. Суми*

Одним із дієвих способів підвищення поживної цінності добрив є їх капсулювання фосфатними оболонками певної товщини. Такий технологічний захід дозволяє знизити швидкість вивільнення азоту через оболонку та локальне забруднення ґрунтів нітратами.

Фосфатна оболонка, як правило, є азотно-фосфорним добривом різного складу й може бути нанесена на гранулу добрива шляхом агломерації порошкоподібного фосфоритового концентрату або у вигляді пульпи.

Оскільки основні антропогенні витрати енергії в рослинництві (на виробництво і застосування добрив, обробіток землі, збирання врожаю) припадають на мінеральні добрива (більш 40 %), то доцільно провести порівняльний аналіз технологій капсулювання туків за допомогою універсального ексергетичного методу на основі єдиного критерію запасів і потоків усіх видів енергії технологічних установок [1].

Результати порівняльних розрахунків витрат ексергії при виробництві фосфоровмісних добрив за традиційною технологією амонізованого суперфосфату та фосфорно-калійного добрива, яке одержане методом агломерації порошкоподібного фосфориту водним розчином іншого добрива [2], представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати обчислення витрат ексергії амонізованого суперфосфату і фосфорно-калійного добрива

Фосфоровмісні добрива	Витрати ексергії на виробництво 1 т добрива, кДж/т
Амонізований суперфосфат із фосфориту	255128
Фосфорно-калійне добриво	76164

Отже, на основі даних таблиці 1 можна зробити висновок, що енергетично (ексергетично) доцільним методом нанесення фосфатного покриття на гранули азотних добрив є метод агломерації порошкоподібного фосфориту із застосуванням водного розчину іншого добрива в якості пластифікатору.

### Література:

1. Теорія процесів виробництва неорганічних речовин // за ред. А.К. Запольского – К.: Вища шк., 1992. – С.186-194.
2. Yukhimenko N. The exergy analysis of energy efficiency of the technology of granulated phosphorus-potassium fertilizers / N. Yukhimenko, S. Vakal // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 5/6 (83). – С.4-10.

## НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ ОКСИДНЫХ ФАЗ ЗАДАННОГО СОСТАВА НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА

Ведь В.Е., Краснокутский Е.В., Гусева Н.И., Верба А.Г.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
м. Харьков*

Нанотехнологическое выращивание оксидных фаз заключается в нанесении и равномерном распределении центров кристаллизации заданных оксидов на поверхности толсто пленочного покрытия металла аморфного состава. Коллоидные растворы хлористых или азотнокислых солей определенных концентраций наносились на поверхность аморфной фазы, содержащей поверхностные центры кристаллизации выращиваемых кристаллов, и подвергались соответствующей термообработке. Таким методом были выращены кристаллы оксидов вольфрама, молибдена (рис. 1 а, б) и ванадия (рис. 2 а, б).

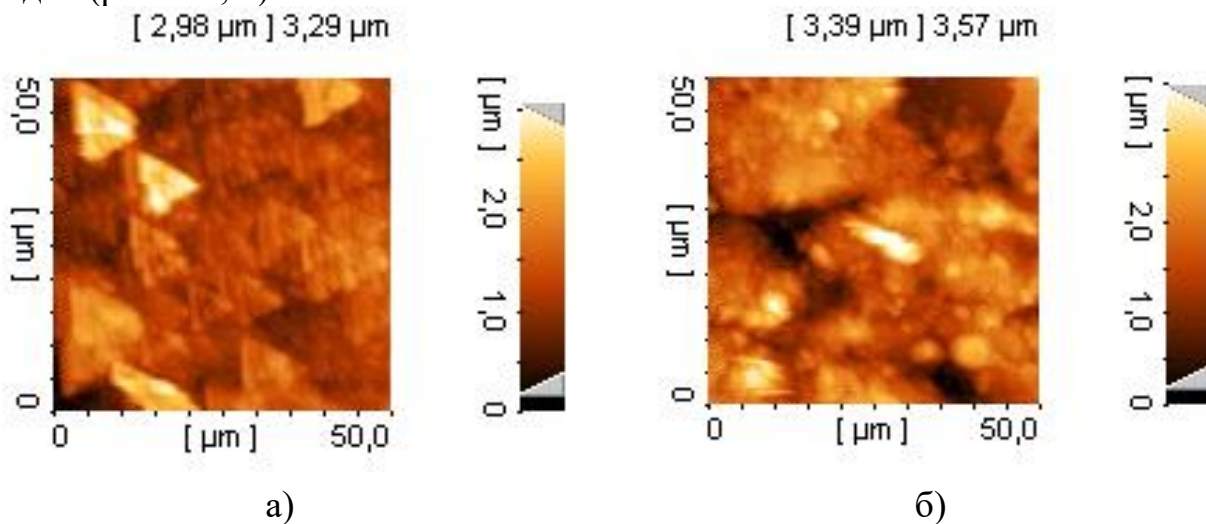


Рис. 1 – Поверхности кристаллов оксидов вольфрама (а) и молибдена (б) на толсто пленочном покрытии аморфного состава, нанесенного на фольгу Н80Х20 (атомно-силовая микроскопия, фронтальная проекция)

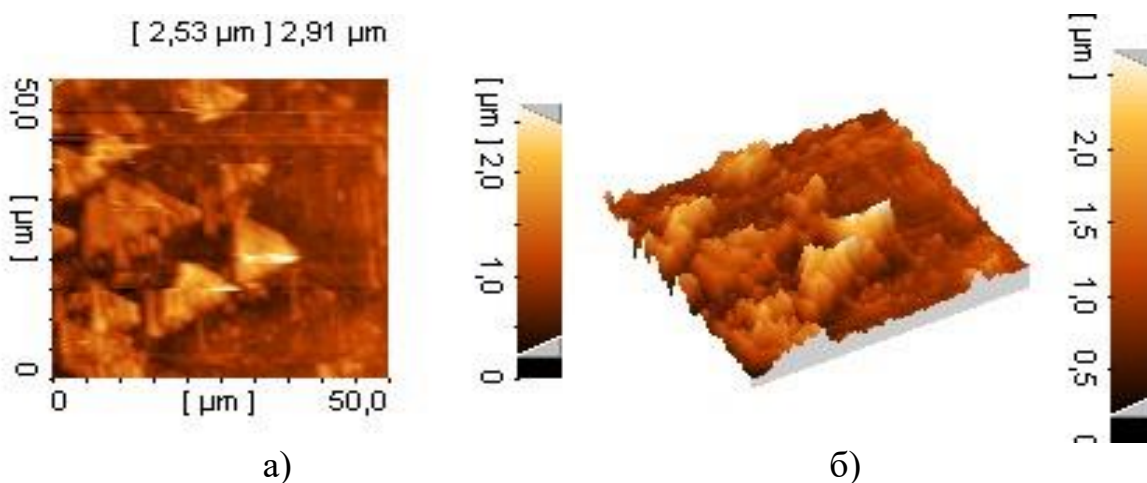


Рис. 2 – Поверхности кристаллов оксидов ванадия на толсто пленочном покрытии аморфного состава, нанесенного на фольгу Н80Х20 (атомно-силовая микроскопия, а) – фронтальная проекция и б) – изометрия)

## **МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ МОНОБЛОЧНОГО СЕЗОННОГО АКУМУЛЯТОРА ТЕПЛОТИ ГЕЛІОСИСТЕМИ**

**Височин В.В., Верстак М.О., Квітчук В.В., Плотніков А.О.**

*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

Для систем сонячного опалення необхідні пристрої сезонного акумулювання енергії. Обґрунтовано застосування твердотілого сезонного акумулятора теплоти (САТ), що представляє монолітний бетонний блок з вбудованим теплообмінником і зовнішньою тепловою ізоляцією [1].

Для досягнення необхідних умов експлуатації геліосистеми її потужність повинна корелюватися з характеристиками акумулятора.

При фіксованому об'ємі кількість накопиченої енергії визначається тільки температурою в акумуляторі. Здатність пристрою до акумуляції із заданим типом насадки залежить від теплової ізоляції огорожень.

Наявність навантаження опалення змінює річний хід температури САТ.

Не конкретизуючи конструкції сонячних колекторів (СК), їх можна охарактеризувати основними показниками, що впливають на продуктивність системи, це – оптичний показник і коефіцієнт втрат теплоти.

Метод проведеного аналізу дозволяє визначити цільову функцію, як співвідношення об'єму сезонного акумулятора та площі СК  $\left(\frac{V}{A}\right)$ , необхідних для повного задоволення теплового навантаження опалення в заданому температурному діапазоні.

Температурний режим роботи акумулятора теплоти був обраний таким, що відповідає параметрам теплоносія для підлогового опалення («тепла підлога»). Для таких умов мінімальна температура акумулятора прийнята рівною 35 °С.

Співвідношення розмірів акумулятора та СК, якщо вони забезпечать задане теплове навантаження протягом усього опалювального сезону без залучення дублюючого джерела тепла, можна назвати оптимальним.

Запропонована методика розрахунку розмірів сезонного акумулятора теплоти дозволяє з урахуванням взаємного впливу сонячних колекторів і акумулятора, а також умов експлуатації, забезпечити автономний режим роботи системи.

### **Література:**

1. Romanchenko D. Thermal energy storage in district heating / Dmytro Romanchenko, Johan Kensby, Mikael Odenberger, Filip Johnsson // Energy Convers. Manag. 2018. – Vol 162. – pp. 26–38.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРИСТОГО Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Водолажченко С.О., Ляшок Л.В.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Електрохімічний метод формування пористих анодних оксидних плівок (АОП) на вентильних металах (Al, Ti, Nb, Ta і ін.) привертає увагу багатьох дослідників, тому що дозволяє створювати оксидні матеріали з керованою наноструктурованою морфологією поверхні.

Робота присвячена вивченню ролі складу електроліту і режиму анодування в формуванні фізико-хімічних властивостей нанопористого оксиду танталу кристалічного типу.

Як електрод використовували танталову фольгу товщиною 0,1 мм, чистотою 99,99%. Експериментальні дані були оброблені за допомогою програми EIS Spectrum Analyser та Origin Lab. Зразки хімічно полірували протягом 5 – 10 с при кімнатній температурі (20 – 25 ° C) в розчині наступного складу: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: HNO<sub>3</sub>: HF = 5 : 2 : 2.

АОП формували в розчинах 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> з додаванням HF ( 0,1 M; 0,25 M; 0,5 M; 1 M); 0,25 M NH<sub>4</sub>F; 0,25 M NaF; EG +10% H<sub>2</sub>O +0.25% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>+3% NH<sub>4</sub>F; EG +10% H<sub>2</sub>O +0.25% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>+3% NaF.

Дослідження фізико-хімічних властивостей оксиду танталу, одержаного в різних електролітах, проводили методом імпедансної спектроскопії з використанням діаграм Бode. Вони являють собою комбінацію двох графіків: частотної залежності модуля імпедансу  $|Z|$  і частотної залежності фазового кута  $Q$ . Оскільки в процесі електрохімічних вимірювань частота змінюється дуже сильно, використовують логарифмічну шкалу абсцис  $\lg f$  [1].

У зв'язку з тим, що пористі АОП складаються з двох частин – внутрішнього тонкого бар'єрного шару і зовнішнього пористого, для моделювання межі розділу електрод / електроліт була використана еквівалентна електрична схема, що зазвичай застосовується для опису імпедансних спектрів двошарових оксидних покриттів.

Опір бар'єрних плівок становить  $10^5$  Ом\*см; пористих плівок, сформованих в електролітах, що містять фторид-іони, утворених при напрузі 60В опір становить  $1,3 \cdot 10^3$  Ом\*см<sup>2</sup>, що менше ніж у бар'єрних плівок. Опір кристалічного оксиду у водному та апротонному електролітах становлять 6,3 Ом та 4,5 Ом при 80 вольтах. Отримані результати свідчать про можливість формування оксиду танталу з заданими фізико-хімічними властивостями при застосуванні рекомендованих електролітів і режимів анодування.

### Література:

1. Гнеденков С.В. Электрохимическое импедансное моделирование фазовой границы металлооксидная гетероструктура–электролит / С.В. Гнеденков, С.Л. Синябрюхов, В.И. Сергиенко // Электрохимия. – 2006. – Т. 42, № 3. – С. 235 – 250.

## **ТВЕРДІ ДУХИ – АРОМАТ, ЯКИЙ НЕ ХОЧЕТЬСЯ ЗАЛИШАТИ ВДОМА**

**Воловік Ю.О., Шумєєва М.О., Овсянікова Т.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглянуто питання актуальність та переваги духів у твердій формі.

Тверді духи – це ідеальна альтернатива традиційному парфуму, але на даний момент вони не мають достатньої популярності [1].

Одним з переваг використання твердих духів є комфорт в використанні. Завдяки своїй текстурі вони тримаються довше ніж рідкі, адже за основу в них беруться тверді масла і скільки вони триматимуться на шкірі, стільки і буде відчуватися приємний аромат. Тверді духи розкриваються на шкірі трішки інакше, ніж їх рідкий аналог, залишаючи більш теплий та вишуканий аромат. Завдяки тому, що у твердих духах використовується композиція з декількох ефірних масел, протягом дня ви зможете змінити декілька ароматів, залишившись в гармонії зі своїм внутрішнім світом.

Важливо не перестаратися з кількістю такого парфуму, тому що у ньому присутня висока концентрація ефірних масел. Від занадто інтенсивного запаху може розболітися голова.

У рецептурах, які ми розробили, використовуються тільки натуральні речовини, які не тільки не викликають алергічною реакції, а також є корисними для шкіри.

За основу ми взяли рафінований бджолиний віск, який багатий мікроелементами та дарує парфуму невловимі медові нотки, та масло жожоба, яке багате вітамінами та мікроелементами. Також ми використовували вітамін Е, оскільки цей вітамін не тільки приймає участь у важливих процесах клітинного метаболізму, а також він виконує роль антиоксиданту. Ефірні масла позитивно впливають на нервову систему, на сферу емоцій та психічне здоров'я людини, також вони покращують стан шкіри [2].

Таким чином, розроблені рецептури сухих духів, які збагачені біологічно активними речовинами і антиоксидантами, позитивно впливають на шкіру, мають приємний аромат, який можна створити для задоволення індивідуальних потреб, та мають достатньо невисоку собівартість для виробників і покупців.

### **Література:**

1. Самуилова Л.В., Пучкова Т.В. Косметическая химия. / Л.В. Самуилова, Т.В. Пучкова. М.: Школа косметических химиков, 2005 г. – 336 с.
2. Башура А.Г. Индивидуальная рецептура в косметологии и аромологии. Серия «Косметология и аромология». / А.Г. Башура, С.В. Андреева, Т.В. Мартынюк, И.И. Баранова. – Х.: Синтекс, 2008. – 272с.

## НОВИЙ ЕФЕКТИВНИЙ КОМПОНЕНТ КОСМЕТИЧНИХ ПРОДУКТІВ

Гаврюшенко К.О., Федоров В.А., Литвиненко О.А., Гладкий Ф.Ф.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Пропонується використання похідних жирних і амінокислот в шампунях, кремах та інших косметичних продуктах в якості поверхнево-активної складової.

Синтезовані, більш екологічно м'які, ПАР (поверхнево-активні речовини) на основі амінокислот є альтернативою поверхнево-активним речовинам нафтохімічного виробництва (алкілбензолсульфонати, алкілфенолетоксилати та четвертинні амонійні солі). ПАР на основі амінокислот проявляють антисептичні властивості, являються ефективними емульгаторами, завдяки чому вони є цінною сировиною для виготовлення продуктів харчування, косметики, засобів гігієни та фармацевтичних препаратів [1].

Відомо, що при дії на амінокислоти таких речовин як багатоатомні жирні спирти, галоген вуглеводні, аміни, жирні кислоти, можливо отримати різні типи ПАР [2]. Окрім цих шляхів отримання різних видів ПАР, представляє інтерес реакція взаємодії жирних кислот і похідних амінокислот.

В роботі виконано аммоноліз рицинової олії і натрієвої солі гліцину в присутності каталізатора – гліцерата натрію (вихід складає 70%) з утворенням натрієвої солі рициноіл гліцину з подальшим виділенням амінокислоти. Подібний спосіб отримання використовувався раніше для синтезу амінокислоти на основі кокосової олії та гліцината натрію [3], але з використанням метилату натрію в якості каталізатора. На відміну від відомого способу запропоновано використання як каталізатора гліцерату натрію, що відрізняється стабільністю та не є пожежонебезпечним і рицинову олію, що має позитивний вплив на шкіру людини.

Факт перебігу реакції між рициновою олію та натрієвою сіллю гліцину підтверджують показники числа нейтралізації, вмісту азоту і ІК спектри амінокислоти.

Запропоновано використовувати отримані солі рициноіл гліцину у складі косметичних продуктів, враховуючи цілющий вплив на шкіру людини складових частин нового продукту – рицинолевої та амінооцтової кислот.

### Література:

1. Bougueroua M. Synthesis and Physicochemical Properties of Alanine-Based Surfactants / M. Bougueroua, R. Mousli, A. Tazerouti. // Journal of Surfactants and Detergents. – 2016. – №19. – С. 1121–1131.
2. Bordes R. Amino acid-based surfactants – do they deserve more attention? / R. Bordes, K. Holmberg. // Elsevier B.V. – 2015. – С. 1–13.
3. Zhang G. Green Synthesis, Composition Analysis and Surface Active Properties of Sodium Cocoyl Glycinate / G. Zhang, B. Xu, F. Han. // American Journal of Analytical Chemistry. – 2013. – №4. – С. 445–450.

## ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЦЕПТУРИ ЗВОЛОЖУЮЧОГО КРЕМУ З МЕДОМ

Гайдідей І.М., Белінська А.П.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Сухість шкіри є дуже розповсюдженою проблемою. Коли шкіра обличчя починає втрачати вологу, можуть бути помітні потовщення і шорсткість шкіряного покриву. Якщо на певному етапі не почати слідкувати за шкірою, вона стане потовщеною, потрісканою, лущитиметься, буде відчутний свербіж, що загалом призведе до швидкого старіння шкіри. Зволожуючим агентом в такому випадку може використовуватися мед завдяки своєму унікальному складу. Існує зростаюча зацікавленість у вивченні меду через його біологічно активні властивості, тому що цим натуральним продуктом можна замінити ряд синтетичних в косметичній промисловості [1, 2].

Зволожуюча властивість меду обумовлена наявністю поліольних молекул з невеликою молекулярною масою, таких як гліцерин, пропіленгліколь і сорбіт. Інші компоненти меду, такі як моноцукри, амінокислоти, молочна кислота, можуть вести себе і як зволожувачі, і посилювати властивості зволожувачів у рецептурі. Вуглеводна композиція меду надає йому гігроскопічні властивості, фіксуючи молекули води, в складі косметичних засобів забезпечує оклюзійну плівку, яка допомагає підтримувати гідrataцію шкіри. Крім того живить внутрішні тканини епітелію і активізує поверхневий кровообіг, тим самим забезпечує профілактику сухої шкіри від зморшок та тріщин. Мед використовує осмотичну здатність цукрів, щоб пом'якшити шкіру та підвищити кровообіг [2].

Метою дослідження є обґрунтування ефективної концентрації меду в модельному косметичному кремі і його типу емульсії.

Обґрунтовано рецептуру крему з емульсією типу «вода в олії» (даний тип емульсії характерний для «нічних» кремів). На базі даної рецептури вироблено ряд зразків косметичного крему з різним вмістом меду. Розроблені зразки тестувалися протягом одного місяця групою добровольців з 12 чоловік. Сенсорну оцінку виконували згідно ISO 8586-1 і ISO 8586-2. При сенсорному аналізі використано спеціальну систему бальних оцінок, які кількісно виражають ряд показників якості досліджуваних зразків кремів. Зокрема було відзначено, що всі зразки добре наносяться, мають приємний аромат, мають зволожуючу властивість, але з точки зору органолептичних властивостей перевагу було надано зразкам з вмістом меду 2,5 – 5,0 %.

### Література:

1. Фрідман Р.А. Технологія косметики / Р. А. Фрідман. – Москва: Харчова промисловість, 1964 – С.74-75
2. Cosmetic properties of honey [Електронний ресурс] / Monografias – Режим доступу: [http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/37279/1/19\\_cosmetic\\_properties\\_honey.pdf](http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/37279/1/19_cosmetic_properties_honey.pdf)



## **БУДІВЕЛЬНА КЕРАМІКА З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОГЕННИХ КОМПОНЕНТІВ З ВЛАСНОЮ СТРУКТУРНОЮ ПОРИСТІСТЮ**

**Галушка Я.О., Шукіна Л.П., Рищенко М.І., Павлова Л.В., Гуміров Е.І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Розвиток сучасного енергозберігаючого будівництва обумовлює необхідність розроблення конкурентоздатних конструкційно-теплоізоляційних керамічних виробів. Технологія їх виготовлення передбачає введення газотвірних добавок (карбонатів, перліту та ін.) або добавок, що видаляються (органічних, органо-мінеральних тощо) для забезпечення заданої пористої структури матеріалу. Використання цих способів, не дивлячись на їх розповсюдження, не гарантує отримання матеріалів високої конструктивної якості, під чим розуміється поєднання в них підвищеної механічної міцності, низької густини і теплопровідності. Така задача ще більше ускладнюється при використанні легкотопкої глинистої сировини низької технологічної якості.

Вирішення цієї задачі можливо шляхом створення пористих керамічних структур за рахунок використання технологічних добавок з власною високопористою будовою. Метою даного дослідження було вивчення впливу таких добавок на фізико-механічні та структурні характеристики керамічних матеріалів на основі легкотопкої глинистої сировини.

Як добавки з власною пористістю були використані різні види золошлакових матеріалів, які представляли собою відходи технологічних процесів (процеси згоряння твердого палива на ТЕС і термічної обробки керамічної цегли в кільцевій печі) і товарні продукти, що утворені при переробці золівідходів ТЕС у товарний продукт (золосфери). Добавки використовувалися в кількості 10 і 20 мас. % в шихті з легкотопким суглинком, який за своїми технологічними властивостями відноситься до типових цегельно-черепичних порід.

Досліджені такі характеристики керамічних матеріалів, як середня густина, пористість, механічна міцність, теплопровідність, коефіцієнт анізотропії структури. Встановлено, що рівень густини виявляється найнижчим для матеріалів із золосферами, при цьому їх структура близька до однорідної зі значеннями коефіцієнта анізотропії в межах 0,8 – 0,9. Рівень механічної міцності з усіма дослідними золоматеріалами виявляється не гіршим, а іноді й вищим ніж для зразків з органічними поризаторами. При загальній ефективній дії розглянутої групи золовмісних відходів найкращими з них виявилися золосфери ТОВ «Веско», які при вмісті в шихті 20 мас. % забезпечили найменшу середню густину (нетто) 1237 – 1336 кг/м<sup>3</sup>, теплопровідність (розрахункова) 0,53 – 0,59 Вт/(м·К) і межу міцності при стиску на рівні, що забезпечує марочність виробів не менше М150. Такі властивості забезпечуються особливостями перебігання фізико-хімічних процесів при випалі, а саме перешкоджанням усадці при спіканні, а також однорідною пористою структурою матеріалів з порівняно більшою кількістю закритих пор, яку надають їм стан самої золосфери.

## ДОСЛІДЖЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО

Галушко А. С., Варанкіна О. О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Молочна промисловість – одна з найважливіших галузей харчових біотехнологій. Кисломолочні продукти – гарні джерела всіх необхідних харчових компонентів і рекомендуються для харчування людей усіх вікових груп [1].

Ціллю роботи було дослідження біотехнології виробництва сиру кисломолочного з коров'ячого, козиного та соєвого молока кислотним способом із використанням закваски ТМ «VIVO», яка містить наступні види мікроорганізмів: *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*; *Lactococcus lactis subsp. lactis*; *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*; *Lactococcus lactis subsp. cremoris*. На першому етапі дослідження визначали органолептичні показники якості сировини та готових продуктів за загальноприйнятими методиками. Готовність сгустку для подальшої технологічної переробки (тривалість сквашування) визначали за титрованою кислотністю шляхом титрування 0,1 н розчином натрію гідроксиду та рН напівпродукту за потенціометричним методом.

В результаті роботи отримали три види сиру кисломолочного. Сир кисломолочний із коров'ячого молока за органолептичними показниками відповідає вимогам, що наведені в ДСТУ 4554: має розсипчасту консистенцію з незначною крупинчастістю; характерний кисломолочний запах, без сторонніх присмаків і запахів; колір білий з кремовим відтінком, рівномірний за всією масою [2]. Тривалість сквашування – 6 годин. Сир кисломолочний із козиного молока має м'яку консистенцію з наявністю відчутних частинок молочного білка; смак та запах чисті кисломолочні, з присмаком козиного молока, без сторонніх присмаків і запахів; колір білий із кремовим відтінком, рівномірний за всією масою. Сквашування тривало протягом 6-ти годин. Тривалість сквашування сиру кисломолочного з соєвого молока склала 23 години. Отримали продукт з мазкою однорідною консистенцією; смак та запах чисті кисломолочні з характерним присмаком рослинної сировини; колір світло-коричневий, характерний для соєвих бобів.

Отже, для виробництва сиру кисломолочного з таких видів молока, як коров'яче, козине та соєве, можна застосовувати кислотний спосіб коагуляції білків із використанням закваски «VIVO».

### Література:

1. Технология молока и молочных продуктов : Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений. / Г.Н. Крусъ, А.Г. Храмов, З.В. Волокитина, С.В. Карпычев. – М.: Колос, 2006. – 455 с.
2. ДСТУ 4554 : 2006. Сир кисломолочний. Технічні умови. – Введ. 2007 –01 – 01. – ДП «УкрНДНЦ», 2007. – 10 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИХ БУТИЛКАУЧУКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА АДГЕЗИОННО-КОГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА**

**Гарькавый Д.Ю., Авраменко В.Л.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В работе исследовано влияние содержания различных полимеров и пластификаторов на адгезионные и когезионные свойства герметизирующих бутилкаучуковых композиций.

Создание герметизирующихся материалов невысыхающего типа базируется в основном на таких полимерах, как бутилкаучук, полиизобутилен, этиленпропиленовый каучук, хлорированный бутилкаучук. Широкое применение нашли бутилкаучук и полиизобутилен благодаря своим высоким показателям по паронепроницаемости, газонепроницаемости, стойкости к кислотам и щелочам, адгезии и устойчивости к старению полимера.

Целью данной работы является исследование влияния полимеров и пластификаторов на адгезионно–когезионные свойства герметизирующих композиций на основе бутилкаучука.

Основой для создания герметизирующих материалов является полимерная матрица, от которой зависят адгезионные и когезионные свойства композиции. Повышение комплекса свойств при одновременном улучшении технологичности можно ожидать при введении термопластичных полимеров. Было изучено влияние сополимера этилена с винилацетатом (ЭВА) марки 28420 и полиэтилена низкой плотности марки ПЭНТ22-12 на основные свойства композиций.

Когезионная прочность композиций с повышением содержания полиолефинов, увеличивается. Введение ПЭНД более 25 мас. ч приводит к большему повышению прочности композиций, чем введение таких же количеств ЭВА, что связано с разницей в когезионной прочности самих полиолефинов. Вместе с тем, следует отметить, что добавки полиолефинов по причине сохранения высокой газо-, паронепроницаемости целесообразно использовать только в небольших количествах – до 15 мас.ч.

Ввод ПЭНД незначительно сказывается на повышении адгезии бутилкаучуковых композиций к алюминию. Введение ЭВА, наоборот, позволяет существенно увеличить адгезию. Зависимость адгезии от содержания ЭВА имеет экстремальный характер – максимальное значение проявляется при 30 мас. ч. ЭВА. Характер изменения адгезионной прочности в случае стекла аналогичен. Высокие адгезионные свойства композиций обусловлены наличием в составе ЭВА полярных карбонильных групп.

Установлено, что природа пластификатора существенно влияет на свойства герметизирующих композиций, равномерно снижая вязкость герметизирующего состава.

## БІОСИНТЕЗ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *NOCARDIA VACCINII* ІМВ В-7405 НА СУМІШІ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

Герштман А.Ю.

*Національний університет харчових технологій,  
м. Київ*

**Вступ.** З кожним роком збільшуються об'єми утворюваних в результаті людської діяльності токсичних промислових відходів, таких як відпрацьована олія та технічний гліцерин. Використання суміші відпрацьованої олії та технічного гліцерину для біосинтезу поверхнево-активних речовин (ПАР) *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405 дозволить не лише утилізувати токсичні промислові відходи, а й є одним з ефективних підходів до інтенсифікації синтезу цільового продукту [1]. У зв'язку з викладеним вище, мета даної роботи – встановити можливість інтенсифікації синтезу ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на суміші відпрацьованої олії та технічного гліцерину.

**Матеріали та методи.** Штам *N. vaccinii* ІМВ В-7405 культивували у рідкому поживному середовищі. Як джерело вуглецю використовували суміш технічного гліцерину (1 – 3,25 % об'ємна частка) та відпрацьованої олії (0,75 – 3% об'ємна частка), а також моносубстрати (технічний гліцерин та пересмажену олію) у концентрації 4% (об'ємна частка). Кількість посівного матеріалу, вирощеного на технічному гліцерині (0,5%), становила 10% від об'єму поживного середовища.

**Результати та обговорення.** Перший етап досліджень був спрямований на визначення залежності показників синтезу ПАР штамом ІМВ В-7405 від концентрації компонентів суміші субстратів. Експерименти показали, що підвищення концентрації моносубстратів у суміші з 1 до 2,5 % супроводжувалось збільшенням концентрації ПАР з 2,4 до 3,6 г/л. Проте за подальшого підвищення концентрації моносубстратів спостерігали зниження кількості ПАР, що може бути пов'язане з недостатнім вмістом джерела азоту в середовищі культивування продуцента. Відомо [1], що синтез цільового продукту на змішаних субстратах залежить від співвідношення компонентів суміші. Тому на наступному етапі досліджували показники синтезу ПАР штамом ІМВ В-7405 за умов різного співвідношення концентрацій відпрацьованої олії та технічного гліцерину в середовищі культивування. Експерименти показали, що максимальна концентрація ПАР (5,0 г/л) досягалась за умови культивування штаму ІМВ В-7405 на суміші 3,25 % технічного гліцерину та 0,75 % відпрацьованої олії (об'ємне співвідношення 1:0,2), та була вищою, ніж за використання моносубстратів (2,4 – 4 г/л).

**Висновки.** Встановлено, що використання суміші відпрацьованої олії та технічного гліцерину для біосинтезу ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405 дасть змогу не лише утилізувати токсичні промислові відходи, а й підвищити концентрацію цільового продукту на 18 – 52 % у порівнянні з відповідними моносубстратами.

### Література:

1. Пирог Т.П. Змішані субстрати у природних умовах і біотехнологічних процесах / Т.П. Пирог, М.О. Шулякова, Т.А. Шевчук // *Biotechnol. Acta.* – 2013. – Т. 6, № 6. – С. 28 – 44.

## ОТРИМАННЯ РЕЦИКЛІНГОВИХ ПАЛИВО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Григоров А.Б.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Сучасний стан світової екологічної ситуації обумовлює необхідність негайного впровадження у промисловості екологічно безпечних, енергозберігаючих технологій з використанням у якості сировини вторинних енергоресурсів. Сьогодні дуже шкідливими для навколишнього середовища є побутові (полімерні вироби з поліетилену та поліпропілену) та промислові (відпрацьовані змащувальні оливи, нафтові шлами, відходи селективної очистки олив та кислі гудрони) відходи.

Багатотоннажність цих відходів робить можливим їх застосування у якості сировини для рециклінгових промислових процесів. Розвиток рециклінгових процесів дозволить, з одного боку, отримати значну кількість паливо-мастильних матеріалів, з іншого – покращити екологічну ситуацію.

Зважаючи на це, можна запропонувати технологію, що використовує полімерні вироби та відпрацьовані нафтопродукти, як основу для отримання компонентів котельного палива, змащувальних олив та пластичних мастил. Промислова реалізація цих технологій у загальному вигляді може складатися з наступних стадій: I – збір та підготовка сировини; II – технологічна переробка сировини та III – компаундування.

**I стадія** передбачає збір та сортування полімерних виробів, очищення їх від бруду. На цій стадії з відпрацьованих нафтопродуктів здійснюють видалення води, механічних домішок, легких вуглеводневих фракцій та нейтралізацію шкідливих кислих компонентів.

**II стадія** – це термічна деструкція при температурах 400–450 °C і підвищеному тиску, якщо необхідно отримати компоненти палива, або ж концентрація залишків під вакуумом та атмосферному тиску для отримання бази для виробництва змащувальних олив та пластичних мастил.

**III стадія** використовується для приготування олив або пластичних мастил шляхом додавання в основу присадок, металевих мил, полімерних і гумових виробів та різних наповнювачів в залежності від робочих характеристик кінцевого продукту.

Слід зауважити, що відпрацьовані нафтопродукти виступають інгібіторами корозії металів та мають гарні протизносні і низькотемпературні властивості, що може значно знижувати концентрацію присадок, які необхідно додавати у основу для отримання товарного продукту.

По запропонованій технології можна отримати досить широкий асортимент паливо-мастильних матеріалів: вуглеводневі газу; як компоненти, так і товарні котельні та пічні палива; антифрикційні, залізничні, захисні та ущільнюючі мастила. Отримані рециклінгові продукти мають не гірший рівень якості ніж товарні продукти, які отримані за класичною технологією, та значно нижчу собівартість виробництва.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ МАЛОВІДХОДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЗООЧИСТКИ У ВИРОБНИЦТВІ КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ**

**Грубнік А.О., Васильєв М.І., Білик С.Ю.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Концепція безвідходного виробництва передбачає необхідність включення в цикл використання сировинних ресурсів, сферу споживання. Таким чином, продукція після фізичного або морального зносу повинна повертатися в сферу виробництва, повинні удосконалюватися методи знешкодження, утилізації, переробки або захоронення відходів. Слід врахувати, що безвідходне виробництво передбачає кооперування виробництв з великою кількістю відходів (виробництво фосфорних добрив, теплові електростанції, металургійні, гірничодобувні і збагачувальні виробництва) з виробництвом — споживачем цих відходів.

Технологічні заходи щодо захисту атмосферного повітря від забруднень також передбачають створення безвідходних і маловідходних технологій і технологічних засобів комплексного використання сировини, утилізацію відходів виробництва, організацію ТПК (технологічних промислових комплексів) із замкненою системою матеріального балансу речовин, включаючи відходи виробництва.

Найдієвішим заходом охорони атмосферного повітря є будівництво підприємств, що працюють за принципом безвідходних технологій, з замкнутими технологічними процесами, за винятком викидів в атмосферу відпрацьованих і хвостових газів. Впровадження навіть часткової рециркуляції газів, заміна вугілля і мазуту природним газом дають хороший екологічний та економічний ефект. Зміна технології проходить по шляху зменшення кількості викидів і скорочення витрат на очистку газів у розрахунку на одиницю продукції.

Одним з перспективних напрямків розвитку безвідходних і маловідходних технологій є впровадження газоочистки із застосуванням системи каталітичного допалювання, що застосовується для очищення парів розчинника фарб, що містять органічні і неокислені речовини: ефіри, вуглеводні, толуол, ксилол.

Неабияке практичне значення для газоочистки мають профілактичні заходи, які полягають в поліпшенні умов спалювання палива, в удосконалюванні конструкції фільтрів та іншого газо-, пиловловлюючого обладнання, герметизації технологічних ліній.

Головними критеріями технологій переробки відходів є екологічна безпека і економічна ефективність, виражена в собівартості переробки однієї тонни відходів.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗЧИНІВ КАС-32

Данилейко А.Н., Ушакова Н.М.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В світовій практиці спостерігається тенденція зростання виробництва і застосування рідких мінеральних добрив. Вони в порівнянні з твердими добривами відрізняються простотою виробництва, не поступаючись їм за агрохімічними властивостями. При їх виробництві знижуються капітальні витрати, зменшується шкідливий вплив на навколишнє середовище. Застосування рідких мінеральних добрив дозволяє повністю механізувати роботи за їх навантаженням, розвантаженням і внесенням, що обумовлює менші втрати поживних речовин. Вони більш рівномірно розподіляються в ґрунті.

Особливий інтерес представляють рідкі азотні добрива, зокрема водні розчини карбаміду і аміачної селітри (КАС), що містять азот в трьох формах: амідній ( $\text{NH}_2^+$ ), амонійній ( $\text{NH}_4^+$ ) та нітратній ( $\text{NO}_3^-$ ). На відміну від інших азотних добрив (аміакатів, аміачної води і безводного аміаку) КАС практично не містить вільного аміаку, що дозволяє виключити втрати азоту, обумовлені летючістю аміаку. Крім того, при їх транспортування та зберігання немає необхідності в спеціальних дорогих герметичних ємностях, розрахованих на підвищений тиск, або в ізотермічних сховищах.

Розчини КАС виробляються за однією з трьох схем (або комбінації цих схем):

- 1) з твердих (гранульованих) карбаміду і аміачної селітри;
- 2) з рідких напівпродуктів (плавів), отриманих за традиційною технологією;
- 3) за інтегральною схемою - з плаву карбаміду і з плаву аміачної селітри, отриманого нейтралізацією нітратної кислоти аміаком, який не прореагував при синтезі карбаміду.

Нами пропонується спосіб отримання розчинів КАС з плаву карбаміду і розчину нітрату амонію. Дана технологія має наступні переваги: максимальна температура розчину досягається тільки на виході з реактора-нейтралізатора, де концентрація розчину низька, де підтримується надлишковий тиск, виключає утворення сокового пара, і де підтримується лужне середовище. Технологія отримання розчину нітрату амонію заснована на використанні реактора-нейтралізатора з контуром циркуляції розчину нітрату амонію і упарюванні розчину в випарних апаратах. Тепло, що утворюється в реакторі, використовується в випарних апаратах. У контурі підтримується лужне середовище. Реактор працює під тиском з невеликим надлишком аміаку таким чином, що технологічний (соковий) пар не утворюється.

## ДОСЛІДЖЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВАКЦИН ПРОТИ ВІРУСІВ ГРИПОЗНОЇ ГРУПИ

Даниленко М.Є., Россіхін В.В., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Грип – це гостра вірусна інфекція з повітряно-крапельним шляхом передачі, що характеризується гострим початком, лихоманкою, загальною інтоксикацією. Епідемії грипу відбуваються щорічно, вражаючи до 15 % населення Земної кулі. Вакцинація – це основний інструмент у боротьбі з інфекцією. Тому розробка ефективної вакцини проти грипу – це завдання першорядної важливості.

Вірус грипу – це (-)РНК вірус, котрий легко проникає в організм за допомогою своїх поверхневих білків (гемаглютинін і нейрамінідаза). Він зв'язується через гемаглютинін із залишками сілової кислоти клітини організму. Проникнення збудника грипу в клітку відбувається за рахунок рецептор-опосередкованого ендцитозу. Введення нуклеокапсида вірусу в цитоплазму залежить від властивостей гемаглютинінового протеїну, здатного викликати структурні зміни для можливого злиття вірусної і ендосомальної мембран. Оболонка вірусу складається з жирових молекул (ліпідів), з попаданням в організм яких пов'язана важка інтоксикація, яка є сумно знаменитою «візитною карткою» грипу. Оболонка також містить два види білків – гемаглютинін та нейрамінідаза, які дозволяють вірусу проникати всередину клітини [1].

Метою дослідження є удосконалення технології виробництва вакцини проти вірусів грипозної групи (на прикладі субдиничної вакцини «Грипол плюс») для підвищення її профілактичних властивостей [2]. Для отримання вакцини проти вірусів грипозної групи існує багато методів. Найбільш ефективним є використання методів гель-фільтрації на носіях Діол-500 та Сефадекс G-50 і застосуванням детергенту  $\beta$ -октилглюкозиду.

Перевагами даної технології є:

- підвищення профілактичних властивостей вакцини,
- використання менш токсичного детергенту,
- зниження енерго– та капіталовитрат.

### Література:

1. Даниленко М.Є. Біотехнологічне виробництво вакцин проти вірусів грипозної групи: дипл. проект / М.Є. Даниленко. – Харків, 2017. – 79 с.
2. Пат. RU 2283139 Российская Федерация, А61К39/145. Способ получения антигенов для вакцины против вирусов гриппа / Гельфанд А.С., Брызгалова С.И., Мельников С.Я., Гусарова Н.А., Ярославцев И.В. Патентообладатель: Федеральное государственное унитарное предприятие Научно-производственное объединение по медицинским иммунобиологическим препаратам «Микроген» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заявл. 21.03.2005, опубл. 10.09.2006.



**ЕКСЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОНАСОСНИХ СИСТЕМ**

Денисова А.Є., Алхемири Саад Альдин (Alhemiri Saad Aldin),

Цуркан А.В., Фокін О.С.

*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

Тепловий насос (ТН) вимагає витрати роботи для передачі теплоти від низькопотенційного джерела до високопотенційного. Існує кінцева межа ефективності теплових насосів – коефіцієнт перетворення теплоти, який не є коефіцієнтом корисної дії:  $COP=Q_H/W$ , де  $Q_H$  – теплопродуктивність,  $W$  – потужність приводу ТН. Якість енергії залежить від її здатності перетворюватися на інші види енергії. Якщо механічна робота в ідеальному процесі може бути повністю перетворена в інший вид енергії, то теплота, навіть в ідеальному процесі, лише частково перетворюється на механічну роботу.

Енергетична ефективність ТН оцінюється коефіцієнтом перетворення  $\varphi=g_k/l$ , де  $g_k=T_k \cdot \Delta S$  – питомий тепловий потік в конденсаторі, що є сумою  $g_e=T_e \cdot \Delta S$  – питомої теплоти у випарнику і  $l=(T_k-T_e) \cdot \Delta S$  – питомої роботи в компресорі. Отже, рівняння енергобалансу для ТН  $g_k=g_e+l$ , що відповідає 1-ому закону термодинаміки [1]. Ефективність ідеального ТН  $\varphi_{id}=T_k/(T_k-T_e)$ , де  $T_k$  і  $T_e$  – температура в конденсаторі і випарнику, відповідно. Енергія механічна і електрична можуть бути необмежено перетворені в інші форми енергії, отже, являють собою ексергію.

Ексергетичний метод розрахунків роботи теплонасосних систем дозволяє більш точно оцінити їх термодинамічну ефективність. Енергія теплоти складається з ексергії і анергії. Анергія – частина енергії, що не перетворюється, або тепловий потік має температуру доквілля  $T_{nc}$ . Міру перетворення теплоти в роботу характеризує її працездатність (ексергію теплоти). Ексергія – максимальна робота, яку може виконати термодинамічна система у разі переходу з існуючого стану до стану рівноваги з доквіллям.

Термодинамічна досконалість ТН визначається його ексергетичним ККД. При постійній температурі  $T$  (при  $T < T_{nc}$ ), тепловий потік  $g_k$ , його ексергія  $e_g$  та анергія  $a_g$  пов'язані між собою рівняннями:  $g_k=e_g+a_g$ ;  $e_g=g_e(T-T_{nc})/T=g \cdot \tau_e$ ;  $a_g=g \cdot T_{nc}/T=g \cdot (1-\tau_e)$ , де  $\tau_e$  – ексергетична температурна функція, що дорівнює термічному ККД прямого зворотного циклу Карно і є функцією термодинамічного стану системи і навколишнього середовища. Ступінь термодинамічної досконалості енергоустановок визначається ексергетичним ККД  $\eta=E_e/E_n=(E_n-D_e)/E_n$ , де  $E_e$  і  $E_n$  – відведена і підведена ексергія, відповідно;  $D_e$  – втрати ексергії [2]. Ексергетичний ККД ТН при підводі теплоти у доквілля, коли ексергія ТН у випарнику дорівнює нулю  $\eta_e=e_{gk}/l=g_k \cdot \tau_e/l=\varphi \cdot \tau_e$ , де  $e_{gk}$  – відведена питома ексергія теплового потоку в конденсаторі ТН. В реальній ТНУ ексергетичний ККД, значення якого використовується для оцінки її досконалості, завжди менше одиниці.

**Література:**

1. Эксергетические расчеты технических систем: справ. пособие / Под ред. Долинского А.А., Бродянского В.М. – Киев: Наукова думка, 1991. – 360 с.
2. Денисова А.Е., Бірюк В.Ю. Эффективность теплонасосных систем на электростанциях // Nowa Energia, 2012, № 2 (26). – Р. 214–215.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Денисова А.Є., Губар Л.Б., Денисова А.С., Костюкевич В.Л.

*Одеський національний політехнічний університет,*

*м. Одеса*

Україна належить до країн частково забезпечених традиційними видами первинної енергії ПЕР. У структурі споживання ПЕР в Україні найбільший обсяг припадає на природний газ, що імпортується, а також загострює проблему енергетичної безпеки держави, тоді як вторинні енергоресурси (ВЕР) використовуються недостатньо. Найбільш ефективним джерелом теплоти для інтегрованих теплонасосних систем (ІТНС) на промислових підприємствах є теплові ВЕР. Повернення в цикл теплоти ВЕР дає змогу суттєво зменшити споживання ПЕР [1]. До цих теплових ВЕР відноситься фізична теплота вихідних газів, котлів і промислових печей, основної й проміжної продукції, інших відходів виробництва, а також теплота робочих тіл, пари й гарячої води, що відпрацювали в технологічних агрегатах. Крім того, існує можливість застосування відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) для покращення ефективності циклу ІТНС за рахунок підвищення температури води в зворотній магістралі перед котлом (рис. 1).

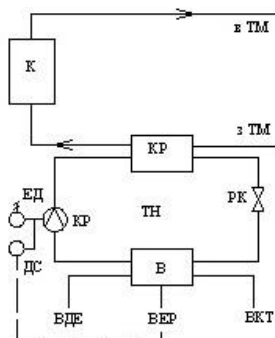


Рис. 1 – Схема ІТНС

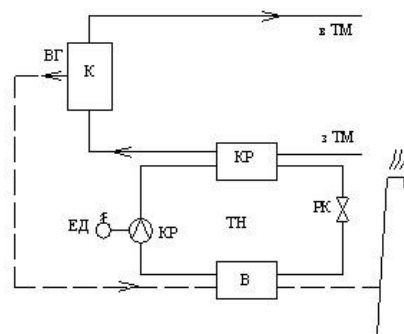


Рис. 2 – Схема ІТНС утилізації відхідних газів

Ефективним джерелом низькопотенційної теплоти є стоки промислових підприємств та вентиляційні потоки [2]. В якості привода компресора теплових насосів можна застосовувати альтернативні двигуни Стирлінга, що працюють на низькопотенційній теплоті ВЕР. Це дає змогу підвищити ККД ІТНС, бо затрати на привід ТН є найбільшими в пароконденсійному циклі. Доцільним є застосування ІТНС для парових та водогрійних котлів (рис. 2) для зниження температури вихідних газів, з можливістю перенесення теплоти в цикл для підігріву повітря чи живильної води та в паротурбінних установках, для зменшення викидів корисної теплоти з циркуляційною водою в довкілля.

### Література:

1. Денисова А.Є., Бірюк В.Ю. Эффективность теплонасосных систем на электростанциях // Nowa Energia, 2012, № 2 (26). – Р. 214–215.

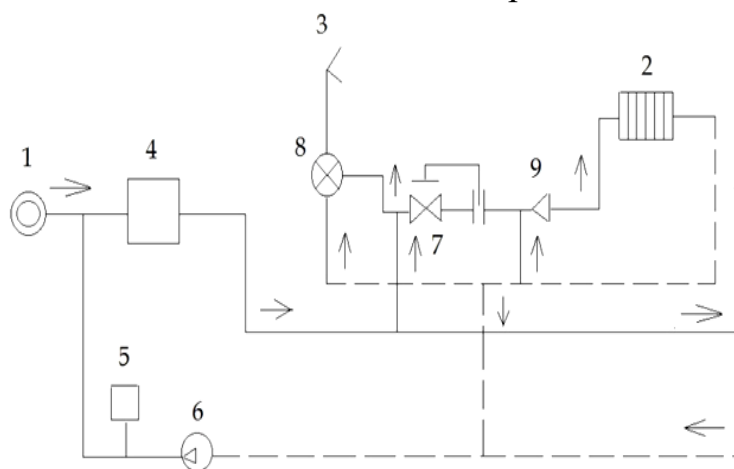
## СИСТЕМА ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НЕЗЛИВНОГО ТИПУ

Денисова А.Є., Губар Л.Б., Ревенко В.О., Єспур А.А.  
Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса

Установка на базі геотермальної теплоти незливного типу (НГТ) для цілей альтернативного теплопостачання (рис.1), здатна забезпечити мінімальну питому витрату води зі свердловини на одиницю розрахункового опалювального навантаження [1].

Пікова котельня перетворюється у базовий генератор теплоти для цілей теплозабезпечення, який працює весь опалювальний сезон. Звідси велика установлена потужність котельні та велика витрата палива. Розрахунки показують, що зі зменшенням розрахункового дебіту води зі свердловини, температура скидної води і теплова потужність пікового джерела теплоти збільшується, а поточний коефіцієнт відпуску теплоти, навпаки, зменшується. Регулювання опалювального навантаження досягається шляхом поступового зменшення частки пікового догріву.

Слід відмітити, що влітку термальна вода подається на гаряче водопостачання, минаючи підігрівач, по обвідному трубопроводу у котельні.



1 – свердловина, 2, 3 – системи опалення і гарячого водопостачання; 4 – котельня; 5 – бак-акумулятор; 6 – насос; 7 і 8 – регулятори витрати і температури, 9 – елеватор

Рис. 1– Схема НГТ

Ефективність НГТ тим вище, чим більша частка гарячого водопостачання у сумарному тепловому навантаженні. Реалізація НГТ призводить до більш раціонального використання теплоти геотермальної води, мінімізації числа свердловин, зменшення діаметру і протяжності трубопроводів теплових мереж та зменшення металоємності системи опалення.

### Література:

1. Ільїна К.О., Денисова А.Є. Перспективи використання геотермальних ресурсів України [Текст] / К.О. Ільїна, А.Є. Денисова // Вістник НТУ «ХП», 2014. – № 16 (1059). – С. 30–35.

## МОДЕЛЮВАННЯ ДЕБІТУ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ВОДИ ТА ТЕМПЕРАТУРИ СКИДНОЇ ВОДИ ДЛЯ СИСТЕМИ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НЕЗЛИВНОГО ТИПУ

Денисова А.Є., Кандєєва В.В., Бабаєв Є.С., Коваль П.П.

*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

За результатами розрахунків системи геотермального теплопостачання незливного типу (НГТ) одержані графіки залежності дебіту геотермальної води (рис. 1) та температури скидної води (рис. 2) від поточного коефіцієнту відпуску теплоти.

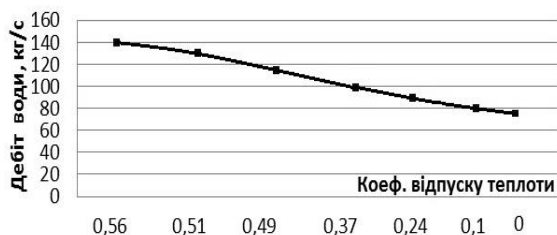


Рис. 1 – Графік залежності дебіту геотермальної води

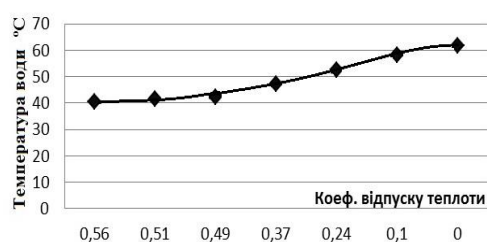


Рис. 2 – Графік залежності температури скидної води

Графіки побудовані за результатами моделювання дебіту геотермальної води та температури скидної води для системи геотермального теплопостачання незливного типу за наступною методикою.

Можливі три варіанти співвідношень між температурою геотермальної води  $t_t$  і теплоносія системи  $t_{26}$  гарячого водопостачання (ГВ):  $t_m > t_{26}$ ;  $t_m < t_{26}$ ;  $t_m = t_{26}$ .

Витрата води дорівнює середньогодинній витраті на гаряче водопостачання:  $G_B = G_{26} + G_{дод}$ , де  $G_{26}$  – середньодобова витрата питної води в системі ГВ;  $G_{дод}$  – додаткова витрата теплоносія у зворотному трубопроводі.

Встановлена теплова потужність пікового джерела теплоти  $Q_k = c_m \cdot G_{26} (t_{261} - t_{262})$ , де  $c_m$  – питома теплоємність геотермальної води;  $t_{261}$  – розрахункова початкова температура води в системі ГВ після пікового догріву;  $t_{262} = t_o - t_{m0}$  – розрахункова температура води системи ГВ після мережного теплообмінника (ТО), де  $t_o$  – розрахункова температура зворотної води системи опалення;  $t_{m0}$  – різниця температур теплоносіїв ( $t_{m0} = 5 \dots 10$  °C) на гарячому кінці ТО в розрахунковому режимі.

Коефіцієнт відпуску теплоти  $\phi_{п} = 1 - Q_k / [\varepsilon \cdot c_m \cdot G_{26} (t_{pm} - t_{m0})]$  – відповідає вмиканню чи вимиканню пікового догріву, де  $t_{pm}$  – розрахункова температура геотермальної води;  $\varepsilon = (t_{262} - t_{нс}) / (t_o - t_{нс})$  – коефіцієнт ефективності ТО у розрахунковому режимі, де  $t_{нс}$  – розрахункова температура підживлюючої води системи ГВ.

### Література:

1. Ільїна К.О., Денисова А.Є. Перспективи використання геотермальних ресурсів України [Текст] / К.О. Ільїна, А.Є. Денисова // Вістник НТУ «ХП», 2014. – № 16 (1059). – С. 30–35.

## ПОВЕРХНОСТНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК ДЛЯ ПОДОГРЕВА ВЯЗКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Дорошенко Ж.Ф.<sup>1</sup>, Потапов М.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Одесский национальный политехнический университет,*

<sup>2</sup>*Одесская национальная академия пищевых технологий,  
г.Одесса*

Одним из основных направлений в области энергосбережения является использование энергоэффективного оборудования. Создание такого оборудования связано, в первую очередь, с использованием корректных теоретических подходов, поиском новых конструктивных решений, что позволяет разрабатывать принципиально новые образцы либо существенно усовершенствованные. Показателем эффективности такого оборудования являются улучшенные теплотехнические показатели, которые определяют снижение энергозатратности выполнения целевой задачи [1].

Для поддержания определенных температурных условий при хранении, транспортировке вязких жидкостей используют теплообменники разных конструкций, использующие в качестве греющего теплоносителя пар. Так, для подогрева мазута на ТЭС широко применяются кожухотрубные аппараты, в которых используют пар из отборов турбин с давлением 1.0...1.5 МПа ( $t=250$  °С). Эти теплообменники достаточно габаритны и характеризуются значительными гидравлическими сопротивлениями, что существенно влияет на технико-экономические показатели аппарата [2].

С целью повышения указанных показателей рассмотрена возможность использования преимуществ теплообмена в трубах небольшой длины с обеспечением турбулизации потока вязкой жидкости на входе. Турбулизация потока создается за счет тангенциального подвода потока с использованием сложного профиля входного сечения. Характеристики профиля определены на основании гидравлических расчетов и подтверждены экспериментальными исследованиями процесса теплоотдачи при движении вязкой жидкости в трубе длиной 1 м. При нагреве мазута от 60 °С до 160 °С (расход 100 т/ч и параметры пара  $P = 1,3$  МПа,  $t = 250$  °С) установлены геометрические характеристики теплообменника, обеспечивающие наилучшие теплотехнические показатели. Наиболее эффективный поверхностный теплообменник имеет 25 секций, в каждой секции 200 труб ( $d_{\text{нар}}/d_{\text{вн}} 14/12$  мм), габариты кожуха  $h = 2,6$  м,  $l=2,29$  м,  $b=1,16$  м.

### Литература:

1. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., ДЕНИСОВА А.Є., ДЕМІДОВ І.М., КАПУСТЕНКО П.О., АРСЕНЬЄВА О.П., БІЛОУС О.В., ОЛЬХОВСЬКА О.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (Інноваційні приклади) / Підручник. К.: Центр навчальної літератури, 2016. – 468 с.
2. Бакластов А.М. и др. Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломасообменных установок.–М.: Энергоатомиздат, 1981. – 336 с.

## **ОБГРУНТУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ РЕЦЕПТУРИ КОСМЕТИЧНОГО КРЕМУ ДЛЯ НІГ ШИРОКОГО СПЕКТРУ ДІЇ**

**Жирнова С.В., Овсяннікова Т.О.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Крем – це найпоширеніший і стародавній вид косметичного засобу. В даний час під словом «крем» мають на увазі будь-яку мазеву суміш, призначену для догляду за шкірою обличчя, рук, ніг, голови, нігтями, і яка має приємний «косметичний» вид. В даний час на косметичному ринку найбільш поширеними є емульсійні косметичні креми, що обумовлено їх високою косметичною ефективністю та рентабельністю [1].

Метою роботи було розробка косметичного крему для ніг, одним з компонентів якого є суміш купажованих олій, збалансованих за вмістом поліненасичених жирних кислот. Даний косметичний засіб може використовуватися для догляду за шкірою стоп і гомілок. Цей косметичний крем може бути застосований не тільки в якості косметичного засобу, але і мати оздоровчу дію. Крем для ніг може комплексно впливати на шкіру завдяки складу компонентів природного походження, які сприяють швидкому загоєнню тріщин; композиції рослинних олій, що забезпечують інтенсивне живлення і зволоження пересушеної шкіри; ефірних масел, що перешкоджають появі грибкової інфекції; комплексу вітамінів, які усувають ламкість і розшарування нігтьових пластин.

При виборі жирової основи був вибраний купаж на основі оливкової та соняшникової олій, що має збалансований склад поліненасичених жирних кислот  $\omega$ -6 та  $\omega$ -3. При цьому співвідношення поліненасичених жирних кислот  $\omega$ -6 до  $\omega$ -3 в основі складає 4:1.

Додаткове внесення вітамінів А та Е надає подвійного ефекту: позитивно впливає на стан шкіри та уповільнює окисне псування крему.

Внесення до рецептури крему ефірних масел сосни звичайної, розмарину та лаванди дозволяє забезпечити профілактичну дію та надати приємний аромат [2].

Таким чином, розроблений косметичний крем для ніг, який збагачений поліненасиченими жирними кислотами і антиоксидантами і містить у своєму складі біологічно активні речовини, позитивно впливає на шкіру, має подовжений строк придатності та привабливу вартість для виробників і покупців.

### **Література:**

1. Марголина А.А. Новая косметология. / А.А. Марголина, Е.И. Эрмандес, О.Э. Зайкина. М.: ООО «Клавель», 2000 г. – 204 с.
2. Башура А.Г. Индивидуальная рецептура в косметологии и аромологии. Серия «Косметология и аромология». / А.Г. Башура, С.В. Андреева, Т.В. Мартынюк, И.И. Баранова. – Х.: Синтекс, 2008. – 272с.

## ОТРИМАННЯ ВОДНЮ ЗА ДОПОМОГОЮ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ В ЛУЖНИХ РОЗЧИНАХ

Забіяка Н.А., Байрачний В.Б.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглядається сучасна концепція алюмо-водневої енергетики шляхом синтезу водню за допомогою алюмо-кремнієвого сплаву АК-7 в лужних розчинах.

За розповсюдженістю в природних мінералах алюміній очолює третє місце (після кисню і кремнію), має розвинену інфраструктуру, тому на основі алюмінію можуть бути розроблені різні енергетичні процеси, в яких робочим тілом були б високореакційні сплави, що містять алюміній. Запаси алюмо-кремнієвого сплаву АК-7 великі, так як це типовий силумін, затребуваний в будівництві, авіабудуванні, машинному, автотракторному і тракторному виробництві [1].

В роботі були проведені дослідження реакцій отримання водню взаємодією алюмінію в лужно-хлоридному середовищі; проведені дослідження кінетичних залежностей хімічного розчинення алюмінієвого сплаву АК-7 в лужно-хлоридних розчинах; методами математичного моделювання визначено вплив концентрації компонентів та умов розчинення алюмінієвого сплаву та визначені емпіричні рівняння. Результати цих досліджень вказані в роботі [2].

Вивчення впливу концентрації NaOH і NaCl на питомі параметри розчинення (спад ваги і об'єм водню) в інтервалі температур (20-25°C) свідчить, що швидкість розчинення модифікованого зразка алюмінію в розчині NaOH 100 г/дм<sup>3</sup> з 5 г/дм<sup>3</sup> NaCl при температурі (20-25°C) збільшується в порівнянні з гладким і поверхня модифікованого зразка вирівнюється.

Отримання водню з алюмінію є новим витком розвитку водневих технологій, має низку технічних і екологічних переваг в порівнянні з раніше розробленими схемами та дозволяє отримувати вигідний побічний продукт.

### Література:

1. Козин Л.Ф. Современная энергетика и экология: проблемы и перспективы/ Л.Ф. Козин, С.В. Волков // К.: Наукова думка. – 2006. – 773 с.
2. Забияка Н.А. Моделирование параметров растворения алюминиевого сплава АК-7 в щелочных растворах для синтеза водорода/ В.Б. Байрачный, Н.А. Забияка, С.Г. Желавский, Л.Н. Бондаренко // Материалы Международной научно-технической конференции «Современные электрохимические технологии и оборудование – 2017» (28-30 ноября 2017 г.) / за ред. ректора, д-р техн. наук И. В. Войтова. – Минск: БГТУ, 2017. – С. 231 – 235.

## ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Зипунников Н.Н., Шевченко А.А., Воробьева И.А.

*Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины,  
г. Харьков*

Исходя из анализа конструктивных и технико-экономических показателей современного электролизного оборудования, можно сделать вывод, что его дальнейшее усовершенствование должно быть проведено, прежде всего, в направлении снижения энергопотребления процесса разложения воды, а также возможности генерации газов (водород и кислород) с более высоким давлением.

В электрохимических установках электроэнергия и химическая энергия исходных веществ превращается в химическую энергию продуктов реакции, обладающих соответствующей эксергией. Такая эксергия, генерируемая в единицу времени, характеризует эксергетическую мощность электролизной установки. Предложенная технология генерации газа, осуществленная в безмембранном электролизере, оснащенный электродами, не содержащими дорогостоящих металлов платиновой группы, обеспечивает повышение энергетической эффективности на 15-17 % и в то же время производит водород и кислород с давлением, ограниченным прочностью электролизной ячейки [1].

Основной целью эксергетического анализа является определение параметров критических процессов, влияющих на эффективность производства водорода и кислорода под высоким давлением с последующим их совершенствованием.

Результаты эксергетического анализа свидетельствуют, что для электролизеров высокого давления КПД составил 88,7 %. Общий эксергетический КПД стандартных электролизеров не превышает  $\eta_e = 62,1$  %. При этом КПД водородного и кислородного сепараторов в разработанной конструкции составляет соответственно  $\eta_1 = 98,7$  %. В данном случае преимуществом разработанного образца электролизера является отсутствие омических потерь на разделительной диафрагме и постоянная работа установки под высоким давлением ( $p = 15$  МПа), что исключает необходимость использования компримирующего оборудования для дополнительного сжатия выделяемых газов ( $H_2$ ,  $O_2$ ). Наибольшие потери эксергии связаны с внутренними процессами в блоке электролизных элементов и составляют 10-12 % от общего КПД установки. Они определяются поляризационными потерями на катоде и аноде, токами утечки, трением и внутренним тепло – и массообменом.

Оценивая экономические перспективы широкого внедрения предлагаемой технологии электролиза для промышленного производства водорода и аккумуляирования больших объемов энергии из возобновляемых источников можно утверждать, что предлагаемая безмембранная технология электролизера высокого давления не имеет аналогов в мире.

### Литература:

1. V.V. Solovey. Hydrogen technology of energy storage making use of wind power potential / V.V. Solovey, L. Kozak, A. Shevchenko, M. Zipunnikov, R. Campbell, F. Seamon / Проблемы машиностроения. – Харьков, 2017. Т.20 - № 1. – С. 62 – 68.



## РАЗРАБОТКА МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ И КОНДИЦИОНИРУЮЩИХ СИСТЕМ

Иванова Л.В.<sup>1</sup>, Денисова А.Е.<sup>1</sup>, Дорошенко А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Одесский национальный политехнический университет,

<sup>2</sup>Одесская национальная академия пищевых технологий,  
г. Одесса

Интерес к возможностям испарительных воздухоохладителей непрямого типа неуклонно возрастает, что обусловлено их малым энергопотреблением и экологической чистотой. В испарительном охладителе непрямого типа НИОг, [1–3] воздушный поток, поступающий на охлаждение (П) делится на две части. Вспомогательный поток (В) поступает в «мокрую» часть охладителя, где контактирует с водяной пленкой, стекающей по поверхностям канала (вода рециркулирует через аппарат) и обеспечивает испарительное охлаждение воды, которая охлаждает бесконтактно, через разделяющую стенку, основной воздушный поток (О).

Испарительные охладители НИОг могут быть обычного и регенеративного типов [1, 3], отличаясь местом разделения полного воздушного потока, поступающего в НИОг, на основной и вспомогательный. Во втором случае пределом охлаждения является температура точки росы наружного воздуха. Изучению возможностей охладителя НИОг/Р посвящено обстоятельное исследование [3].

Идеология создания многоступенчатого охладителя: используется схема создания охладителя на основе идентичных модулей НИОг; размеры каналов в моноблоке, в «сухой» и «мокрой» частях, идентичны (форма каналов и величина эквивалентного диаметра  $d_e = 10\text{--}20\text{мм}$ ); соотношение  $l = G_в/G_о$  для каждой ступени охлаждения составляет  $l = 1/4 - 1/2$  и может варьироваться по длине многоступенчатого охладителя. В соответствии с этим лежит и соотношение площадей сечений «мокрых» и «сухих» каналов в моноблоке, при условии равенства скоростей движения основного и вспомогательного воздушных потоков в каналах «сухой» и «мокрой» частей для каждого моноблока. Число ступеней охлаждения (моноблоков) в сборке охладителя определяется требуемым эффектом охлаждения и расчетным долевым расходом получаемого продукта.

### Литература:

1. А.Н Горин, А.В. Дорошенко. Солнечная энергетика. (Теория, разработка, практика), – Донецк: Норд-Пресс, 2008. 374 с.
2. Foster R.E., Dijkstra E. Evaporative Air-Conditioning Fundamentals: Environmental and Economic Benefits World Wide. International Conference of Applications for Natural Refrigerants' 96, September 3-6, Aarhus, Denmark, IIF/IIR, 1996. – P. 101–109.
3. Maisotsenko V., Lelland Gillan, M. 2003, The Maisotsenko Cycle for Air Desiccant Cooling 21<sup>st</sup> International Congress of Refrigeration IIR/IIF, Washington, D.C.

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ

Иванова Л.В.<sup>1</sup>, Денисова А.Е.<sup>1</sup> Дорошенко А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Одесский национальный политехнический университет,

<sup>2</sup>Одесская национальная академия пищевых технологий,  
г. Одесса

Анализ возможностей испарительных охладителей выполнен на основе полученных авторами экспериментальных данных [1–4]. При этом эффективность НИО по основному и вспомогательному потокам была принята равной  $E_O = E_B = (t^l - t^2)/(t^l - t_M) = 0,65$ . Все ступени НИОг (как в обычном, так и регенеративном варианте НИО), входящие в состав охладителей, были пленочного типа с насадкой регулярной структуры, образованной многослойными многоканальными структурами из полимерных материалов [1].

Для параметров наружного воздуха  $t^l = 40,6^\circ\text{C}$ ,  $x^l = 8,95$  г/кг, двухступенчатый охладитель в составе НИОг обеспечивает температуру охлажденного воздуха  $23^\circ\text{C}$ , то есть достижение параметров комфортности. Трехступенчатый охладитель обеспечивает снижение температуры продуктового воздушного потока ниже значения  $t^l_M = 21,5^\circ\text{C}$ , то есть для него пределом охлаждения является точка росы наружного воздуха ( $t_P = 11,5^\circ\text{C}$ ), что существенно расширяет возможности практического использования таких охладителей. Поскольку вспомогательный поток покидает аппарат достаточно холодным, он может использоваться для предварительного охлаждения полного воздушного потока, поступающего в охладитель.

Использование многоступенчатых испарительных охладителей в целях охлаждения сред и термовлажностной обработки воздуха позволяет снизить энергозатраты, в сравнении с традиционной парокompрессионной техникой охлаждения, в среднем, на 25–35% и существенно повысить экологическую чистоту новых решений [4].

### Литература:

1. Альтернативная энергетика. Солнечные системы тепло-хладоснабжения: монография / А.В. Дорошенко, М.А. Глауберман. – Одесса: ОНУ, 2012. – 446 с.
2. JOHN L., McNAB, PAUL McGREGOR., 2003, Dual Indirect Cycle Air-Conditioner Uses Heat Concentrated Dessicant and Energy Recovery in a polymer Plate Heat Exchanger. 21<sup>h</sup> International Congress of Refrigeration IIR/IIF, Washington, D.C, ICR0646.
3. Maisotsenko V., Lelland Gillan, M. 2003, The Maisotsenko Cycle for Air Desiccant Cooling 21<sup>h</sup> International Congress of Refrigeration IIR/IIF, Washington, D.C.
4. P. Koltun, S. Doroshenko, M. Kontsov. Life Cycle Assessment of a Conventional and Alternantive Air-Conditioning Systems. 21<sup>h</sup> International Congress of Refrigeration IIR/IIF, Washington, D.C, ICR0140, 2003. – P. 45–57.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ БАРИЙСОДЕРЖАЩЕГО ЦЕМЕНТА И БЕТОНА НА ЕГО ОСНОВЕ**

**Иващенко М.Ю., Шабанова Г.Н.**

*Украинский государственный университет железнодорожного  
транспорта,*

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Для исследования защитных свойств разработанного барийсодержащего цемента и бетона на его основе был осуществлен выпуск опытно-промышленной партии полученного цемента, а также заполнителя для защитного бетона. Полученный заполнитель представляет собой синтезированный гексаферрит бария, который позволяет увеличить защитные свойства полученного бетона.

Для синтеза барийсодержащего цемента использовали сырьевые компоненты, включающие углекислый барий технический, глинозем и оксид железа, рассчитанные на получение в клинкере моноалюмината и гексаферрита бария. Сырьевая смесь подвергалась «мокрому» помолу (влажность 50 %) до удельной поверхности 350 – 400 м<sup>2</sup>/кг. Сушка сырьевой смеси осуществлялась в сушильном шкафу при температуре 100 – 110 °С. Обжиг осуществлялся при температуре 1250 °С с изотермической выдержкой 3 часа. Полученный клинкер измельчался до удельной поверхности 400 м<sup>2</sup>/кг.

В ходе испытаний образцов разработанного цемента и бетона на его основе были проведены измерение коэффициента прохождения по мощности и коэффициента отражения на частотах 80, 84, 88, 92, 96 и 100 кГц. Испытания проводились на двухпозиционной установке квазиоптического типа. На основе экспериментальных данных были рассчитаны коэффициент поглощения и коэффициент экранирования электромагнитной волны.

Применение разработанных барийсодержащих материалов явилось целью ослабления негативного влияния на окружающую среду и обслуживающий персонал электромагнитного излучения. Полученный цемент наносили в виде штукатурки на стену, а контроль параметров электромагнитного поля проводился в соседнем помещении с помощью дипольной антенны и анализатора спектра. Результаты измерения на расстоянии 1 м от стены для частотного диапазона 80 – 100 кГц показали, что начальные показатели напряженности поля составили 0,4 – 0,9 В/м, а после использования разработанного цемента и бетона снизились до 0,07 – 0,15 В/м.

Полученные материалы позволили снизить напряженность электромагнитного излучения в частотном диапазоне от 80 кГц до 100 кГц в среднем почти в 10 раз. В результате этого, достигнуто существенное снижение уровня электромагнитного поля в помещении, что позволяет рекомендовать данные строительные материалы для защиты биологических и технических объектов от воздействия электромагнитного излучения.

## АЛЬГІНАТ НАТРІЮ У ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ

Калина В.С., Тарабара М.В.,

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,  
м. Дніпро*

Альгінат натрію – це полісахарид природного походження, одержаний із коричневих водоростей роду *Laminaria* і *Macrocectis*. Альгінат відноситься до розчинних харчових волокон, у результаті його засвоєння зменшується рівень глюкози й холестеролу крові. Крім того, споживання альгінатів надає відчуття насиченості і у такий спосіб зменшує почуття голоду. Низькомолекулярні альгінати володіють пребіотичним ефектом, збільшуючи популяцію біфідобактерій і зменшують рівень патогенних мікроорганізмів. Споживання альгінатів покращує здоров'я людини шляхом зменшення швидкості розщеплення їжі в кишечнику, позитивного впливу на його мікрофлору, поліпшення бар'єрної функції слизової оболонки кишечника, сприяє виведенню радіонуклідів з організму, а також зниженню артеріального тиску [1].

Альгінати здатні формувати однорідні розчини з різними властивостями, створювати стійкі до нагрівання й охолодження гелі, що робить цю речовину ефективною у виробництві різної продукції. Унікальною властивістю альгінатів є їхня здатність утворювати термостабільні драглі, які утворюються за кімнатної температури внаслідок взаємодії з кальцієм у кислому середовищі. Крім драглеутворення іншими важливими властивостями альгінатів вважається здатність виконувати функції загущувача і стабілізатора [2].

Досвід використання альгінату натрію в Україні заключається в реалізації новітніх технологій одержання імітованої ікри осетрових та лососевих порід риб, а також реструктурованих харчових продуктів із дині, грибів і т.і. [3].

Створення гранульованих продуктів на основі натрію альгінату з використанням фруктово-овочевих соків дозволить суттєво розширити асортимент десертної продукції та збільшити її харчову цінність.

Експертний комітет з використання харчових добавок FAO (JECFA) рекомендує в пункті «допустима середньодобова доза споживання альгінатів натрію» вказувати «не приводиться», що є найбільш безпечним рівнем у токсикологічній класифікації [4].

### Література:

1. Stephen A.M. Food polysaccharides and their applications. 2th йdition. Edited by // A.M. Stephen, G.O. Philips, P.A. Williams, 2006. – CRC Press: Boca Raton. – 752 p.
2. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents. Edited by / A. Imeson // –2010. – Wiley – Blackwell: Oxford. – 368 p.
3. Пестина, А.А. Технология реструктурированного полуфабриката из дыни: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16 / Пестина Анна Александровна. – Х., 2009. – 177 с.
4. Venugopal V. Marine Polysaccharides: food applications / V.Venugopal // CRC Press: Boca Raton. – 2011. – 372 p.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПІВВІДНОШЕННЯ ТОВЩИНИ СТІНКИ ДО ДІАМЕТРУ НА ЯКІСТЬ СКЛОПЛАСТИКОВИХ ТРУБ**

**Карандашов О.Г., Авраменко В.Л., Підгорна Л.П.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Склопластикові труби використовуються як технологічні та магістральні систем водопостачання, транспортування хімічних агресивних середовищ, нафтопродуктів, для газопроводів, каналізаційних систем, та ін. Особливе місце займають склопластикові вироби, одержані методом косошарого поздовжньо-поперечного намотування (КППН).

КППН відноситься до методів безперервного виробництва, а його технологічні умови є більш жорсткими порівняно з періодичним методом виробництвом. Так процес структурування склопластиків методом КППН відбувається протягом 5–15 хвилин.

У роботі розроблені технологічні режими одержання склопластикових виробів методом КППН з різним співвідношенням товщини стінки до діаметру без розшарування та ступенем структурування епоксидного компаунду не менше ніж 92% мас. Було встановлено, що швидкий нагрів та охолодження полімерного компаунду забезпечує більшу тривалість процесу тверднення, що сприяє високому ступеню структурування полімерного компаунду. При збільшенні співвідношення товщини стінки до діаметру виробу збільшується вірогідність його розшарування за рахунок внутрішніх напружень, що виникають при швидкому нагріві та охолодженні. Тому для запобігання розшарування необхідно зменшити швидкість нагріву та охолодження, що призводить до зменшення часу тверднення і ступеню структурування епоксидного компаунду.

У ході роботи досліджено можливість використання інфрачервоної спектроскопії (ІЧС) та диференціальної сканувальної калориметрії (ДСК) для оцінки ступеню структурування епоксидного компаунду. За допомогою ІЧС ідентифіковані характеристичні смуги поглинання деформаційних коливань зв'язків епоксидного циклу при 830, 915, 3057  $\text{cm}^{-1}$ . Зменшення їх інтенсивності при збільшенні ступеню структурування дають можливість використовувати цей метод для оцінки ступеню структурування епоксидного компаунду, а отримання спектрограми епоксидного компаунду зі ступенем структурування 92% мас. дозволяє використовувати її як еталонний зразок.

Аналогічно можливо отримати еталонний зразок цього епоксидного компаунду при використанні ДСК, оцінюючи площу піку, який з'являється в інтервалі температур 125-129  $^{\circ}\text{C}$ .

Розроблені технологічні режими одержання епоксидних склопластикових виробів методом КППН зі співвідношенням товщини стінки до діаметру від 0,05 до 0,1 з кроком 0,01, використавши методи ІЧС та ДСК.

## МЕХАНІЗМ ПРОТИКОРОЗІЙНОЇ ДІЇ ФОСФАТМОДИФІКОВАНОГО МОНТМОРИЛОНІТУ

Каратєєв А.М., Гуріна Г.І., Кот А.Г., Пархоменко М.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

До перспективних пігментів протикорозійного призначення належать речовини без токсичних компонентів, таких як хром (VI), свинець, та є інгібіторами електрохімічної корозії [1]. З метою розширення асортименту наповнювачів для лакофарбових матеріалів на основі природних бентонітових глин розроблена лінійка матеріалів, що являють собою вибілений бентоніт, модифікований амінами та органобентоніт – інтеркаляційна сполука четвертинних амонійних солей з монтморилонітом. Застосування фосфат модифікованих бентонітів дозволило одержати наповнювачі з протикорозійними властивостями.

Фосфатмодифікований монтморилоніт одержано внаслідок активації неорганічної матриці ортофосфорною кислотою з наступною нейтралізацією та видаленням водорозчинних продуктів методами репульпації та декантації.

Досліджені процеси нейтралізації фосфат модифікованого монтморилоніту водними розчинами натрій гідроксиду, поліетиленполіаміну, натрій карбонату, аміаку до рН = 9. Повноту процесу нейтралізації контролювали досягненням незмінної точки еквівалентності для досліджених систем при титруванні 0,1М розчином НСІ. Шляхом додавання до синтезованих наповнювачів червоного та жовтого залізо оксидних пігментів одержали протикорозійні пігменти з укривістістю 65 та 80 г/м<sup>2</sup> відповідно.

Для встановлення механізму протикорозійної дії синтезованих пігментів виготовлені ґрунтівки на їх основі. Досліджені протикорозійні властивості покриттів в залежності від товщини покриттів та встановлено, що синтезовані нові протикорозійні пігменти на основі фосфат модифікованого монтморилоніту є інгібіторами електрохімічної корозії, тому що здійснюють захист металевих поверхонь не шляхом бар'єрного ефекту та ізолюючої дії лакофарбових покриттів, а протикорозійної дії.

### Література:

1. Брок Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – М: ООО «Пэйнт-Медиа». – 2004. – С.548.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АДСОРБЦІЙНИХ ПІГМЕНТНИХ ЛАКІВ НА ВЛАСТИВОСТІ ФОСФАТМОДИФІКОВАНОГО МОНТМОРИЛОНІТУ**

**Каратєєв А.М., Гуріна Г.І., Кот А.Г., Пархоменко М.О.,  
Толмачов Д.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Сучасний український ринок лакофарбових матеріалів – один з перспективних та швидкозростаючих, що задовольняє більш ніж 75% потреби в лакофарбових матеріалах за рахунок продукції вітчизняних підприємств. З метою створення нових протикорозійних пігментів на основі природної сировини бентонітових глин українських родовищ інтеркаляційним методом одержані продукти взаємодії фосфат модифікованого монтморилоніту та адсорбційних пігментних лаків.

На основі водних розчинів адсорбційних пігментних лаків, а саме тетраметіл-4,4'-діамінотрифенілметану, [9-(2карбоксіфеніл)-6-діетіламіно-3-ксантеніліден]-діетіламоній хлориду та неорганічної матриці шаруватої структури монтморилоніту були одержані інтеркаляційні сполуки зеленого та рожевого кольорів. Продукти інтеркаляції були досліджені методами рентгенофазового аналізу та інфрачервоної спектроскопії для встановлення факту інтеркаляції.

Визначені малярно-технічні властивості синтезованих нових з'єднань та встановлені значення маслосмкості першого роду: 44 г/100г та 66 г/100г та укривістості 280 г/м<sup>2</sup> та 680 г/м<sup>2</sup> відповідно, відсутність водорозчинних речовин, рН водної витяжки 7 та відповідно.

Аналіз одержаних результатів дозволив розробити рекомендації щодо застосування нових матеріалів як наповнювачів та протикорозійних пігментів у складі пігментованих матеріалів зеленого та червоного кольорів.

Виготовлені лакофарбові пігментовані матеріали із застосуванням ультразвукового диспергатора як за стандартними рецептурами ізоляційних та протикорозійних алкідних ґрунтівок, так і за рецептурами ґрунтівок із заміною наповнювача тальку для ГФ-021 та тальку і цинк тетраоксіхромату для ГФ-0119 на синтезовані нові пігменти.

Досліджені фізико-хімічні та механічні властивості алкідних ґрунтівок та покриттів на їх основі та встановлено відповідність досліджених властивостей вимогам нормативно-технічної документації.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СОІНТЕРКАЛЯЦІЇ ПРИ СИНТЕЗІ ПЕРСПЕКТИВНИХ ПРОТИКОРОЗІЙНИХ ПІГМЕНТІВ**

**Каратєєв А.М., Гуріна Г.І., Кот А.Г., Пархоменко М.О.,  
Толмачов Д.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Основна тенденція розвитку лакофарбової галузі України полягає у розширенні асортименту екологічно чистих матеріалів, що не містять у своєму складі летких органічних розчинників та шкідливих для людини та довкілля сполук, таких як свинець та хром (VI). З метою розширення асортименту наповнювачів для лакофарбових матеріалів на основі природних бентонітових глин розроблена серія матеріалів, що являють собою вибілений бентоніт, модифікований амінами різної природи та органобентоніт як продукт інтеркаляції четвертинних амонійних солей у міжшарові проміжки монтморилоніту.

Досліджені процеси інтеркаляції поверхнево активних речовин з водних та спиртових розчинів різної концентрації у міжплощинні проміжки неорганічної матриці шаруватої будови з метою встановлення мінімальної порогової концентрації інтеркалянта для забезпечення економічної доцільності одержання органобентонітів та достатньої для органомодифікації монтморилоніту для забезпечення гелеутворення в органорозчинних лакофарбових матеріалах.

Мінімальну порогову концентрацію поверхнево активних речовин встановлювали за зміною коефіцієнта відбиття від 78% для неінтеркальованого бентоніту та 97% у випадку утворення інтеркаляційної сполуки. Коефіцієнти відбиття вимірювали за стандартною методикою за допомогою фотоблискоміра ФБ-2.

Встановлено, що під час інтеркаляції концентрація розчинів алкілбензилдиметиламонійхлориду та диметил-н-октадециламоній хлориду практично не змінювалась. Дослідження інтеркаляційних сполук четвертинних амонійних солей та монтморилоніту, одержаних з водних та спиртових розчинів методом інфрачервоної спектроскопії показали їх повну ідентичність, що свідчить про відсутність процесів соінтеркаляції молекул розчинників. З метою одержання протикорозійних пігментів досліджені реакції соінтеркаляції четвертинних амонійних солей та органічних молекул адсорбційних лаків при концентраціях останніх 0,02 моль/л.



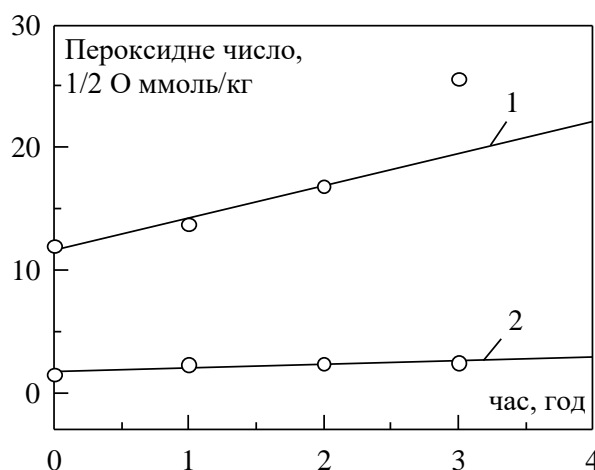
## ЕТОКСИЛЮВАННЯ ТА МЕТОКСИЛЮВАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Касьяненко Л.М., Сорочинський В.М., Демидов І.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В більшості країн Єврозони заборонено використання нафтових олив для двотактних двигунів через токсичність відпрацьованих газів. Тому пошук технологій одержання олив на основі рослинних олій розглядається як досить актуальний та перспективний напрямок досліджень.

Оскільки рослинні олії, що містять у своєму складі ненасичені жирні кислоти (НЖК) мають низьку стійкість до окиснення, тому зменшення кількості подвійних зв'язків шляхом введення додаткових функціональних груп методом метоксилювання (етоксилювання) є доцільним. Продукт реакції містить метокси (етокси) групи, що знаходяться на місці подвійного зв'язку у складі НЖК [1] тим самим зростає стійкість отриманих сполук до окиснення. Контроль перебігу реакції здійснено методом визначення йодного числа (ЙЧ) за методом Маргошеса, з отриманих даних ЙЧ можна зробити висновок про зменшення кількості подвійних зв'язків: ЙЧ соняшnikової олії – 137,6 гI<sub>2</sub>/100г, ЙЧ метилових ефірів – 131,3 гI<sub>2</sub>/100г, ЙЧ етилових – 99,2 гI<sub>2</sub>/100г. Під час одержання метилових та етилових ефірів їх пероксидне число (ПЧ) значно знизилось у порівнянні з вихідною олією. Це пояснюється тим, що реакція відбувалася у присутності кислоти, яка взаємодіє з пероксидами, тим самим зменшує їх кількість. Залежність ПЧ метилових ефірів від часу витримки при 90 °С (рис. 1) має пологий характер у порівнянні з соняшnikовою олією. Початкові ділянки кривих мають тангенс кутів нахилу для олії 2,96 та метилових ефірів 0,75 (а тангенс кута нахилу є пропорційними швидкості окиснення).



1 – соняшnikова олія; 2 – метилові ефіри

Рис. 1 – Залежність ПЧ від часу витримки

### Література:

1. Синтез элесанта / [Т.П. Черкасова, Е.В. Головачева, И.С. Аульченко та ін.]. // Масло-жировая промышленность. – 1983. – №7. – С. 29–32.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОЛІ КЛІТИННИХ РЕЦЕПТОРІВ В РЕГУЛЯЦІЇ ГЕННОЇ ЕКСПРЕСІЇ

Качанова А.Ю., Клімова О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Перспективним напрямом в біотехнології є розробка лікарських засобів для протидії зростанню злоякісних новоутворень в організмі людини. Один із факторів впливу - зміна рівня фактора росту ендотелію судин (VEGF), що призводить до значного зменшення експресії кластерів диференційовки (CD) таких як CD86, CD25, CD54, HLA-DR і CD11b на антигенпрезентуючих клітинах (АПК) і, як наслідок, утворення злоякісних пухлин [1].

VEGF – один з членів сімейства структурно близьких між собою білків, що експресуються в цитоплазмі ендотеліоцитів, лімфоцитів, фібробластах, макрофагах і дендритних клітинах. Медіатором сигналів від VEGF на судинний ендотелій є тирозинкіназні сигнальні рецептори (VEGFR)-1, -2 і -3).

Дія VEGF на судинний гомеостаз залежить від його локальної концентрації. Брак ендотеліального фактора росту VEGF призводить до ендотеліальної дисфункції, а дуже високий рівень стимулює патологічне зростання судин, що характерно для ранніх стадій ангіогенезу і розвитку пухлин [2]. Тому важливою є проблема отримання цільових продуктів, що активують експресію CD на антигенпрезентуючих клітинах, що є пусковим механізмом протипухлинної імунної відповіді.

Метою роботи була розробка основних етапів оптимального технологічного регламенту отримання генно-інженерної конструкції VEGF-ІБМед, що представляє собою експресійну векторну плазмиду, в яку клонувана вставка ДНК, що кодує фактор росту ендотелію судин (VEGF) в трьох його формах. На моделі міжклітинних взаємодій вивчена дія VEGF на експресію CD на антигенпрезентуючих клітинах *in vivo*. Застосування методу непрямой імуофлюоресценції для оцінки рівня експресії CD дозволило виявити активацію експресії CD на лейкоцитах на 25% під дією фактора росту ендотелію судин порівняно з контрольною групою *in vitro*. Таким чином, в роботі показано, що генно-інженерна конструкція VEGF-ІБМед на модельних тест-системах проявляє виражену біологічну активність як сильний активатор експресії CD на лейкоцитах.

### Література:

1. Гавриленко Т.И. Сосудистый эндотелиальный фактор роста в клинике внутренних заболеваний и его патогенетическое значение / Т.И. Гавриленко, Н.А. Рыжкова, А.Н. Пархоменко // Український кардіологічний журнал. – 2011. – № 4. - С. 87-94.
2. Качанова А.Ю. Роль клітинних рецепторів в регуляції експресії генів: дипл. робота / А.Ю. Качанова. – Харків, 2017. – 73 с.

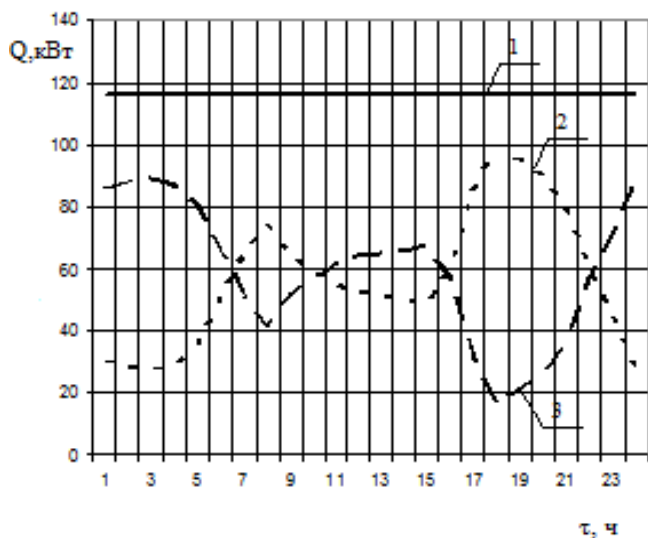
## СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕННЯ МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА НА БАЗЕ ТЕПЛООВОГО НАСОСА И АККУМУЛЯТОРА ТЕПЛОТЫ

Климчук А.А., Шевчук В.И., Позняк Е.Р., Игнатов А.И.,  
Дариенко Б.Е.

*Одесский национальный политехнический университет,  
г. Одесса*

В работе проведен анализ возможных вариантов перевода многоквартирного жилого дома на децентрализованное теплоснабжения с использованием электроэнергии. При этом учитывалась степень термомодернизации здания и использование местных нагревательных приборов. Были получены технико-экономические показатели представленных вариантов с учетом влияния их на внешние электрические сети.

По результатам исследования был определен наиболее эффективный вариант общего теплоснабжения здания на основе теплового насоса с применением аккумулятора теплоты на основе теплоты фазового перехода [1].



1 – общее потребление электроэнергии;  
2 – потребление электроэнергии на бытовые  
нужды; 3 – потребление электроэнергии на  
теплоснабжение

Рис. 1– Графики зависимости потребления  
электроэнергии зданием:

Для предложенного варианта теплоснабжения построен график энергопотребления здания с техническими условиями на подключения электроэнергии 110 кВт с учетом нагрузки теплоснабжения (рис.1).

Из графика следует, что применение теплового насоса с использованием аккумулятора теплоты с учетом комплексной термомодернизации здания позволяет перевести теплоснабжение дома на электроэнергию без существенной реконструкции внешних электрических сетей [2].

### Литература:

1. Левенберг В.Д., Ткач М.Р., Гольстрем В.А. Аккумуляирование тепла. – Киев: Техника, 1991. – 84 с.
2. Климчук А.А. Комбинированные системы теплоснабжения с использованием аккумуляторов тепла для частных домов//Вісник ОДАБА. 2015. – Вип. №58. – С. 235–242.

## **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОКИСНЕННЯ NO КИСНЕМ У ВИРОБНИЦТВІ НЕКОНЦЕНТРОВАНОЇ НІТРАТНОЇ КИСЛОТИ**

**Кобець А.О., Сотнікова О.О., Кобзєв О.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

На цей час виробництво неконцентрованої нітратної кислоти базується на каталітичному окисненні синтетичного аміаку киснем повітря з наступним окисненням одержаного оксиду азоту (II) до вищих оксидів азоту (NO<sub>2</sub>) та їх абсорбцією водою в абсорбційній колоні.

Окиснення оксиду азоту (II) потребує найбільшого часу і лімітує весь процес отримання неконцентрованої нітратної кислоти.

В свій час дослідниками проводилося багато наукових робіт з вивчення методів прискорення вказаного процесу до яких можна віднести підвищення тиску в системі, зниження температури процесу, створення підвищених концентрацій оксиду азоту (II) та кисню в нітрозному газі, але всі ці методи потребують значних додаткових витрат.

Дослідженнями, що були проведені на нашій кафедрі було показано, що процес окиснення оксиду азоту (II) киснем має гомогенно-гетерогенний характер, тобто на його швидкість буде позитивно впливати поверхня у вигляді масообмінних елементів внесена в реакційний об'єм.

Існуючі агрегати з виробництва неконцентрованої нітратної кислоти мають декілька проблем, які пов'язані з малою окисненістю нітрозного газу, тобто недостатнім вмістом оксиду азоту (IV) в газі на вході до абсорбційної колони і в самій абсорбційній колоні в міжтарілкових просторах з десятої до двадцятої тарілки.

Для вирішення першої проблеми пропонуємо розміщувати додатковий окиснювач на вході нітрозного газу до абсорбційної колони. Причому він може являти собою як самостійний апарат, заповнений масообмінною насадкою, так і частину трубопроводу нітрозного газу на ділянці від холодильників-конденсаторів до абсорбційної колони, в якому розміщується насадка в необхідній кількості.

Вирішити другу проблему можна шляхом розміщення у вказаних міжтарілкових просторах абсорбційної колони додаткових масообмінних елементів, але в цьому випадку кількість завантаження буде лімітуватися конструкцією абсорбційної колони, тобто висотою міжтарілкового простору на конкретній тарілці.

Вказані технологічні рішення дозволять покращити показники роботи агрегатів з виробництва неконцентрованої нітратної кислоти, а саме знизити витратний коефіцієнт за аміаком, підвищити концентрацію продукційної нітратної кислоти і зменшити вміст оксидів азоту у викидному газі абсорбції, що буде мати позитивний вплив на економічні та екологічні показники виробництва при порівняно невеликих капітальних і енергетичних витратах.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНЬЮГАЦИИ АНТИТЕЛ С R-ФИКОЭРИТРИНОМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МУЛЬТИПЛЕКСНОМ АНАЛИЗЕ

Кобзев Д.В.<sup>1,2</sup>, Татарец А.Л.<sup>2</sup>, Огурцов А.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт»,

<sup>2</sup>ГНУ «НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины»,

г. Харьков

Разнообразие клеточных популяций, находящихся в крови человека, наиболее эффективно анализируется с помощью мультиплексных технологий с использованием иммунологических методов. Они включают наборы конъюгатов антител с различными флуоресцентными маркерами для адресного распознавания отдельных молекул в клетках.

Благодаря своим спектральным свойствам (узкой полосе флуоресценции, значительному коэффициенту экстинкции ( $1.96 \times 10^6 \text{ л} \times \text{моль}^{-1} \times \text{см}^{-1}$ ) и высокому квантовому выходу ( $\sim 90\%$ )), пигмент красных водорослей, R-фикоэритрин (R-PE), остается одним из наиболее ярких флуоресцентных маркеров в медико-биологических исследованиях. Однако большой молекулярный вес R-PE и наличие большого количества amino и карбоксильных групп вызывает сложности в получении конъюгатов с одинаковым уровнем яркости и аффинности.

С целью определения оптимальных условий связывания R-PE с антителами нами был выбран модельный объект — иммуноглобулин G (IgG), который тиолировали 2-иминотиолоном (ИТ). В молекулы R-PE вводили малеимидные группы с помощью SMCC. Проводилось варьирование как концентраций белков, так и кросс-линкеров, их молярных соотношений и времени протекания соответствующих реакций. Определили, что тиолирование

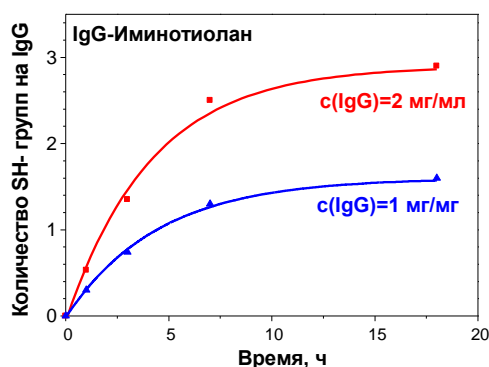


Рис. 1 – Изменение количества тиольных групп на IgG при тиолировании иминотиолоном в зависимости от времени реакции

IgG лучше проводить при концентрации 1 мг/мл и 5-ти кратном молярном избытке ИТ в течение 7 часов (рис. 1), что дает возможность модифицировать каждую молекулу IgG тиольными группами. Тогда дальнейшее взаимодействие с малеимидированным при помощи SMCC R-PE позволяет получать конъюгаты с молярным соотношением R-PE:IgG от 1:1 до 2:1 и избежать получения белковых агрегатов.

Результаты модельных экспериментов были использованы для получения конъюгата *anti-CD4-R-PE*.

Проверка активности, специфичности и яркости конъюгата *anti-CD4-R-PE* по сравнению со стандартным коммерческим образцом, проведенная методами флуоресцентной микроскопии и проточной цитофлуориметрии, показала, что полученный конъюгат не уступает по специфичности и сопоставим по яркости со стандартным коммерческим образцом.

## **ВИКОРИСТАННЯ ОРГАНІЧНИХ КИСЛОТ В ТЕХНОЛОГІЇ СОЛОДОРОЩЕННЯ**

**Ковальова О.С.**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,  
м. Дніпро*

В роботі розглянуті питання інтенсифікації процесу виробництва солодів з використанням різноманітних органічних кислот. Підібрані органічні кислоти, які у визначених кількостях є не токсичними для організму людини. Відзначено, що перспективними є напрямки вдосконалення традиційної технології солододорощення, орієнтовані на створення максимально сприятливих умов для пророщування зерна, скорочення тривалості процесу виробництва солоду шляхом оптимізації параметрів замочування, пророщування і сушіння зерна та зниження втрат сировини на кожному етапі виробництва. Для вдосконалення технології солоду широко використовують різноманітні способи активізації росту зернового матеріалу: фізичні, хімічні, фізико-хімічні і мікробіологічні. Найбільш широко використовують способи інтенсифікації, засновані на застосуванні спеціальних хімічних речовин – біостимуляторів росту зерна, серед яких найбільш поширеними є: гіберелінова, молочна, ферулова, індолілукусна кислоти, кумарин та інші [1, 2].

Технологія виробництва солоду з використанням органічних кислот дозволяє отримати пророщене зерно високої якості в більш короткі строки, збагачене необхідними для організму людини речовинами. Було встановлено, що водні розчини бурштинової, нікотинової, фолієвої, аскорбінової, лимонної, яблучної, виноградної кислот та їх сумішей мають властивості, які дозволяють прискорити адсорбцію вологи зерном і, як наслідок, скоротити процес солододорощення. Енергія та здатність до проростання зерна у середньому збільшується на 3-15%. Прискорення біохімічних процесів у пророщеному матеріалі призводить до збільшення вмісту борошнистих зерен, що є важливим технологічним результатом при подальшому виробництві різноманітної продукції з отриманого солоду і свідчить про більш повне розчинення складових зернового матеріалу. Крім того, слід зазначити, що фізико-хімічні та органолептичні показники солодів, отриманих з використанням представлених в роботі органічних кислот, відповідають чинному ДСТУ. Якість отриманого продукту підтверджує доцільність його рекомендації для подальшої переробки в пивоварному виробництві.

### **Література:**

1. Features of obtaining malt with use of aqueous solutions of organic acids / Pivovarov O., Kovaliova O., Khromenko T., Shuliakevych Z. // Food Science and Technology, Volume 11 Issue 4/ 2017. – P.29-35.
2. Пат.121626 Україна, МПК С 12 С 1/00, 1/02, 1/027, 1/047. Спосіб одержання солоду / Ковальова О.С., Хроменко Т.І. – № у 2017 06338; заявл.21.06.2017, опубл. 11.12.2017, Бюл.23.

## АКТИВНОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ВО ФЛЮСОВЫХ РАСПЛАВАХ

Кожухарь В.Я., Брем В.В., Дмитренко И.В., Иванченко Л.В.

*Одесский национальный политехнический университет,*

*г. Одесса*

Границы растворимости и механизмы растворения водородосодержащих газов во флюсовых расплавах остаются еще мало изученными. Ранее было выявлено, что водород растворяется во фторидно-оксидных расплавах, как в окислительных, так и в восстановительных условиях. В первом случае равновесной газовой фазой оказывается смесь  $H_2O+HF$  сменного состава, во втором –  $H_2$ . Эти процессы представляют большой интерес для анализа особенностей поведения водорода в переплавных процессах. В связи с этим в данной работе начата попытка дальнейшего исследования процессов растворения водородосодержащих газов в расплавах промышленных флюсов.

Возможность оценки растворимости водорода в расплавленных флюсах расчетным путем – это задача чрезвычайно интересная. Общее уравнение, которое выражает зависимость ионной частицы растворенного водорода от ионных частиц компонентов расплава при насыщении флюса парами воды, ранее было получено в наших исследованиях. Однако, использование этого уравнения требует подстановки значений парциального давления  $H_2O$  в равновесной газовой фазе над расплавами заданного состава. Неопределенность эта связана с тем, что до сих пор не существовало путей получения информации об активности химических соединений в расплавах фторидно-оксидных систем.

В связи с изложенным, нами была начата попытка использования уравнения Гиббса-Дюгема для проведения расчетов активности химического соединения  $CaO \cdot Al_2O_3$  в расплавах системы  $CaO - Al_2O_3 - CaF_2$ , как наиболее близкой по составу к ряду флюсов электрошлакового переплава (ЭШП). Расчеты эти основываются на данных по активности одного из компонентов. Известно, что возможность получения точных результатов, особенно относительно тройных систем, чрезвычайно ограниченная, однако, при исследованиях металлических систем они применяются довольно широко.

Выполнены расчеты активности бинарного химического соединения  $CaO \cdot Al_2O_3$  в расплавах трехкомпонентной системы  $CaO - CaF_2 - Al_2O_3$  (для  $1600\text{ }^\circ\text{C}$ ) путем графического интегрирования уравнения Гиббса-Дюгема, проводимого отдельно для двух частичных треугольников с составами:  $CaO - CaF_2 - CaO \cdot Al_2O_3$  и  $Al_2O_3 - CaF_2 - CaO \cdot Al_2O_3$ .

Выявлены температурные зависимости изменения состава равновесной газовой фазы ( $H_2O+HF$ ) над фторидно-оксидными расплавами близких по составу к промышленным флюсам ЭШП, на основании данных по активностям химического соединения  $CaO \cdot Al_2O_3$  и термодинамики процесса пирогидролита.

Установлено, что для температурного интервала от  $1400\text{ }^\circ\text{C}$  до  $1800\text{ }^\circ\text{C}$  возрастает парциальное давление  $HF$  по причине взаимодействия паров воды с расплавами флюсов, то есть возрастает скорость пирогидролита фторидов. Парциальное давление коррелируется с составом флюсов.

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ВОДОРОДА ДЛЯ ФЛЮСОВЫХ РАСПЛАВОВ

Кожухарь В.Я., Брем В.В., Дмитренко И.В., Иванченко Л.В.  
*Одесский национальный политехнический университет,  
г. Одесса*

Объемы производства сталей и сплавов огромные, постоянно расширяются ассортименты, повышаются требования к качеству и физико-механическим характеристикам. Одним из эффективных направлений получения высококачественных сталей и сплавов является электрошлаковый переплав (ЭШП) с применением фторидно-оксидных флюсов, которые имеют высокие обезвоживающие и влагостойкие свойства. Состав флюсов, процессы взаимодействия между газовой, шлаковой и металлической фазами, условия их контакта с расплавленным металлом, условия кристаллизации металлов и т.п. влияют на структуру, однородность, наводороженность и другие показатели качества. Экспериментальное исследование системы жидкий металл – жидкие флюсы является чрезвычайно сложным. Это обусловлено высокими температурами, возможностями кристаллизации, техникой безопасности и т.п. Указанные и другие обстоятельства объясняют недостаточную исследованность влияния разных факторов.

Изложенное дает основания утверждать, что исследования, направленные на поиски новых составов флюсов, поиски и разработки эффективных технологических приемов повышения качества и служебных характеристик переплавленного металла, являются важными, актуальными, имеют значительное народнохозяйственное значение.

Стадии изучения проницаемости водорода для флюсовых расплавов детально описаны [1]. Их можно представить такой последовательностью:

1. Отбор проб флюса и металла на протяжении переплава и хранение их до проведения анализа на содержание водорода.
2. Определение общего содержания водорода во фторидно-оксидных флюсах и в образцах переплавленного металла.
3. Определение наводороженности и проницаемости водорода переплавленного металла с применением новых составов флюсов.

Рассмотренная последовательность экспериментального изучения проницаемости водорода для флюсовых расплавов позволяет разрабатывать новые составы фторидно-оксидных флюсов с различным соотношением компонентов. Особенно важно уменьшение в составах опытных флюсов фторида кальция по двум причинам. Первая: дефицит и высокая стоимость при высокотоннажных производствах. Вторая: в процессе изготовления и переплава металлов происходит пиролиз при контакте с влажной атмосферой по схеме:  $(CaF_2)_{ТВ} + (H_2O)_{Ж} = (CaO)_{ТВ} + 2(HF)_{ГАЗ} \uparrow$ , что изменяет состав флюса и загрязняет окружающую среду.

### Литература:

1. Кожухарь В.Я. Розроблення теоретичних основ і технології одержання нових складів флюсів: [монографія] / В.Я. Кожухар, В.В. Брем, І.В. Дмитренко, Л.В. Иванченко. – Одеса: Екологія, 2017. – 268 с.



## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ В БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СИРІВ

Корнієвська А.В., Масалітіна Н.Ю.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У сучасних умовах виробничі процеси мають бути організовані таким чином, щоб забезпечити максимально високий рівень якості продуктів. Основною стадією виробництва сирів є процес коагуляції білків і отримання згустку необхідної консистенції, основною складовою якої є міцність структури. Тому дослідження комплексу реологічних властивостей (структурно-механічних) сирної маси є актуальними.

Вимірювання реологічних характеристик сирної маси проводилося за допомогою лабораторного ротаційного віскозиметра і пенетрометра AP4/1, робота якого заснована на методі занурення індентора в продукт під дією сили тяжіння за певний час.

Механізм сичужного згортання молока за літературними даними [1, 2] складається з двох фаз: ферментативної фази та коагуляції міцел казеїну. В ході дослідження для прискорення процесу гелеутворення додавали в молоко кальцій хлорид для запобігання занадто великих витрат сичужного ферменту та покращення якості згустку. Встановлено, що за умови додавання кальцій хлориду зменшується швидкість синерезису та кількість сироватки, що виділяється, та зростає вихід білкової маси до 20,4 г/л. Можливо, застосування  $\text{CaCl}_2$  приводить до укрупнення колоїдних структур молока, зростання розміру та маси міцел, що сприяє утворенню комплексів з сироватковими білками та скорочення терміну обробки сирної маси.

Результати проведених експериментів свідчать, що спосіб соління сиру призводить до значної зміни реологічних показників сирної маси. У кірковому шарі, найбільш високими показниками твердості (проникнення індентора 3,60 мм), щільності (стиснення зразка 0,78 мм) і пружності (величина релаксації 0,54 мм) характеризується зразок сиру, що пройшов часткове соління сиру в зерні з досолованням в розсолі; у внутрішньому шарі – зразок сиру, що пройшов повне соління сиру в розсолі (проникнення індентора 5,70 мм, стиснення зразка 1,02 мм, величина релаксації 0,7 мм).

Таким чином, проведені дослідження впливу ряду технологічних факторів на формування структури сирної маси дозволить вносити корективи в технологічний процес для отримання продукту із стабільно високими показниками консистенції.

### Література:

1. Gunasekaran S. Cheese rheology and texture / S. Gunasekaran, M. Mehamet. – Washington: CRC Press. – 2003. – 437 p.
2. Goh S.M. Mechanical properties and sensory texture assessment of cheeses / S.M. Goh, M.N. Charalambides, and J.G. Williams. // Journal of Texture Studies. – 2003. – V.34, № 2. – P. 181–201.

## **КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ КОНВЕРСІЇ МЕТАНУ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ**

**Красніков І.Л., Біла О.Р.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Виробництво аміаку методом прямого синтезу з водню та азоту відіграє найважливішу роль в сучасній хімічній промисловості. Енергоспоживання є одним з найважливіших параметрів, що визначають рентабельність виробництва аміаку, при цьому частка вартості енергоресурсів у собівартості аміаку досягає 50% - 80%. Вартість аміаку істотно залежить від методу отримання водню, а його найбільш розповсюдженим промисловим методом отримання є конверсія метану.

В існуючих в даний час великотоннажних агрегатах синтезу аміаку процес пароповітряної конверсії природного газу протікає у дві стадії. Першою стадією процесу є каталітична конверсія вуглеводневих газів водяною парою в трубчастій печі із зовнішнім обігрівом. Тут конвертується основна частина вуглеводнів до кінцевого вмісту метану близько 10%. Наступною стадією є пароповітряна конверсія на каталізаторі в шахтному реакторі до вмісту метану не більш ніж 0,3%. Обидва процеси жорстко пов'язані матеріально-тепловими співвідношеннями. Кількість повітря, що подається в шахтний конвертор, має бути таким, щоб отримувана в результаті азотоводнева суміш мала стехіометричний склад (3:1). Разом з тим процес в шахтному конверторі повинен забезпечити необхідну повноту конверсії метану і бути автотермічним, отже кількість конвертованого в ньому метану строго визначена. Парова конверсія метану є однією з найбільш недосконалих стадій процесу синтезу аміаку на долю якої приходиться до 50% загальних енергетичних витрат. Однак, наявність жорсткого зв'язку між залишковим вмістом метану в конвертованому газі у первинному і вторинному риформінгу не дозволяє оптимізувати процес.

Система автоматизації процесу конверсії метану повинна підтримувати певний температурний режим в трубчастій печі і реакторі, та відповідні цим температурам значення тиску і співвідношення пар:газ. Також необхідно враховувати зовнішні фактори, що впливають на роботу відділення.

Метою даної роботи є створення комп'ютерно-інтегрованої системи управління процесом конверсії метану агрегату синтезу аміаку продуктивністю 1360 т/добу, яка побудована на базі сучасних засобів мікропроцесорної техніки. Впровадження такої системи дозволяє: підвищити ефективність і оперативність управління за рахунок використання сучасних технічних засобів контролю та керування; спростити для персоналу процеси пуску, останову та ведення процесу конверсії; забезпечити стабільність та безперебійність роботи установки, запобігти аварійних ситуацій; збільшити технічний ресурс, а також знизити витрати природного газу та пари на обігрів трубчатого реактору і знизити викиди NOx і CO з димовими газами.

## **АДАПТИВНА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ КОНВЕРСІЇ КАРБОН(II) ОКСИДУ**

**Красніков І. Л., Пугановський А. О.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Конверсія карбон(II) оксиду є однією із складових технологічних ланок великотоннажних підприємств зв'язаного азоту. В сучасних агрегатах, що використовують в Україні, конверсію проводять за двоступінчастою схемою. Перша ступінь конверсії проводиться на середньо температурному каталізаторі при температурі близько 710-740 К. Друга ступінь конверсії проходить при температурі 500-550 К. Метою проведення процесу конверсії є отримання газу з максимальним вмістом водню і мінімальним вмістом домішок. Для досягнення високих економічних і технологічних показників проведення процесу запропоновано різні способи впливу на процеси конверсії, такі як зміна температури і тиску, витрати кисню і водяної пари та інші. Не зважаючи на це, автоматизоване управління процесом є складним завданням, так як обидві стадії зв'язані матеріальними та тепловими потоками як поміж собою так і з іншими відділеннями агрегату синтезу аміаку.

У останні роки для створення систем управління широко застосовують мікропроцесорні системи, що дозволяють враховувати складні технологічні взаємозв'язки. Це дає змогу створювати системи оптимального управління на основі комп'ютерно-інтегрованих систем.

Авторами запропоновано систему управління процесом конверсії другої стадії конверсії, що враховує вказані недоліки. Основою такої системи є математична модель конвертера. Вхідними даними для розрахунку параметрів настроювання регуляторів є склад газу на вході в конвертер і на його виході, тиск і температура. Вплив на процес конверсії відбувається за рахунок зміни температури, тиску і кількості водяної пари. Перевагою запропонованої системи є врахування активності каталізатора, яка не є сталою. Зменшення активності відбувається з багатьох причин і не може бути заданим сталою залежністю, але може бути розраховане на основі даних, що вимірюються.

Програмну реалізацію алгоритму найкраще здійснювати на основі сучасних кросплатформових, об'єктно-орієнтованих мов. Наприклад, на основі технології NET, мовами C#, Java та інших. Також можлива реалізація у середовищі MathLab. Це дозволяє легко адаптувати програму на більшість сучасних операційних систем і програмних продуктів.

Зв'язок між запропонованою програмою і програмним забезпеченням конкретного програмованого контролера найкраще реалізовувати за ОРС технологією. Таким чином, запропонована адаптивна комп'ютерно-інтегрована система управління на основі математичної моделі з використанням ОРС технології дозволить підвищити ефективність процесу конверсії і зменшити перевитрату енергоносіїв.

## **ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВОВАНОЇ КУКУРУДЗИ У ТЕХНОЛОГІЇ ЗЕРНОВИХ ГАЛЕТ**

**Крикун Л.Ю., Кривобок Я.К., Миколенко С.Ю.**

*«Дніпровський державний аграрно-економічний університет»,  
м. Дніпро*

Пріоритетною проблемою харчової промисловості є створення принципово нових технологій, глибокого комплексного перероблення сільськогосподарської сировини у продукти високої якості, які матимуть оздоровчий вплив на організм людини. Композиція інгредієнтів для виробництва зернових галет, шляхом заміни борошна пшеничного оббивного на зернову суміш з диспергованого відволоженого зерна кукурудзи в стандартній рецептурі галет, розширює асортимент функціональних борошняних кондитерських виробів.

У ході проведених досліджень експериментальні зразки галети виготовляли за стандартною рецептурою №209 за умови заміни оббивного борошна на спельтове борошно, при цьому дослідні зразки включали додатково дисперговану масу кукурудзи. Встановлено, що використання диспергової зернової маси кукурудзи у поєднанні зі спельтовим борошном сприяє збільшенню питомого об'єму, пористості, крихкості та намочуваності галет. Намочуваність становить 175,31%. У той же час, повна заміна оббивного пшеничного борошна на дисперговану зернову масу сприяє зниженню об'єму і зменшенню пористості виробів, крихкості та намочуваності галет, що очевидно пов'язано із відсутністю у тісті клейковини, що формує відповідну шарувато-пористу структуру продукту. Так, виявлене зниження намочуваності печива до 136,54 %.

Слід відзначити, що замочування зерна впродовж 24 годин вплинуло на ступінь зволоження зерна, що в свою чергу дозволило досягти зростання ступеня здрібнення анатомічних частин зерна кукурудзи в процесі диспергування і поліпшити протікання фізико-хімічних і біохімічних перетворень у напівфабрикатах під час приготування тіста і випікання тістових заготовок. Консистенція маси під час диспергування чинить значний вплив на готовий виріб, повторне пропускання диспергової зернової маси крізь здрібнювач дозволило отримати ще більш однорідну структуру, що вплинуло на об'єм та формостійкість готової продукції.

Зразок галет із диспергової кукурудзи мав кращі смакові якості, проте в розломі показав нижчу пористість, що пов'язано з відсутністю структуроутворювача. Галети із суміші біологічно активованої кукурудзи з цільозерновим спельтовим борошном показали в розломі кращі результати завдяки вищій пористості, проте смакові якості таких виробів поступаються галетам на основі 100% біологічно активованої кукурудзи.

Виготовлення галет з диспергової маси кукурудзи є перспективним, оскільки за показниками якості дані вироби не поступаються галетам з пшеничного борошна, а смакові якості навіть кращі, до того ж даний продукт буде дієтичним та корисним для споживачів.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ГАЗИФИКАЦИЕЙ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАНОЛА**

**Кутовой Д.С., Гринь Г.И.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Метанол является весьма востребованным продуктом для многих сфер промышленности. Особенно его необходимость чувствуется в газовой, где без него будет невозможно движение газа по трубопроводам вследствие образования кристаллогидратов, забивающих трубы.

Цель данной работы – показать, что экологически выгодно использовать в качестве метода получения синтез-газа для синтеза метанола газификацию твердого топлива, а не конверсию метана, которую сейчас используют повсеместно.

Одним из основных преимуществ газификации является то, что газифицировать можно возобновляемые ресурсы. Тогда как природный газ является невозобновляемым. Это позволит пользоваться продуктами газификации фактически бесконечно, так как сырьё для неё будет неистощимо.

В качестве сырья для газификации в производстве метанола можно использовать древесные отходы (щепу, остающуюся на лесопилках в больших количествах), отходы углеобогащения, угольную мелочь. В обычных условиях эти вещества, в большинстве случаев захороняют. При использовании их как сырья для газификации, происходит возврат их в производство и получение из них ценных веществ.

Были проведены исследования с различными видами сырья для получения синтез-газа (древесные отходы, отходы углеобогащения). Результаты исследований показали, что в генераторном газе, полученном после парокислородной газификации березовой щепы, находится 18,6 % объёмных водорода и 44,7 % объёмных оксида углерода (II). При использовании паровоздушного дутья генераторный газ из того же сырья состоит из 9,1 % объёмных  $H_2$  и 44,7 % объёмных  $CO$ .

При использовании отходов углеобогащения и паровоздушного дутья получим газ, в составе которого содержится 13,6 % объёмных водорода и 16,2 % объёмных оксида углерода (II). При парокислородной газификации отходов углеобогащения продуктом является газ, в состав которого входит 31,9 % объёмных  $H_2$  и 37 % объёмных  $CO$ .

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что отходы углеобогащения являются оптимальным вариантом для получения сырья для производства метанола, но и березовая щепа тоже годится для этих целей. Исходя из выше приведенных данных, газификацию твердого топлива можно и нужно использовать как источник получения сырья для производства метанола, что позволит получить существенный экономический и экологический эффект.

## РОЛЬ МІКРО РНК ТА ІНТЕРЛЕЙКИНУ-10 У КОРЕКЦІЇ АВТОІМУННИХ ПРОЦЕСІВ

Кутько П.І., Клімова О.М., Звягінцева О.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

При автоімунних процесах імунні клітини організму мобілізуються проти антигенів, клітин, тканин власного організму. Зараз вивчення патогенезу та етіології станів, їх діагностика та корекція є одними з провідних напрямків для спеціалістів в області медицини, імунології та біотехнології.

У ході виконання наукової роботи було з'ясовано та виділено деякі маркери, що можуть сприяти виникненню автоімунних процесів, а саме: генетичні зміни, бактеріальні та вірусні інфекції. Предметом дослідження було вивчення механізмів регуляторних процесів, які є індукторами експресії антитіл проти власних антигенів.

Корегувати розвиток даних процесів можуть цитокіни – інтерлейкин-10, котрий синтезуються клітинами класу CD25+. Також було досліджено вплив різних видів мікро-РНК на хід розвитку патології.

Було встановлено, що міастеничні сироваткові фактори здатні викликати зниження експресії клітин Т-лімфоцитів класів CD4+, CD25+. Внаслідок цих змін знижується рівень концентрації протизапального цитокіну ІЛ-10.

З'ясовано, що рівень експресії мікро-РНК miR-146a є підвищеним при AChR+ типу міастенії на клітинах В-лімфоцитів у порівнянні зі здоровим контролем. Також знайдена кореляція між рівнем циркуляції мікро РНК сімейства let-7 та типом міастенії. При MuSK+ міастенії експресія мікро РНК цього сімейства вище у порівнянні з AChR+ міастенією, що говорить про різні етіологічні шляхи розвитку цих станів.

Вірогідно, у випадках оптимальної експресії мікро РНК, вони виступають у ролі позитивних агентів активації супресії розвитку автоімунних процесів. При гіперекспресії мікро РНК негативно впливають на стан організму, викликаючи підвищену активність проонкогенів, NF-κB фактору та TLR4.

ІЛ-10, у свою чергу, пригнічує синтез цитокінів Т-клітинами, знижує активність макрофагів, зменшує продукцію запальних цитокінів. Його дія протилежна дії основних цитокінів. Він знижує утворення інтерферонів, фактора некрозу пухлини та ІЛ-6, ІЛ-1. ІЛ-10 інгібує продукцію ІFN-у Т-лімфоцитами і NK, продукцію всіх прозапальних цитокінів макрофагами, експресію рецепторів TNF-а і ІЛ-12 на NK.

Стимулювання експресії клітин класів CD25+ та регулювання концентрації мікро РНК – це комплексний шлях корекції автоімунних процесів.

### Література:

1. Pauley K. MicroRNA in autoimmunity and autoimmune diseases / Kaleb M. Pauley // Journal of Autoimmunity. – 2009. – №32. – С. 189–194.
2. Fillatreau S. B cells regulate autoimmunity by provision of IL-10 / Simon Fillatreau // Nature Immunology. – 2002. – №3. – С. 944–950.

## USE OF PRESERVATIVES FROM VEGETABLE RAW MATERIALS BY PRODUCTION OF FAT-CONTAINING PRODUCTS

**Kusch Maria, Ananieva Valeriya**  
*National Technical University*  
*«Kharkiv Polytechnic Institute»,*  
*Kharkiv*

Healthy diet assumes consumption of various foodstuff which compounding includes natural ingredients Use of synthetic components needs to be minimized. However there can be a problem of the maximal preservation of finished goods both in the conditions of the industrial production, and on trade shelves of shops. Fat-containing products such as mayonnaise, salad dressing, snack pastes and so forth enjoy popularity among the Ukrainian consumers. Production of this products calls for use of preservatives, generally synthetic, for prevention of premature microbiological decay.

In the production technology of fat-containing products often use sorbic or benzoic acid and their salts. It is caused by the fact that the above-named preservatives have high rates on antifungal activity [1]. In the nature sorbic acid is present at mountain ash berries in the maximum quantity (up to 1,2 %), but in production usually use synthetic received preservatives [1, 2].

Use as a source of native sorbic acid of powders from berries of a mountain ash can become an alternative to synthetic preservatives, in particular sorbic acid and to its salts. Receiving natural preservatives from vegetable raw materials is more labor-intensive process in comparison with a chemical path of receiving. But application as ingredients in a compounding of fat-containing products of powder from berries of a mountain ash will allow not only to increase resistance to microbiological decay but also to bring in a product the particular quantity of biological active materials, in particular food fibers, mineral substances, vitamins and so forth [3].

The orientation on a health improvement foods is one of the main up-to-date trends not only in Ukraine, but also around the world. The great demand on emulsion products is followed by increase in requirements of consumers to quality of this production. Therefore use as ingredients of components from vegetable raw materials as alternatives to synthetic nutritional supplements will allow to increase nutrition value of finished goods. And presence of compounds with antifungal properties can prevent premature microbiological decay of finished goods.

### References:

1. Liuk, E., Yaher, R. (2000) Konservanty v pyshchevoi promyshlennosti. Sankt-Peterburh: HYORD.
2. Örner, M.W, Jha, HC. (1993) Antifungal activity of flavonoids and their mixtures against different fungi occurring on grain. Pestic. Sci., 38(4), 347–351.
3. Enaleva, L. V., Bochkov, A. A. (2009). Obosnovanye yspolzovaniya byolohychesky aktyvnykh rastytelnykh ekstraktov pry sozdanyy kombynyrovannykh pyshchevykh produktov s funktsyonalnymy svoistvamy. Yzvestiya VUZov. Pyshchevaia tekhnolohyia, 5–6, 56–58.

## **БАГАТОГРАННІСТЬ ХЛОРОГЕНОВОЇ КИСЛОТИ ЯК ЦІННОЇ ПРИРОДНОЇ СПОЛУКИ**

**Лабейко М.А., Федякіна З.П.**

*Український науково-дослідний інститут олій та жирів  
Національної академії аграрних наук України,  
м. Харків*

В роботі розглянуто питання щодо численних позитивних властивостей хлорогенової кислоти для рослин та організму людини. Зазначена сполука належить до фенольних сполук і представляє науковий та практичний інтерес.

Основними джерелами хлорогенової кислоти є зелені зерна кави та насіння соняшнику, що є дуже цікавим фактом, враховуючи ступінь розвитку олійно-жирової промисловості в Україні. В насінні соняшнику реєструється до 43-73% хлорогенової кислоти від загальної кількості фенольних сполук. Після видобування олії майже вся хлорогенова кислота переходить у шрот – вторинний продукт олійно-жирового виробництва, з якого вже досить давно отримують цінний соняшниковий білок. Під час видобування білку, що пов'язаний з хлорогеновою кислотою за допомогою ковалентних зв'язків, остання екстрагується разом з білком. Під час технологічної обробки соняшникового протеїну хлорогенова кислота окислюється, з утворенням продуктів темного кольору, що заважає використанню білка під час створення функціональних продуктів. Однак, сама по собі хлорогенова кислота є цінною природною сполукою, як для рослин, в яких вона накопичується, так і для організму людини.

Хлорогенова кислота відіграє важливу роль у диханні рослин. Крім того вона є регулятором ростових процесів рослин, виконує захисні функції та відіграє важливу роль у забезпеченні імунітету рослин.

Стосовно дії на організм людини слід зазначити, що хлорогенова кислота володіє широким спектром біологічної активності. Доведено її дію в якості протизапальної, гепатопротекторної, антибактеріальної, противірусної, антимутагенної, гіпотензивної біологічно активної речовини і встановлені її пребіотичні властивості. Хлорогенова кислота та її похідні, надають більш сильний антиоксидантний ефект, ніж аскорбінова кислота, кавова кислота і токоферол (вітамін Е) [1].

Крім того, така негативна для білків властивість хлорогенової кислоти, як утворення продуктів темного кольору використовується у промисловості, наприклад під час виробництва напоїв темного кольору.

Всі ці позитивні властивості хлорогенової кислоти вказують на той факт, що отримання та використання даного природного антиоксиданту актуальні.

### **Література:**

1. Овчинникова С.Я. Определение хлорогеновой кислоты методом планарной хроматографии / С.Я. Овчинникова, Т.Д. Мезенова, Т.В. Орловская // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.



## **ВИГОТОВЛЕННЯ БІСКВІТНОГО НАПІВФАБРИКАТУ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

**Лакіза О.В., Маслікова К.П., Іщенко К.Ю.**

*«Дніпровський державний аграрно-економічний університет»,  
м. Дніпро*

Згідно з сучасними принципами раціонального харчування для збереження здоров'я і довголіття людина має підтримувати баланс енергії. Аналіз основних проблем здоров'я, пов'язаних із харчуванням, свідчить про те, що найбільш розповсюдженими є захворювання, обумовлені дисбалансом основних речовин, а саме ожиріння та цукровий діабет. Хлібобулочні вироби традиційно є одними з основних продуктів в раціоні людини. Однак висока їх енергетична цінність і вміст сахарози часто є обмежуючими факторами при вживанні їх в їжу. Саме тому вживання борошняних кондитерських виробів з пониженим вмістом цукру стає все більш актуальним [1].

Останнім часом у виробництві харчових продуктів використовуються, як правило, синтетичні цукрозамінники. Однак, багато синтетичних цукрозамінників можуть мати канцерогенну дію та низку інших негативних впливів на організм людини, тому їх вживання може призвести до серйозних розладів здоров'я.

Серед натуральних цукрозамінників все більше популярності набирає листя стевії. Вживання її в їжу сприяє виведенню продуктів обміну, шлаків, солей важких металів з організму, надає тонізуючу дію, позитивно впливає на діяльність печінки і підшлункової залози, перешкоджає утворенню виразок шлунково кишкового тракту, стимулює секрецію інсуліну та є засобом профілактики різних захворювань.

Бісквіти користуються широким попитом у дорослого населення та дітей. На основі бісквітних напівфабрикатів виробляють широкий асортимент тортів, тістечок, рулетів [2]. На жаль, наявність цукру в рецептурі бісквітів не дозволяє людям з вищезазначеними хворобами вживати в їжу. Використання витяжки з листя стевії дозволяє виробляти майже ідентичний традиційному бісквіт із зниженим вмістом цукру та меншою харчовою цінністю, зберігаючи при цьому високі органолептичні показники.

В ході досліджень було визначено оптимальний склад рецептури бісквітного напівфабрикату з додаванням водної витяжки з листя стевії та обґрунтовано технологічні параметри її використання з метою розширення асортименту оздоровчих борошняних кондитерських виробів.

### **Література:**

1. Капрельянц Л.В. Функціональні продукти: монографія / Л.В.Капрельянц, К.Г. Іоргачова. – Одеса: Друк, 2003. – 225 с.
2. Павлов А.В. Сборник рецептов мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания / Павлов А.В. – СПб: Гидрометеиздат, 1998. – 12 с.

## **РОЗРОБКА СКЛАДУ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ З ДОДАВАННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ**

**Лакіза О.В., Демченко В.Г., Іщенко М.В.**

*«Дніпровський державний аграрно-економічний університет»,  
м. Дніпро*

В раціональному харчуванні людини визначальним фактором є наявність всіх основних корисних речовин, які вона вживає в їжу. До таких, передусім, належать харчові волокна, вітаміни групи В, макро- та мікроелементи, незамінні амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти, природні антиоксиданти та багато інших речовин. Їжа являється джерелом енергії, яка необхідна організму людини як для процесу обміну речовин, так і для відновлення витраченої енергії [1].

Слід наголосити, що продукти харчування мають не тільки забезпечити організм поживними речовинами, але і сприяти профілактиці та лікуванню захворювань. На жаль, у сучасних умовах організм людини не отримує належної кількості багатьох необхідних корисних речовин.

Складовою щоденного харчування людини є хлібобулочні вироби. За хімічним складом хлібобулочні вироби недостатньо збалансовані за життєво необхідними інгредієнтами, тому надання їм властивостей оздоровчого продукту є важливою проблемою сьогодення.

Перспективним напрямом розширення асортименту хлібобулочних виробів з оздоровчими властивостями є включення до їх рецептури вторинних продуктів переробки традиційних та нетрадиційних олійних культур, зокрема шротів насіння льону та гарбуза. Продукти переробки насіння льону та гарбуза мають привабливий запах і приємний смак, багаті есенціальними поліненасиченими жирними кислотами, харчовими волокнами, макро- і мікроелементами, вітамінами і мінеральними речовинами. Високий вміст мікроелементів в їх складі – цинку, заліза, фосфору, кальцію, магнію – сприяє оптимальному протіканню обмінних реакцій, зміцненню імунітету та стимулюванню відновних процесів.

Як функціональні продукти профілактичного призначення досліджували властивості шротів насіння гарбуза та льону. За результатами фізико-хімічних досліджень було обрано оптимальний склад рецептури булочок з додаванням шротів та обґрунтовано доцільність їх використання з метою розширення асортименту хлібобулочних виробів з оздоровчими властивостями. Встановлено, що за амінокислотним складом білки насіння льону та гарбуза є більш повноцінними в порівнянні з білками пшеничного борошна і можуть доповнювати його, підвищуючи цінність хлібобулочних виробів.

### **Література:**

1. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. / Под общ. ред. Л.И. Пучковой. – СПб: Профессия, 2005. – 369 с.

## ДО ПИТАННЯ ПРО СТВОРЕННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ РАДІОПОГЛИНАЮЧИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лісачук Г.В., Кривобок Р.В., Захаров А.В., Пітак Я.М.,  
Майстат М.С., Карпутін Б.А., Чефранов Є.В., Карпович О.В.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У роботі розглянуто напрям створення високотемпературних радіопоглинаючих керамічних матеріалів за композиційним напрямом на основі діелектричної матриці – славсоніту та сегнетоелектричної домішки – титанату стронцію. Ці матеріали зможуть знайти своє впровадження при створенні багатошарових радіопоглинаючих матеріалів та нових функціональних матеріалів для надвисокочастотної техніки.

У результаті проведеної роботи нами був досліджений вплив концентрації сегнетоелектричної домішки (титанат стронцію) у кількості від 10 до 90 мас. % на діелектричні та фізичні властивості композиційної кераміки.

Технологія виготовлення дослідних зразків була двустадійна. Перша стадія полягала у синтезі окремо титанату стронцію та славсоніту. Титанат стронцію є штучним матеріалом і його синтезували у стехіометричному співвідношенні  $\text{SrO}:\text{TiO}_2 = 1$  з  $\text{TiO}_2$  і  $\text{SrCO}_3$  шляхом випалу при температурі 1350 °C у слабоокислювальному середовищі з витримкою при максимальній температурі 1 година. Перед синтезом тонкоподрібнені матеріали змішували та пресували у брикети. Синтез славсоніту проводили згідно складів та технології наведеної у літературі [1]. Далі матеріали, синтезовані на основі кристалічних фаз (славсоніт та титанат стронцію) подрібнювали та змішували у планетарному млині РМ 100 до залишку на ситі № 0063 не більше 1,5 %. Формування зразків для досліджень проводилось напівсухим способом на лабораторному пресі під тиском 20 МПа. Після сушки до залишкової вологості 1 % проводили випал дослідних зразків при двох температурах 1350 °C та 1400 °C з витримкою 1 година у слабоокислювальному середовищі.

Виконаний в роботі аналіз результатів вимірювання фізичних та діелектричних властивостей дозволив встановити оптимальне співвідношення компонентів в композиційній кераміці. Виявлено, що мінімальним значенням водопоглинання ( $W$  менше 1 %) та одночасно з відносно максимальним значенням діелектричної проникності ( $\epsilon$  більше 50) має кераміка з вмістом кристалічної фази титанату стронцію  $\text{SrTiO}_3$  більше 80 мас. %. Ці склади характеризуються наступними властивостями склад 8 та 9 з співвідношенням компонентів – славсоніт та титанат стронцію 20 : 80, 10 : 90 мас. % відповідно:  $W$  водопоглинання – 0,79 – 0,46 %,  $\rho$  уявна густина – 4080 – 4130 кг/м<sup>3</sup> та  $\epsilon$  діелектрична проникність – 50 – 60.

Узагальнення отриманих даних дозволяє зробити висновок, що розроблений склад композиційного керамічного матеріалу на основі славсоніту та титанату стронцію є перспективним для створення градієнтного радіопоглинаючого матеріалу.

### Література:

1. Grygoruk V.I., Oliynyk V.V., Launets V.L., Zakharov A.V., Karputin B.A. Electrodynamic characteristics of ceramics based on  $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  system in microwave range //Journal of Nano- and Electronic Physics– 2017. – Vol.9 №5– P. 05014-1–05014-5.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН В ЕКСТРАКТАХ КОРЕНІВ СОЛОДКИ ГОЛОЇ ПІСЛЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ

Литюга А.О., Варанкіна О.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Антиоксидантні властивості екстрактів коренів та кореневищ солодки та їх здатність посилювати регенерацію клітин зробили лакрицю невід'ємним компонентом косметики для боротьби зі старінням шкіри. Засоби з солодкою м'яко очищують шкіру, не подразнюючи епідерміс, допомагають налагодити роботу сальних залоз, нормалізувати вироблення меланіну в шкірі, перешкоджають виникненню темних плям і освітлюють існуючу пігментацію.

Основними біологічно активними речовинами солодкового кореня є гліцирризинова кислота та флавоноїди. Гліцирризинова кислота є стероїдним сапоніном, має антимікробну та противірусну активність, ефективна проти бактерій, що викликають акне, запобігає сонячним опікам. Флавоноїдні сполуки, які підсилюють дію гліцирризинової кислоти, мають антиоксидантні властивості, покращують потік крові та зміцнюють капіляри.

Основним завданням дослідження було вивчення якісного складу екстрактів коренів солодки голої після їх біотехнологічної переробки. Екстракти отримували шляхом подвійного екстрагування водою при раніше визначених умовах (температура – 80 °С, час екстрагування – 60 хв.), що дозволяють отримати максимальний вміст гліцирризинової кислоти [1]. З подальшою ферментацією при 25 °С з використанням *Saccharomyces cerevisiae*.

Для визначення наявності гліцирризинової кислоти та флавоноїдів в екстрактах до та після ферментації було проведено ряд якісних реакцій. Сапоніни здатні утворювати нерозчинні у воді солі з  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2(\text{SO})_4$   $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ . Флавоноїди взаємодіють з іонами  $\text{Fe}^{3+}$  з утворенням комплексів синьо-чорного та зелено-чорного кольорів, а з ацетатом свинцю утворюють жовті пластівці, що випадають в осад.

Якісні реакції на вміст сапонінів та флавоноїдів у екстрактах показали, що під час ферментації біологічно активні речовини зберігаються. Про це свідчать нерозчинні у воді солі, жовтий осад та комплекс зелено-чорного кольору. Наступним етапом дослідження буде визначення кількісного вмісту біологічно активних речовин коренів та кореневищ солодки у ферментованих екстрактах з перспективою включення їх до складу косметичних засобів.

### Література:

1. Варанкіна О.О. Підбір умов екстрагування біологічно активних речовин з коренів та кореневищ солодки / О.О. Варанкіна, А.В. Сисенко // Сборник материалов III Международной научно-практической конференции «Химия, Био- и Нанотехнологии, экология и экономика в пищевой и косметической промышленности» (15–16 октября 2015 года). – Харків : Видавництво ХНАДУ, 2015. – С. 233 – 235.

## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА В ПРОДУКТИ ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ

Лук'янова Є.Є., Клещев М.Ф., Огурцов О.М

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Проблема забезпечення харчуванням дітей, особливо грудного віку, дуже загострилась разом з бурним розвитком цивілізації, з ростом кількості жінок, що залучились у виробниче і громадське життя, із зміною стилю життя та іншими факторами [1]. Для організації промислового виробництва молочних продуктів для дитячого харчування потрібно науково обґрунтувати технологічні процеси, використовувати лише високоякісну сировину і компоненти, необхідно суворо дотримуватись санітарно-гігієнічних режимів виробництва, використовувати відповідні пакувальні матеріали та споживчі тари. Асортимент продуктів дитячого харчування на ринку досить великий – на ринку представлено приблизно 70 брендів вітчизняної та імпоротної продукції і вітчизняна продукція займає дві третини ринку товарів [2].

Кисломолочний дитячий сир використовують для годування дітей з 6 місяців. Найчастіше його можуть виробляти двома типовими способами: традиційний і роздільний. Але ці способи мають ряд недоліків. За методом утворення згустку розрізняють два способи виробництва: кислотний і кислотно-сичужний. Ґрунтуючись на огляді літератури найбільш перспективним був обраний більш сучасний спосіб отримання дитячого кисломолочного сиру – спосіб ультрафільтрації. Застосування даного методу дає можливість економії 15–20 % молока, зменшує витрату сичужного ферменту приблизно у 5 разів, готовий продукт виходить більш цінний за складом та насичений сироватковими білками. У традиційному та роздільному способі виробництва сироваткові білки відходять із згустку разом з сироваткою. На основі проведеного патентного пошуку було запропоновано введення пробіотичних мікроорганізмів (*Bifidobacterium bifidum*, *Lactobacillus acidophilus*) у утворений хлоркальцієвою коагуляцією згусток [3]. Це сприяє кращому розмноженню мікроорганізмів, підвищенню виходу готового продукту. Також нововведенням є фільтрація утвореного згустку через ультрафільтраційну установку, що забезпечує насичення продукту сироватковими білками та ніжну, кремову консистенцію продукту. Запропонований спосіб виробництва має цілий ряд переваг: більший вихід готового продукту; збагачення готового продукту пробіотичними мікроорганізмами; зменшена тривалість сквашування.

### Література:

1. Тихомирова Н.А. Технология продуктов детского питания / Н.А. Тихомирова. – М. : Дели плюс, 2012. – 232 с.
2. Машкін М.І. Технологія виробництва молока і молочних продуктів / М.І. Машкін, Н.М. Париш. – К.: Вища освіта, 2006. – 351 с.
3. Пат. 2285426 Российская Федерация, МПК A23C19/076 19/076. Способ производства творога для детского питания / Хамагаева И.С., Григорьева А.И., заявитель и патентообладатель «Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Восточно-Сибирский государственный технологический университет». – 2005107252/13; заявл. 15.03.2005; опубл. 20.10.2006, Бюл. № 29.

## АНТИАДГЕЗИВНА ДІЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* ІМВ В-7241, СИНТЕЗОВАНИХ НА ВІДПРАЦЬОВАНИЙ ОЛІЇ

Луцай Д.А, Пирог Т.П.

*Національний університет харчових технологій,  
м. Київ*

**Вступ.** Нині у світі існує проблема утилізації відпрацьованої олії, оскільки лише в Європі її щоденно утворюється 1,85—2,65 млн. л. [1]. В Україні викиди відпрацьованої олії в середовище не регламентуються, тому використання її як субстрату для синтезу мікробних поверхнево-активних речовин (ПАР) дасть змогу одночасно вирішити проблему утилізації відходу й одержати практично цінний продукт [1, 2].

**Матеріали та методи.** *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241 вирощували в рідкому мінеральному середовищі з рафінованою та відпрацьованою олією (2 %, об'ємна частка). Для досліджень використовували: супернатант культуральної рідини та розчин ПАР, виділених з супернатанту екстракцією сумішшю Фолча (хлороформ і метанол, 2:1). Як тест-культури використовували бактерії *Bacillus subtilis* БТ-2 та *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Escherichia coli* ІЕМ-1, *Candida albicans* Д-6. Ступінь руйнування біоплівки та адгезії тест-культур визначали спектрофотометричним методом [2].

**Результати.** На першому етапі було встановлено, що незалежно від якості олії (рафінована, відпрацьована) в середовищі культивування *A.calcoaceticus* ІМВ В-7241 всі синтезовані ПАР (29-233 мкг/мл) руйнували біоплівки тест-культур *E.coli* ІЕМ-1 та *S. aureus* БМС-1, причому руйнування було однаковою як за використання супернатанту, так і розчину ПАР: ступінь деструкції біоплівки тест-культур в середньому становив 45-55 %.

У подальших дослідженнях виявили, що незалежно від концентрації (1,25-50 мкг/мл) розчини ПАР, синтезованих на обох видах олії, знижували адгезію клітин *B.subtilis* БТ-2, *S. aureus* БМС-1 та *C. albicans* Д-6 на абіотичних поверхнях (полістирольний планшет, лінолеум, сталь, кахель) на 14-77 %, 9-81 % та 32-71 % відповідно.

**Висновки.** Отже, ПАР штаму ІМВ В-7241, синтезовані на відпрацьованій олії, є ефективними антимікробними та антиадгезивними агентами, здатними до деструкції біоплівки, які за біологічними властивостями не поступаються синтезованим на традиційних субстратах.

### Література:

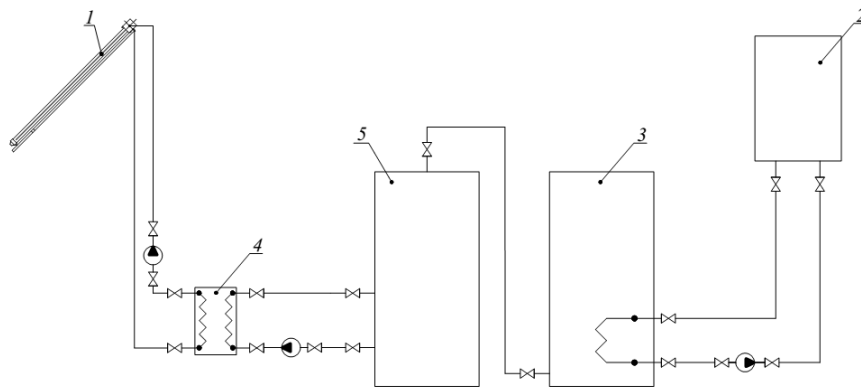
1. Patil P.D. Biodiesel production from waste cooking oil using sulfuric acid and microwave irradiation processes / P.D. Patil, V.G. Gude, H.K. Reddy // J. Environ. Protection – 2012. – V. 3. – P. 107-113.
2. Gomes M-Z.V. Evaluation of rhamnolipid and surfactin to reduce the adhesion and remove biofilms of individual and mixed cultures of food pathogenic bacteria / M-Z.V. Gomes, M. Nitschke // Food Control – 2012. – V. 25, N 2. – P. 441-447.

## ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ СИСТЕМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ ОТ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Мазуренко А.С., Климчук А.А., Медведь А.Н., Куценко Ю.А.

*Одесский национальный политехнический университет,  
г. Одесса*

В работе проведен анализ существующих схем приготовления горячей воды с использованием возобновляемых источников энергии (ВДЭ). На основании проведенного анализа составлена принципиальная схема двухступенчатого приготовления горячей воды (рис.1).



1 – солнечный коллектор, 2 – газовый котел, 3 – моновалентный водонагреватель-аккумулятор (2-я ступень нагрева), 4 – пластинчатый теплообменный аппарат, 5 – аккумулятор горячей воды (1-я ступень нагрева).

Рис. 1 – Комбинированная схема приготовления горячей воды с использованием двух ступеней приготовления горячей воды

Представленная схема позволяет расширить диапазон использования потенциала ВДЭ за счет возможности низкотемпературного подогрева воды в первой ступени. Для предложенной схемы проведены экспериментальные исследования которые показали увеличение использования потенциала ВДЭ до 20 % в отопительный период в зависимости от климатических условий.

Результаты данного исследования актуальны для комбинированных систем теплоснабжения с использованием теплового насоса и солнечных коллекторов.

### Литература:

1. А. Mazurenko, А. Denysova, G. Balasarian, А. Klymchuk, К. Borisenko. / Improving the efficiency of operation mode heat pump hot water system with two-stage akumulirovaniem heat // Eastern-european journal of enterprise technologies, 1/8, 2017, p.27–34.

## СПВОСАДЖЕННЯ МІДІ ТА ОЛОВА У ТРИЛОНАТНО-ТЕТРАФТОРБОРАТНОМУ ЕЛЕКТРОЛІТІ

Майзеліс А.А., Байрачний Б.І.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Для електроосадження антифрикційних сплавів мідь-олово, у промисловості найбільш часто застосовують станатноціанідні електроліти. Запропоновано і ряд неціаністичних електролітів. Однак поки що не існує електроліту, який би задовольнив вимогам, що пред'являються підприємствам до пропонованих розробок. При розробці нових електролітів необхідно враховувати складність електродних процесів при спільному відновленні і окисленні з'єднань двох металів змінної валентності, вирішувати такі проблеми як контактне витиснення міді оловом і матеріалом деталей, що покриваються, вибір матеріалу анода, хімічна нестабільність електроліту.

В роботі представлені результати дослідження електродних реакцій при виділенні міді і сплаву Cu-Sn в тетрафторборатному електроліті у присутності ліганду, аніону етілендіамінтетраоцтової кислоти, в недостатньої для повного зв'язування в міцні комплекси концентрації. З використанням обертового дискового електроду виявлено накладення на розряд міді дифузійних утруднень і пасиваційних явищ, а на розряд сплаву – кінетичних утруднень, пов'язаних зі хімічної стадією дисоціації трилонатних комплексів, що передує розряду. Результати дослідження динаміки редокс-процесів в трилонатно-тетрафторборатному електроліті бронзування показали, що окисно-відновний процес в об'ємі розчину, швидкість якого значна в першу годину після приготування електроліту, через добу досягає своєї рівноваги [1].

На підставі розрахунку параметрів кінетики контактного обміну в трилонатно-тетрафторборатному електроліті бронзування виявлене зменшення у 5–8 разів швидкості контактного обміну в порівнянні з електролітом міднення, а також можливість отримання компактного покриття «жовтою бронзою» на електронегативній основі.

Покриття «жовтою бронзою» товщиною до 20 мкм з борфтористоводневого електроліту можна з високою швидкістю і міцним зчепленням з основою наносити безпосередньо на вуглецеві і леговані сталі, а більшої товщини – на деталі з бронзи, для відновлення зношених деталей.

Показана можливість біфункціонального електролізу у електроліті для осадження міді та сплаву «жовтої бронзи».

### Література:

1. Mayzelis A.A. Dynamics of redox processes in the electrolyte for electrodeposition of Cu-Sn alloy / A.A. Mayzelis, G.V. Ovcharenko in: Promosing materials and processes in Applied Electrochemistry: monograph. Kyev.:KNUTD, 2017. – Chapter 2.4. – P. 98-103.



## **ОПТИМІЗАЦІЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ В БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТУ**

**Мартиненко П.Ю., Близнюк О.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Останнім часом в Україні все більшою популярністю користується йогурт. Поряд з поживними властивостями та корисністю для здоров'я важливу роль для споживача йогуртів грають також їх зовнішній вигляд та текстура. Тому з метою поліпшення (стабілізації) консистенції і збільшення термінів придатності йогуртів нагальною проблемою стала необхідність в підборі нових видів добавок [1]. Утворення молочно-білкового гелю є результатом життєдіяльності молочнокислих бактерій, що зброджують молочний цукор до молочної кислоти та інших похідних. В результаті підвищення концентрації іонів водню відбувається коагуляція казеїну з утворенням просторової структурованої системи, що обумовлює структурно-механічні властивості, що характеризують поведінку продукту в умовах деформацій, що виникають в подальшому ході технологічного процесу [2]. Проведені дослідження дозволили оцінити вплив різних харчових добавок на комплекс органолептичних, структурно-механічних і фізико-хімічних властивостей готової продукції. Виявилося, що крім структуроутворюючих функцій добавки полісахаридів дозволяють додатково збагатити продукти харчування вітамінами, макро- і мікроелементами, харчовими волокнами. Наприклад, гарбузовий порошок, що складається на 70,56% із складних вуглеводів (60,14% – харчові волокна, 15,16% – пектинові речовини. Наповнювач додавали в готовий згусток в кількості 2–10 % за концентрації цукрового сиропу 5–25 %. В'язкість йогуртів визначалась на віскозиметрі «Реотест-4». Показано, що збільшення концентрацій цукрового сиропу веде до зниження в'язкості і міцності готового продукту, в той час як збільшення концентрації гарбузового порошку веде до збільшення в'язкості і міцності йогурту. Встановлено, що гарбузовий порошок як джерело харчових волокон, пектинових речовин, вітамінів, макро- та мікроелементів дозволяє також значно поліпшити структуру йогурту. За оптимальної концентрації 1,5–3,5% гарбузовий порошок позитивно впливає на органолептичні і структурно-механічні властивості продукту. Зі збільшенням концентрації добавки спостерігалось виникнення занадто вираженого запаху і смаку гарбуза, а також надлишкової щільності консистенції.

Таким чином, запропоноване удосконалення технології забезпечує одержання конкурентоспроможного продукту. Дослідження може бути застосовано з метою розширення смакового ряду кисломолочної продукції і для цілей здорового харчування населення.

### **Література:**

1. Lee W.J. Formation and physical properties of yogurt / W.J. Lee, J.A. Lucey // Asian-Aust. J. Anim. Sci. – 2010. – V. 23, № 9. – P. 1127–1136.
2. Petridis D. Optimization of the rheological and sensory properties of stirred yogurt as affected by chemical composition and heat treatment of buffalo milk / D. Petridis<sup>1</sup>, G. Dimitreli, S. Chrysalidou, P. Akakiadou // Journal of Food Research. – 2013. – V. 2, № 6. – P. 55–71.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НОВИХ СОРБЕНТІВ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЙНОЇ ОЧИСТКИ ОЛІЙ**

**Матвєєва Т.В., Федякіна З.П., Філенко Л.М.**

*Український науково-дослідний інститут олій та жирів  
Національної академії аграрних наук України,  
м. Харків*

Олієжирова галузь є провідною галуззю харчової індустрії України і визначає продовольчу безпеку країни. Олії, які використовують безпосередньо в їжу або направляють на переробку, необхідно, з метою виведення шкідливих для організму речовин, поліпшення товарного вигляду, підвищення органолептичних показників, а також забезпечення стійкості до окислення, обов'язково піддавати повному циклу рафінації.

Адсорбційна рафінація (вибілювання) є важливою стадією очищення олій від пігментів, залишкової кількості фосфоліпідів, солей жирних кислот, які залишаються в оліях після попередніх стадій рафінації, іонів металів та інш. Ефективність адсорбційної рафінації залежить від хімічного складу і будови адсорбенту. Як адсорбенти найчастіше використовують спеціальні активовані вибільні землі, що володіють селективністю по відношенню до супутніх речовин олій. Але на оцінку ефективності адсорбенту впливають небажані реакції, що протікають в процесі вибілювання і істотно знижують якість одержаних олій, а саме окислення, полімеризації, ізомеризації.

У даний час, в олієжировій галузі найбільш широко використовують вибільні землі відомих торгівельних марок, основними виробниками яких є США, Малайзія, Китай, і які мають високу вартість на вітчизняному ринку. При цьому використання дорогих імпортованих вибільних земель не завжди забезпечує отримання олій бажаної якості. Альтернативою можуть стати нові, у тому числі і вітчизняні, землі, що менш знайомі виробникам, а тому і більш дешеві. У зв'язку з вищевикладеним, вдосконалення технології адсорбційної рафінації, з використанням нових вибільних земель, що дозволить підвищити якість та конкурентоспроможність готової продукції – олій, є актуальним.

В результаті роботи авторами досліджені два зразки фізично активованої вибільної землі тонкого однорідного помелу (виробництва Греції). Досліджувана вибільна глина є мінералом аттапульгітом. Як стандарт, використано кислотно-активованій сорбент F-160. Для роботи використано рафіновану невібілену соняшникову олію. Встановлено, що досліджувані зразки вибільних земель мають вибілюючий ефект на рівні глини F-160. Поряд з вибілюючим ефектом велике значення для практичного використання адсорбентів в промисловості є їх олієємність, яка характеризується кількістю олії, що утримується адсорбентом. У процесі досліджень визначено показник олієємності випробовуваних зразків, величина якого відповідає загальноприйнятій по олієжировій галузі. Таким чином, досліджувані глини доцільно використовувати на стадії адсорбційної очистки в кількості порядку 0,5% від ваги олії в залежності від її якості.

## ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ АНОДНОГО ПРОЦЕСУ В ЕЛЕКТРОХІМІЧНОМУ СИНТЕЗІ МЕТАНСУЛЬФОНОВОЇ КИСЛОТИ

Матрунчик О.Л., Тульський Г.Г., Білоус Т.А., Подушка Т.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Метансульфонова кислота (МСК) – це сильна органічна кислота, що застосовується в якості каталізатора реакцій нітрування, етерифікації, ацилювання, полімеризації олефінів; може бути використана для приготування електролітів. МСК одержують хімічним та електрохімічним методами. Хімічний метод добре вивчений та знайшов найбільш поширене використання в промисловості. Електрохімічний метод не доведений до практичної реалізації, хоча і дозволяє отримувати цілий спектр органічних сполук сірки. На даний момент МСК отримують з диметилсульфоксиду (ДМСО) та диметилсульфону (ДМС), які є відходами при знесірченні нафти.

Електродні процеси, при електрохімічному синтезі МСК досліджувалися методом вольтамперометрії з використанням потенціостата Р-45Х. Досліджувалась кінетика електродних процесів на платиновому аноді в водних розчинах ДМСО в діапазоні концентрацій  $0,5...4,0$  моль·дм<sup>-3</sup> із додаванням  $0,2$  моль·дм<sup>-3</sup> сульфатної кислоти. Сульфатна кислота додавалась для підвищення електропровідності електроліту, та як каталізатор утворення кисневовмісних груп радикального характеру. Які і приймають участь в окисленні органічних сполук сульфору. Показано, що підйом струму вольтамперних залежностей відбувався при потенціалах, що є більш позитивними за потенціал кисневої реакції. На залежностях спостерігається напівхвиля при потенціалах, що відповідає потенціалам утворення ДМС, з подальшим підйомом струму в область потенціалів електрохімічного синтезу пероксидів.

Електрохімічний синтез МСК проводили в бездіафрагменному електролізері зі струмовим навантаженням до 15 А при температурі 353–363 К. Робочі анодні густини струму знаходяться в діапазоні  $150...800$  А/м<sup>2</sup>. Співвідношення анодної густини струму до катодної 20:1.

Продемонстрована можливість електрохімічного синтезу ДМС та МСК з водних розчинів ДМСО. Встановлено, що при використанні гладкої платини, в якості робочого електроду: 1) при густині струму  $100...250$  А/м<sup>2</sup> єдиним продуктом анодного процесу був ДМС з виходом за струмом 37 %; 2) при густині струму  $600...800$  А/м<sup>2</sup> була отримана МСК з виходом за струмом 64 %. Показана можливість електрохімічного синтезу МСК в бездіафрагменному електролізері при співвідношенні анодної та катодної густини струму 20:1. Отримані кристали МСК було проаналізовано методом ІК спектроскопії. На ІК спектрах було виявлено характеристичні спекти поглинання, які відповідають O=S=O групі в області частот  $1030...1092$  см<sup>-1</sup> та OH<sup>-</sup> групі в області частот  $2942...3031$  см<sup>-1</sup>.

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ОПЦИИ В САХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Мельник С.И., Никульшин В.Р., Денисова А.Е, Коваленко А.А.,

Семков И.И.

*Одесский национальный политехнический университет,*

*г. Одесса*

Проведение термодинамического анализа типовой технологической схемы производства сахара позволило выделить три группы энергосберегающих опций:

– использующие вторичные энергоресурсы: использование горячего сока на клеровку желтого сахара; использование утфельного пара; обогрев вакуум-аппаратов утфельным паром; использование теплоты конденсатов для нагрева оттеков в продуктовом отделении; применение конденсата для нагрева диффузионного или дефекованного сока; применение конденсата для нагрева сока 1-й сатурации перед фильтрацией (отстойниками); использование конденсата для нагрева сока перед 2-й сатурацией и сока перед выпарной установкой; использование теплоты сатурационных газов; использование утфельного пара для нагрева диффузионного или дефекованного сока;

– изменяющие параметры энергоносителей: компрессия вторичного пара МВУ; снижение температуры отбора диффузионного сока; снижение температуры горячей дефекации, процесса 1-й и 2-й сатурации; использование теплоты неконденсирующихся газов; снижение возврата нефильтрованного сока 1-й сатурации; применение комбинированной пробелки сахара.

– основанные на конструктивно-компоновочных решениях: применение гидродинамического испарителя; перенос пароотбора на конечные корпуса МВУ; увеличение числа корпусов МВУ; улучшение циркуляции утфеля в вакуум-аппарате вдуванием пара, аммиачных газов; нагрев оттеков в продуктовом отделении в пластинчатых подогревателях; снижение поступления пара из последнего корпуса в конденсатор; отвод пропарки вакуум-аппаратов в клеровочные мешалки.

Реализация большинства из выявленных потенциалов энергосбережения (например, компрессия вторичного пара МВУ, увеличение числа корпусов МВУ и т.п.) потребует существенных капитальных вложений, поэтому окончательное решение следует проводить с учетом эксерго-экономических критериев [1].

### Литература:

1. Vuckovic G.D., Stojiljkovic M.M., Vukic M.C., Stefanovic G.M., Dedeic, E.M. Advanced exergy analysis and exergoeconomic performance evaluation of thermal processes in an existing industrial plant // *Energy Convers. Manag.* 2014. – Vol.85. – pp. 655–662.

## АНОДНА ПОВЕДІНКА СПЛАВА Co-Mo У КИСЛОМУ ТА НЕЙТРАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩАХ

Метеньканич М.М., Штефан В.В., Єпіфанова А.С., Мироненко В.Д.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В сучасній промисловості особливо підвищилась потреба на нові технології, які принципово відрізняються від вже існуючих [1, 2]. Щоб розширити можливості використання електрохімічних захисних покриттів, крім чистих металів застосовують сплави з двох або більше компонентів [3, 4].

В роботі проведено дослідження анодної поведінки кобальт-молібденових сплавів з різним вмістом Мо у кислому та нейтральному середовищах [5]. Потенціодинамічні дослідження здійснювали за допомогою потенціостата ІРС-рго у потенціодинамічному режимі. Швидкість розгортки потенціалу складала  $3 \cdot 10^{-3}$  В/с. Вимірювання проводили за трьохелектродною схемою: робочий електрод – зразок з Co-Mo сплавом; допоміжний електрод – платина; електрод порівняння – насичений хлоридсрібний електрод. Оцінку анодної поведінки сплаву проводили за допомогою метода поляризаційного опору. Розрахунок значення опору здійснювали в межах  $5 \cdot 10^{-2}$  В від стаціонарного потенціалу, який встановлювався протягом одного часу. В якості корозійного середовища використовували 0,1Н розчини  $H_2SO_4$ ,  $Na_2SO_4$  [6].

На підставі одержаних результатів можна зробити висновок, що в кислому та нейтральному середовищах розчинення металу проходить на всій області поляризації електрода. Введення молібдену підвищує корозійну стійкість сплаву. Найбільш ефективний вміст тугоплавкого компонента в покритті становить 10-25 мас.%.

### Література:

1. Shtefan V.V. et al. Regularities of the deposition of cobalt-tungsten alloys by pulsed currents //Materials Science. – 2007. – Т. 43. – №. 3. – С. 429-433.
2. Ved M., Sakhnenko N., Shtefan V. Simulation of the chromate free treatment for aluminum alloys using artificial neural networks //Advances in Materials Science. – 2007. – Т. 7. – №. 2 (12). – С. 284-289.
3. Пат. 112925 Україна, МПК C25D 3/56, C25D 3/52, C25D 3/12. Електроліт для нанесення покриття кобальт-молібден [Текст] / В.В. Штефан, А.С. Єпіфанова, А.В. Креч ;– № а 2015 03694 ; заяв. 20.04.2015 ; публ. 10.11.2016, Бюл. № 21. – 5 с.
4. Канунникова Н.А. и др. Электрохимическое осаждение сплава кобальт-молибден : дис. – НТУ" ХПИ", 2017.
5. Electrolytic Deposition of Highly Hard Coatings of a Cobalt–Molybdenum Alloy / V.V Shtefan, A.S Epifanova, A.A Koval'ova, B.I Bairachnyi // Materials Science. – 2017. – Т. 53, № 1. – С. 47-54.
6. Вольтамперометрия  $d^4 - d^{10}$  металлов / В.В. Штефан [и др.] // Современные электрохимические технологии и оборудование : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 24-25 ноября 2016 г. – Минск : БГТУ, 2016. – С. 275-278.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МАРГАНЕЦЬПЕРОКСИДАЗИ

Миколів С.І., Красінько В.О.

Національний університет харчових технологій,  
м. Київ

У розкладанні лігніну марганець-пероксидаза (MnP) є другим за значимістю після лігнінпероксидази ферментом, здатним виконувати важливу роль на початковому етапі деградації лігніну. Унікальною властивістю MnP вважається здатність безпосередньо окиснювати  $Mn^{2+}$  до  $Mn^{3+}$  на відміну від лігнінпероксидази, яка окиснює  $Mn^{2+}$  завдяки супероксидазному радикалу, який утворюється у процесі редокс-циклу.

MnP-залежна пероксидаза - гемвмісний фермент (КФ 1.11.1.3), який бере участь в деполаризації синтетичного лігніну. Він окиснює фенольні сполуки в присутності перекису водню. Проявляє активність в середовищі, що містить Mn, має молекулярну масу 46 кДа. Вперше виділена з культуральної рідини гриба *Phanerochaete chrysosporium*.

Іон  $Mn^{3+}$  виконує роль генератора вільних радикалів, які в комплексі наприклад, оксалатом, аніоном дикарбонових або  $\alpha$ -оксикарбонових кислот, здатні дифундувати в недоступну для гриба частину клітинної стінки рослинної субстрату і там здійснювати окислення нефенольних структур лігніну. Можливе також окислення іоном  $Mn^{3+}$  відповідних низькомолекулярних медіаторів.

У своєму складі Mn-пероксидаза містить Протоген IX, який легко відділяється від апофермента і вуглеводного компонента. Як і лігнінпероксидаза, MnP є глікозильованим мономерним глікопротеїном. Фермент окиснює фенольні сполуки, полімерні барвники, декарбоксилює ванілінову кислоту, гідроксильє ароматичні сполуки, окисляє орто-парадифенолу. Для дії Mn-пероксидази необхідна присутність перексиду водню та  $Mn^{2+}$ . Олігомери лігніну фермент може окиснювати в присутності йонів марганцю в якості редокс-медіаторів. Основна роль іонів  $Mn^{2+}$  полягає в запобіганні накопичення з'єднання MnP III, причому в залежності від умов їх захисний ефект може мати різний механізм.

Важливою властивістю MnP є здатність запускати численні ініційовані комплексами  $Mn^{3+}$  або вторинними медіаторами неферментативні процеси. Медіатором MnP може бути, наприклад, глутатіон, який утворює при одноелектронному окисненні іоном  $Mn^{3+}$  високоактивні радикали. При відсутності в середовищі перексиду водню Mn-пероксидаза здатна окислювати деякі відновлені сполуки, наприклад, NADH, продукуючи  $H_2O_2$ . При цьому NADH служить донором електронів.

Таким чином, ключова роль Mn-пероксидази, як зазначалося вище, пов'язана з окисненням  $Mn^{2+}$  до  $Mn^{3+}$ , який видаляє електрон у фенольного субстрату, утворюючи радикал, що піддається подальшим перетворенням, а також з генеруванням за рахунок окислення NADH і глутатіону перекису водню, яка використовується потім лігнінпероксидазою і самою Mn-пероксидазою.

## ПРОБЛЕМА ГАЗОВИХ ВИКИДІВ ВИРОБНИЦТВА КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ

Михайлова Є.О.

*Харківський національний економічний університет ім. Семена Кузнеця,  
м. Харків*

Виробництво кальцированої соди аміачним способом Сольве супроводжується утворенням великої кількості відходів, що викидаються у довкілля. Актуальним питанням сьогодення є забруднення атмосферного повітря, яке сприяє формуванню глобальних екологічних проблем, зокрема посиленню парникового ефекту. Через недосконалість технології та обладнання кожного року содові заводи викидають до атмосфери приблизно 178 млн. м<sup>3</sup> газоподібних забруднювачів та пилу. Основними джерелами викидів є:

– стадія випалу карбонатної сировини, на якій утворюється надлишковий пічний газ, що містить CO<sub>2</sub>, CO, NO та пил;

– стадія карбонізації амонізованого розсолу, газова фаза якої складається з CO<sub>2</sub>, CO, NH<sub>3</sub> та NO;

– теплоагрегати ТЕЦ, топкові гази яких містять CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, CO та пил.

Треба відмітити, що через низьку токсичність CO<sub>2</sub> викиди цього газу в атмосферне повітря дотепер не контролювалися. Але, з огляду на сучасну проблему зміни клімату, ставлення до питання докорінно змінилося. Це пояснюється тим, що CO<sub>2</sub> завдає значної шкоди довкіллю, оскільки відноситься до парникових газів прямої дії. Зазначимо, що CO, SO<sub>2</sub> і NO<sub>x</sub>, окрім високої токсичності, належать до парникових газів непрямої дії, викиди яких за Паризькою угодою, підписаною Україною у 2015 році, також рекомендовано обмежувати.

Зараз у виробництві кальцированої соди головною задачею, з точки зору економіки, є уловлювання CO<sub>2</sub> та NH<sub>3</sub> на стадії карбонізації, яка вирішується шляхом вдосконалення роботи основного обладнання або додаткового встановлення санітарних промивачів технологічних газів. Однак, з точки зору екологічної безпеки виробництва, необхідно максимально повно провести очищення газових викидів від усіх компонентів. Наукові розробки в цій області базуються на використанні двох груп методів: некаталітичних (абсорбційні, адсорбційні) та каталітичних. Головні недоліки першої групи методів полягають у необхідності встановлення громіздкого обладнання, періодичної регенерації сорбентів та утилізації шламів, що утворилися.

Перспективним способом видалення шкідливих речовин з газових викидів содових підприємств є метод низькотемпературного каталітичного очищення. Однак у виробництві застосування каталітичних методів має обмеження через складність попереднього видалення з газів частинок пилу та бризок рідинної фази, що в подальшому буде впливати на роботу каталізатора.

Отже, в теперішній час значний науковий і практичний інтерес представляє розроблення ефективних способів комплексного очищення газових викидів виробництва кальцированої соди, що матиме важливе економічне, екологічне та соціальне значення.

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ ПУНКТІВ**

**Моїсеєнко А.К., Шутинський О.Г.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Теплові пункти – найбільш складні і дорогі елементи теплових мереж. Від надійності і якості роботи теплових пунктів залежить постачання споживачів теплом і гарячою водою, відповідність режимів тепловиробництва та тепло споживання [1]. У системах централізованого теплопостачання (СЦТ) здійснюються наступні технологічні процеси: виробництво і відпуск теплоносія, транспортування і використання теплоносія. Транспортування теплоносія здійснюється по теплових мережах, що з'єднують джерело теплоти зі споживачами.

Водяні системи теплопостачання можуть бути закритими і відкритими. У закритих системах циркулююча в тепловій мережі вода використовується тільки як теплоносій, з мережі для споживання вона не відбирається; у відкритих системах теплоносій (вода) розподіляється до споживачів для потреб гарячого водопостачання. Для теплопостачання міст від джерел теплоти до даної групи споживачів, як правило, застосовуються двотрубні теплові мережі.

Призначення теплових мереж – надійне, безперебійне транспортування теплоносія при мінімальних втратах теплоти та води. Використання теплоносія здійснюється в теплоприймачах споживачів: у системах опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, кондиціонування повітря, у теплоспоживаючих промислових агрегатах. Сукупність технічних пристроїв, що забезпечують реалізацію зазначених способів і схем приєднання, і називається тепловим пунктом (ТП).

У теплових пунктах у загальному випадку здійснюється: перетворення параметрів теплоносія; розподіл витрати теплоносія по системах споживання теплоти; регулювання подачі теплоти системам опалення; регулювання параметрів води на гаряче і холодне водопостачання; заповнення, підживлення теплоспоживаючих систем; акумулювання гарячої води; водопідготовка для систем гарячого водопостачання; захист систем споживання теплоти від спорожнювання й аварійного підвищення параметрів теплоносія; контроль параметрів теплоносіїв (місцевий, дистанційний з диспетчерського пункту); облік витрати теплоти, теплоносія [2]. Тепловий пункт у залежності від його призначення може здійснювати всі перераховані функції чи тільки частку з них.

### **Література:**

1. В.Ф. Фаликов, В.П. Витальев Автоматизация тепловых пунктов: Справочное пособие. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Бобух А.А. Компьютерно – интегрированная система автоматизации технологических объектов управления централизованным теплоснабжением: монография / А.А. Бобух, Д.А. Ковалев; под ред. А.А. Бобуха. – Х.: ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2013. – 226 с.



## **ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ БІОКАТАЛІТИЧНОГО ПРОЦЕСУ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЖИРІВ З НУЛЬОВИМ ВМІСТОМ ТРАНС-ІЗОМЕРІВ ЖИРНИХ КИСЛОТ**

**Некрасов П.О., Гудзь О.М., Некрасов О.П., Кривоніс Н.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Природні органічні сполуки ненасиченого ряду, у тому числі ненасичені жирні кислоти рослинних олій і тваринних жирів, у переважній більшості мають цис-будову. У той же час ринок України заповнений харчовими продуктами на основі жирів, які виробляється методом часткової гідрогенізації і внаслідок чого мають у своєму складі високий вміст транс-ізомерів жирних кислот.

Як свідчать результати сучасних досліджень, споживання жирів, які містять велику кількість вказаних транс-ізомерів, призводить до низки порушень у жировому обміні в організмі. Зокрема, транс-ізомери не тільки не перетворюються в звичайні метаболіти цис-кислот, але й впливають на ефективність їхнього утворення. Наприклад, з одного боку, із транс-транс-лінолевої кислоти не формується арахідонова кислота – найважливіший компонент біологічних мембран і попередник дуже потрібних організмові регуляторних речовин – ейкозаноїдів. З другого – транс-ізомери зменшують швидкість утворення арахідонової кислоти з цис-цис-лінолевої. Крім того, вони блокують дію ліпопротеїдів високої щільності, ініціюючи відкладання холестеринових бляшок на стінках кровоносних судин людини, що провокує розвиток атеросклерозу та збільшує ступінь ризику виникнення серцево-судинних захворювань. У зв'язку з вищевикладеним, актуальним напрямом розвитку олійно-жирової галузі є впровадження технологій, які не призводять до транс-ізомерізації ацилів триацилгліцеринів, зокрема біокаталітичної переетерифікації.

Роботу присвячено дослідженню кінетики біокаталітичної переетерифікації жирів, спрямованої на отримання жирів, які не містять транс-ізомерів жирних кислот. У якості модельної жирової сировини з нульовим вмістом транс-ізомерів було обрано тристеарин – основний триацилгліцерин повністю гідрованих рослинних олій, та високоолеїнову соняшникову олію. Процес здійснювався під каталітичної дією іммобілізованого ліполітичного препарату Novozym 40086 (виробник – фірма «Novozymes», Данія). Кінетику реакції відстежували за зміною триацилгліцеринового складу, який визначали методом високотемпературної газорідинної хроматографії. Визначення кінетичних констант здійснювалось шляхом комп'ютерної обробки експериментальних даних.

Отримані результати слугуватимуть фундаментом для створення цілісної, науково-обґрунтованої картини біокаталітичної технології виробництва нового покоління жирів підвищеної харчової цінності.

## **ВИВЧЕННЯ МАРКЕРІВ АНТИОКСИДАНТНОГО СТРЕСУ НА ТЛІ КАРДІОПАТОЛОГІЙ РІЗНОГО ГЕНЕЗУ**

**Нідельська М.С., Краснопольський Ю.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Більшість живих організмів, що належать до складних екологічних систем, в своїй життєдіяльності не можуть обійтися без втрати кисню, за рахунок якого здатні виконувати різноманітні метаболічні функції, а також утворювати субстрати багаті енергією, здійснювати реакції асиміляції і дисиміляції, а також підтримувати гомеостаз. Окислювально-відновні процеси в організмі проходять за участю високореакційних активних форм кисню (АФК). Надмірна активація вільнорадикальних процесів тягне за собою цілий каскад негативних реакцій і патологічних процесів, що лежать в основі ряду захворювань. Серед найбільш вивчених на сьогоднішній день вільнорадикальних патологій є атеросклероз, ішемічна хвороба серця, артеріальна гіпертонія, у розвитку яких велике значення набуває неконтрольована генерація пероксидів. При захворюваннях різної патології актуальним є застосування гідрофобних антиоксидантів для нормалізації процесів перикисного окислення ліпідів (ПОЛ) та відновлення структури біологічних мембран клітин.

Природні антиоксиданти є гідрофобними речовинами і для їх введення в організм необхідно створити водорозчинну форму. Однією з таких форм є ліпосомальні препарати.

Задачі дослідження полягають у створенні ліпосомальної форми гідрофобних антиоксидантів та вивчення і порівняння їх антиоксидантної дії.

Метою є одержання лікарської форми гідрофобного антиоксиданту.

В результаті проведених досліджень було створено ліпосомальні форми природного біофлаваноїду та убідекаренону. Включення сполук у модельну штучну мембрану було не менше 85 %. Вивчення антиоксидантної дії проводили на тлі моделі кардіопатології крис.

Одержані результати свідчать про ефективність гідрофобних антиоксидантів у ліпосомах: показано зниження продуктів ПОЛ, дієнових кон'югатів, ферментів оксидативного стресу та інших маркерів окислення.

Таким чином, одержані результати свідчать про можливість використання ліпосомальних гідрофобних антиоксидантів для лікування процесів ПОЛ.

### **Література:**

1. Швець В.И., Краснопольский Ю.М. Сорокоумова Г.М. Липосомальные формы лекарственных препаратов: технологические особенности получения и применение в клинике / В.И. Швець, Ю.М. Краснопольский, Г.М. Сорокоумова // М.: Ремедиум, 2017. – 200 с.

## **ВИКОРИСТАННЯ АНТРАЦИКЛІНОВИХ АНТИБІОТИКІВ В ПРОТИПУХЛИННІЙ ТЕРАПІЇ**

**Ничипоренко І.В., Тетеріна С.М., Сарнацька В.В.**  
*Національний університет харчових технологій,  
м. Київ*

Протипухлинна хіміотерапія міцно увійшла в практику лікування більшості онкологічних захворювань. Вона використовується як самостійний метод, так і один з етапів комбінованого лікування. Результати онкологічних захворювань продовжують покращуватись завдяки більш ранньому виявленню та новітнім цільовим методам лікування, зокрема в сучасній епісоді лікування раку важливу роль відіграє антрациклінова хіміотерапія [1].

Антрациклінові антибіотики (даунорубіцин, ідарубіцин, доксорубіцин, епірубіцин) відносяться до числа найбільш ефективних протипухлинних засобів. Даунорубіцин і доксорубіцин виділяють з культур *Streptomyces peucetius caesius*, ідарубіцин отримують синтетичним шляхом [1].

Антрацикліни застосовують для лікування пухлин різної етіології. Наприклад, доксорубіцин та епірубіцин, застосовуються при раку молочної залози, злоякісних пухлинах у дітей, саркомах м'яких тканин та агресивних лімфомах. Даунорубіцин застосовується для лікування гострих лімфобластних або мієлобластних лейкемій, а його похідне – ідарубіцин застосовують при множинній мієломі, неходжкинських лімфомах та раку молочної залози [2].

Однак, антрациклінові антибіотики відрізняються високим рівнем токсичності. Вони здатні викликати гранулоцитопенію, анемію, тромбоцитопенію, провокують нудоту, блювоту, розвиток стоматитів, порушення функції печінки, нирок [3].

Ще одним суттєвим недоліком антрациклінів є їх кардіотоксичність, що призводить до розвитку дилатаційної кардіоміопатії, часто незворотної. Ця нетипова для протипухлинних препаратів побічна дія залежить від загальної дози препарату. Ефективне лікування основного захворювання супроводжується побічними діями та розвитком різних ускладнень з боку серцево-судинної системи, в тому числі дуже важких. Кардіотоксичність є одним із найсерйозніших побічних ефектів при лікуванні хворих онкологічного профілю [2, 3].

Отже, в сучасних умовах особливо актуальним постає питання пошуку ефективних засобів як природного, так і синтетичного походження для профілактики та подолання кардіотоксичності при лікуванні онкологічних захворювань антрацикліновими антибіотиками.

### **Література:**

1. Valcovici M., Andrica F., Serban C. et al. Cardiotoxicity of anthracycline therapy: current perspectives // Archives of Medical Science. – 2016. – Vol. 12. – P. 428 – 435.
2. McGowan J., Chung R., Maulik A. et al. Anthracycline chemotherapy and cardiotoxicity // Cardiovascular Drugs Therapy. – 2017. – Vol. 31. – P. 63 – 75.
3. Bhattacharya B., Mukherjee S. Cancer therapy using antibiotics // Journal of Cancer Therapy. – 2015. – N 6. – P. 849 – 858.

## МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

Оборський Г.О.<sup>1</sup>, Бухкало С.І.<sup>2</sup>, Денисова А.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

<sup>2</sup>*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Для визначення енергетичної ефективності використання первинних паливно-енергетичних ресурсів і впливу кожного виду опалення на стан довкілля Комісією по тепловим насосам Європейської Економічної Спільноти (ЄЕС) був виконаний аналіз систем опалення, які розповсюджені в Європі, (табл. 1: ЕЕПЕ – енергоефективність первинної енергії). Створення індивідуальних та промислових систем теплопостачання, які працюють від вторинних паливно-енергетичних, теплових та альтернативних ресурсів даної місцевості, є важливою задачею промислової енергетики нашої держави.

Таблиця 1 – Показники систем опалення за даними ЄЕС

Система опалення	ЕЕПЕ, %	Викиди CO <sub>2</sub> , кг/кВт
Електричне опалення	35	0,55
Котел на рідкому паливі і опалення гарячою водою	80	0,29
Котел на газовому паливі і опалення гарячою водою	80	0,21
Котел на газовому паливі (конденсаційний) і опалення гарячою водою	95	0,19
Системи електро-, тепло- та холодопостачання	100	0,1
Тепловий насос з електричним приводом	110	0,22 – 0,14
Абсорбційний тепловий насос	130	0,17
Тепловий насос з приводом від газового двигуна	150	0,12

Використання теплових насосів дозволяє найбільш раціонально забезпечувати зростаючі потреби в теплоті чи холоді на базі різних джерел теплоти та електроенергії. Україна відстає в цьому питанні від більшості розвинутих країн світу, що негативно впливає на її енергонезалежність, екологічний стан довкілля, а також на вартість продукції промислового виробництва. Розробка процесів з низьким енергоспоживанням – основна актуальна вимога, практично всіх галузей промисловості, основним напрямком для реалізації цього принципу є підвищення ефективності виробництва за рахунок комплексного використання внутрішніх ресурсів самої технологічної системи. Ефективність утилізації вторинних паливно-енергетичних ресурсів залежить від їхнього енергетичного потенціалу, кількості, можливості комплексного використання отриманої енергії й вибору встаткуванні.

### Література:

1. Боднар І.А., Денисова А.Е., Бухкало С.І. Использование грунтовых вод для систем теплоснабжения на базе теплонасосных установок. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2015. – № 44 (1153). – с. 3–10.
2. Оборський Г.О., Денисова А.С. Теплонасосна установка з використанням повітря катакомб. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжнародної н-практичної конференції MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017р.: Ч. III. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Х.: НТУ «ХПІ». – 41 с.

## **КОНТРОЛЬ рН РОЗЧИНІВ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВАНН**

**Овчаренко О.О., Ненастіна Т.О., Проскуріна В.О., Школьнікова Т.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Наявність надлишку іонів  $H^+$  та  $OH^-$  в електролітах гальванічних ванн істотно впливає на властивості покриттів, що осаджуються, і техніко-економічні показники процесу електролізу. Для контролю та регулювання кислотності використовують серійні рН-метри зі скляним електродом і аргентум-хлоридним електродом порівняння, або такий, в якому поєднані обидві функції. При цьому, щоб уникнути впливу електричного поля ванни на різницю потенціалів між вимірювальними електродами, останні виносять з об'єму ванни і розміщують у спеціальне відділення, через яке безперервно або періодично прокачують контрольований розчин.

Пристрої примусового прокачування електроліту через вимірювальну комірку (пневматичні, механічні) ускладнюють конструкцію системи контролю і регулювання кислотності і знижують її надійність. Тому методи вимірювання рН розчинів, що виключають дію зовнішнього електричного поля при розміщенні вимірювальних електродів безпосередньо в гальванічній ванні, становлять безсумнівний інтерес. Для цього можливо застосування спеціальної насадки, в якій розміщується електрод порівняння, завдяки цьому останній екранується від дії електричного поля електроліту, але зберігає гальванічний зв'язок з електролітом у безпосередній близькості від електрода порівняння. Насадка виготовляється зі скла або пластмаси, стійкої в розчині електроліту, що застосовується.

Верхній край насадки має знаходитися вище рівня електроліту, а довжина зонда повинна відповідати відстані між скляним електродом і електродом порівняння, щоб відкритий кінець зонда розташовувався якомога ближче до точки на поверхні кульки скляного електрода, через яку проходить його вертикальна вісь. При цьому необхідна наявність вільного проходу повітря між насадкою та електродом для безперешкодного заповнення насадки контрольованим електролітом через отвір в зонді після занурення електрода в електроліт і вільного видалення розчину електроліту з насадки при добуванні електродів з ванни, наприклад, для перевірки налаштування рН-метра за буферним розчином. Для утримання насадки на електроді на її внутрішню поверхню вздовж вісі наклеюються три вузькі гумові смужки, такої товщини, щоб електрод входив в насадку з невеликим зусиллям.

Застосування насадки, що захищає електроди від дії зовнішнього електричного поля, практично повністю усуває вплив поля на показання рН-метра. Це дозволяє при постійному контролі й регулюванні рН розчинів у гальванічних ваннах розміщувати вимірювальні електроди безпосередньо в ванну, виключаючи будь-які проміжні осередки і системи прокачування розчинів через них. Застосування насадок, що усувають вплив зовнішнього електричного поля на різницю потенціалів між електродами для вимірювання рН, ніяких технічних труднощів не створює.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОКИСНЕННЯ ПСЕВДОСПЛАВІВ  
ВОЛЬФРАМУ КАРБІДНОГО ТИПУ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ**  
**Османова М.П., Тульський Г.Г., Ляшок Л.В., Соболева А.Е., Жук А.М.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Однією з основних особливостей електрохімічної поведінки тугоплавких металів є їх анодна іонізація через неметалеву тверду фазу, тобто при накладанні анодного потенціалу вентиляльні метали не переходять безпосередньо в розчин у вигляді метал-іонів, а утворюють тверді поверхневі оксидні плівки згідно твердофазного поліповерхневого механізму [1].

Так як вміст вольфраму у досліджуваному сплаві ВК-6 найбільший (W-94 %), то саме він в значній мірі визначає процес електрохімічного окиснення усього зразку. Через те, що характер поведінки вольфраму та його оксидів дуже залежить від рН середовища, електрохімічні процеси в кислому і лужному середовищі розглянуті окремо. Для того, щоб обрати певне середовище, необхідно знати вимоги до кінцевого продукту. Так, у розчині з рН > 7 вольфрам переходить у розчин у вигляді  $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , а при рН < 7 – у вигляді нерозчинних сполук WC,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{WO}_4$  [2].

Метою роботи є переробка псевдосплаву сплаву ВК-6 з розчиненням металу – з'язки (Co-6%) та одержанням осаду вольфраму у вигляді WC.

Хімічне розчинення сплаву відбувалося в розчинах  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при різних концентраціях, а саме 10%, 30%, 50%. При аналізі поляризаційних залежностей вольфрамового електроду нами виявлено, що при збільшенні концентрації швидкість процесу зростає, однак кінцевим продуктом процесу є суміш таких сполук вольфраму, як WC,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{WO}_4$ . Аби уникнути окиснення вольфраму до його оксидів у розчин необхідно вводити відновник.

У якості такої добавки ми пропонуємо використовувати гексамін.

Електрохімічне розчинення сплаву проводили в розчинах 30%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  з додаванням гексаміну різної концентрації, а саме 1%, 2%, 3%. Аналіз поляризаційних залежностей виявив, що найефективніша концентрація добавки становить 2%.

Таким чином, при переробці вторинної вольфрамвмісної сировини доцільно застосовувати електрохімічні методи з використанням кислих електролітів. Встановлено, що для одержання осаду WC у якості кінцевого продукту доцільно використовувати електроліт складу: 30%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  з додаванням 2% гексаміну.

**Література:**

1. Байрачний Б.І. Рідкісні розсіяні і благородні елементи. Технологія виробництва та використання / Б.І. Байрачний, Л.В. Ляшок — Харків: НТУ «ХПІ», 2007. — 303 с.
2. Очистка и переработка отходов / Б.И. Байрачный, Л.В.Ляшок, И.А.Токарева, Е.В Семкина., А.Г.Тегина // Энерготехнологии и ресурсосбережение. - . 2012. - №1. - С. 43 – 46.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ОДЕРЖАННЯ ХАРЧОВИХ СИСТЕМ ОПТИМІЗОВАНОГО СКЛАДУ**

**Папченко В.Ю., Матвєєва Т.В.**

*Український науково-дослідний інститут олій та жирів  
Національної академії аграрних наук України,  
м. Харків*

В умовах сучасної ринкової економіки питання представлення на ринку вітчизняної конкурентоспроможної продукції оптимізованого складу, що поєднує в собі доступну ціну і високу якість, є перспективним. Продукти, які створені на основі зернових та насіння олійних культур можуть зайняти один з найважливіших сегментів ринку продуктів для харчування населення. Такі продукти повинні стати не тільки джерелом енергії і пластичного матеріалу, але і важливим постачальником біологічно цінних інгредієнтів: ряду незамінних аміно- і поліненасичених жирних кислот, антиоксидантів, мікроелементів.

Підвищення обсягу виробництва та споживання борошняних виробів за останні роки свідчить про те, що ця група виробів займає важливе місце в структурі харчування населення України. Рецептурний склад даних виробів піддається регулюванню, що дозволяє на їх основі створювати харчові продукти, які відповідають традиційним вимогам до споживчих властивостей і сучасним вимогам науки про харчування.

Збагачення борошняних виробів біологічно активними речовинами є інноваційним напрямом у вирішенні проблеми створення виробів підвищеної біологічної цінності, оскільки при термічній обробці готові вироби втрачають частину біологічно активних речовин. Ефективним засобом підвищення харчової і, зокрема, біологічної цінності борошняних виробів є оптимізація нутрієнтного складу за рахунок використання нових видів добавок, які мають достатню кількість необхідних речовин. Роботи з дослідження нових видів джерел екологічно чистої сировини, що мають високі технологічні характеристики та профілактичні властивості, проводяться в різних напрямках. Один з них передбачає використання природних, рослинних джерел сировини, що містять разом із незамінними харчовими речовинами інші цінні біологічно активні речовини. До таких джерел сировини можна віднести насіння олійних культур та вторинні продукти його переробки.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що актуальним є вивчення можливості використання зернових та насіння олійних культур (так і вторинних продуктів його переробки) для створення харчових систем підвищеної харчової та біологічної цінності з метою їх подальшого застосування в технології харчових продуктів щоденного споживання.

### **Література:**

1. Перспективи використання шротів горіхової сировини для збагачення борошняних кондитерських виробів / О.Г. Шидакова-Каменюка, Г.В. Новік, К.Р. Касабова, О.І. Кравченко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / відпов. ред. О.І. Черевко. - Харків: ХДУХТ, 2015. - Вип. 2(22). - С.69-81.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА РЕКОМБІНАНТНОЇ ВАКЦИНИ ПОТИ ВІРУСУ ПАПЛОМИ ЛЮДИНИ

Півень Л.О., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Проблемою профілактики та діагностики раку шийки матки залишається актуальною в сучасній гінекології, оскільки від цієї хвороби в Україні кожного року помирає близько 2500 жінок, 500 із них працездатного віку. Останнє десятиріччя характеризується зміною структури захворювань на рак шийки матки, у всьому світі визначена тенденція до збільшення кількості випадків раку шийки матки. Саме тому в боротьбі з поширенням такого тяжкого захворювання перевага надається профілактиці папіломавірусної інфекції, вчасності шляхом індукування імунної відповіді у людини при вакцинації. На даний час на міжнародному ринку широко використовуються 2 вакцини проти вірусу папіломи людини (ВПЛ). Обидві виготовлені з очищених структурних білків L1, які самостійно формують типоспецифічні для ВПЛ вірусоподібні частки (VLPs). Жодна з вакцин не містить живих біологічних продуктів або вірусних ДНК, тому не є інфекційною.

Вакцина проти вірусу папіломи людини виробляють методом рекомбінантних ДНК. Створена на основі VLP головного капсидного білка L1 HPV типів 16 та 18 отриманих шляхом культивування рекомбінантних клітин дріжджів *H. Polymorpha*. Рекомбінантні клітини були отримані шляхом введення в геном клітини дріжджів однієї копії послідовності ДНК, що кодує капсидний білок L1 HPV типу 16 та 18. Вакцина містить ефективну кількість VLP HPV16-L1 та HPV18-L1, в рівних частках, ад'ювант і фізіологічно прийнятний розчинник [1]. На жаль, в ході отримання і культивування штама виникали мутації, які змінювали властивості цільового білка. При цьому контроль за виникненням мутацій в випадку високої копійності гену практично неможливий. Більше того, при підвищенні певного рівня синтезу може порушуватися процес укладки цільового білка, що приводить до пониження його виходу, погіршенню біологічної активності та ускладнюється процес очистки. Тому постає проблема в пошуку штама-продуцента, який буде забезпечувати високий вихід продукції, не впливаючи на властивості білка.

Таким штамом-продуцентом являється *Pichia Pastoris*. Забезпечує високу мітотичну стабільність клітин, дає можливість оптимізувати умови культивування без урахування ризику накоплення клітин, які втратили здатність синтезувати чужорідний білок. Використання штама-продуцента *P. Pastoris*, приводить до підвищення якості продукту за рахунок зниження мутацій, а також збільшується вихід продукції, що зменшує термін окупності вакцини.

### Література:

1. Пат. 2546243 Российской Федерации, МПК C12N1 / 15, C12N15 / 37, C07K14 / 025. Рекомбинантная вакцина для профилактики папилломавирусной инфекции человека и способ ее получения / Крымский М. А.; заявитель и патентообладатель закр. Акц. общество научно-производственная компания "Комбиотех" - №2011105289 / 10; заявл. 15.02.2011; опубл.: 20.03.2012



## **ФОРМУВАННЯ ОКСИДНИХ ПЛІВОК НА ТИТАНОВОМУ СПЛАВІ ВТ6 В УМОВАХ АНОДНОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ У РОЗЧИНАХ $C_2H_2O_4$**

**Пилипенко О.І., Андрущенко О.О., Мизенко О.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Чистий титан має порівняно низьку міцність, що виключає можливість використання деталей з нього для роботи в умовах змінних механічних навантажень. Для підвищення міцності та надання титану інших технологічних властивостей в промисловості використовують сплави титану. Зокрема, широке використання титанові сплави знайшли для виготовлення імплантатів, наприклад, сплав ВТ6, (3,5–5,3 % V, 5,3–6,8 % Al). Цей сплав має сприятливе поєднання міцності і технологічних властивостей.

Для підвищення корозійної стійкості і біосумісності титанових імплантатів використовується метод електрохімічного оксидування (анодування), який дозволяє легко контролювати товщину і структуру плівки. Анодування дозволяє зменшити ймовірність поверхневого руйнування виробів, викришування і проникнення металевих частинок в навколишні тканини організму, що обмежує термін служби титанових імплантатів. Анодування титану проводять у розчинах кислот і солей. Часто для цієї мети використовують розчини щавлевої кислоти, обробка виробів в яких дозволяє отримати на титані інтеференційно-забарвлені оксидні плівки.

В літературі відсутні систематичні дані щодо впливу режиму оксидування (густини струму і концентрації електроліту) на максимальну товщину і колір оксидної плівки. Товщина плівки визначає властивості оксидного покриття і безпосередньо впливає на тривалість електрохімічної обробки виробів, яка є основним технологічним параметром процесу. Тому встановлення зв'язку між режимом електролізу і часом властивостями оксидної плівки є актуальною технічною задачею.

В результаті проведених досліджень процесу електрохімічного оксидування титанового сплаву ВТ6 у розчинах  $C_2H_2O_4$  встановлено, що визначальний вплив на характер формувальних залежностей зразків сплаву має значення анодної густини струму.

При  $j_a < 0,5 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$  суцільна оксидна плівка не формується і виходу на задану напругу формовки не спостерігається. При підвищенні  $j_a > 0,5 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$  спостерігається лінійний характер залежностей, що свідчить про утворення малопористих плівок. Плівки, отримані при густині струму  $j_a > 0,5 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$  відносяться до інтерференційно-забарвлених.

Гранична товщина оксидної плівки визначається напругою формування і не залежить від інших параметрів електрохімічної обробки металу. Для ряду однакових значень напруги залежність часу досягнення граничної товщини плівки від густини струму має лінійну форму. Зміна концентрації кислоти у розчинах в межах  $5\text{--}100 \text{ г} \cdot \text{дм}^{-3}$  не впливає на зміну тривалості росту плівки.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛІПОСОМАЛЬНИХ ФОРМ ГІДРОФІЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ

Пилипенко Д.М., Краснопольський Ю.М.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Основним завданням сучасної фармації є розробка ефективних та безпечних лікарських препаратів. Особлива увага сьогодні приділяється пошуку носіїв для таргетної доставки. Застосування нанобіотехнології у фармації дозволяє отримувати високоефективні лікарські засоби, у яких наночастинки виконують функцію контейнерів для доставки фармацевтичних субстанцій. Світові дослідження у галузі фармакології підтверджують можливість використання наночастинок у медицині.

Найбільш активно у практичній медицині використовують лікарські препарати на основі штучних мембран – ліпосом. Завдяки амфифільним властивостям фосфоліпідів до ліпосом можна включати як гідрофільні, так і гідрофобні сполуки. Ліпосомальні наночастинки як спосіб доставки гідрофільних препаратів мають ряд переваг:

- захищають лікарський препарат від деградації;
- пролонгують його дію;
- забезпечують транспорт гідрофільної речовини через мембрану клітин;
- знижують побічні реакції діючої речовини на організм [1].

Цитохром С являє собою гідрофільний білок, який приймає участь у переносі електронів дихального ланцюга мітохондрій. Застосування цитохрому С сприяє зниженню оксидативного стресу та нормалізації процесів клітинного дихання. Його практичне застосування обмежене низькою здатністю гідрофільного білка проникати крізь ліпідні мембрани клітини, через що виникає необхідність у високих дозах препарату.

Було досліджено фармакологічну активність ліпосомальної форми цитохрому С у порівнянні з розчином вільного цитохрому С. Обидва зразки продемонстрували виражену протиаритмічну дію та встановлено, що ліпосомальна форма препарату забезпечує на 37 % швидшу нормалізацію серцевого ритму піддослідних тварин, ніж вільний цитохром С при тій самій дозі діючої речовини [2].

На підставі отриманих даних можна зробити висновок, що включення гідрофільної сполуки до складу ліпосомальної оболонки підвищує її біодоступність у клітини серцевого м'язу та сприяє підвищенню ефективності цитохрому С як протиаритмічного агенту.

### Література:

1. Краснопольський Ю. М. Фармацевтическая биотехнология: Бионанотехнология в фармации и медицине / Краснопольський Ю. М., А.С. Дудниченко, Швець В. И. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2011. – 228 с.
2. Пилипенко Д.М. Исследование антиаритмической активности липосомальной формы цитохрома С / Д.М. Пилипенко, А.Г. Кацай, В.В. Прохоров [и др.] // Scientific Journal «ScienceRise: Pharmaceutical Science». – 2017. – №3 (7). – С. 54-57.

## **УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ОДЕРЖАННЯ ФОСФОРОВМІСНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ**

**Подустов М.О., Дзевочко О.М., Абазова Н.В., Сорокотяга М.І.,  
Коваленко Р.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Автоматизований технологічний комплекс включає дві основні частини: об'єкт і система управління. Тому є необхідність у формуванні структури і характеристик об'єкта і у подальшому синтезі системи його управління.

В нашому випадку технологічний комплекс – це процес одержання фосфоровмісних мінеральних добрив, який складається з двох основних стадій: пульпоутворення і гранулювання.

Першою стадією процесу є кислотний розклад фосфориту фосфорною кислотою з наступним введенням в пульпу сірчаної кислоти. Використання сірчаної кислоти забезпечує ступінь розкладу фосфориту на 95 – 97%. На другому етапі проводиться амонізація пульпи, при цьому суміш нейтралізується до повної відсутності вільної кислотності.

Другою стадією є процес гранулювання, який проводиться у барабанному грануляторі-сушарці (БГС). Відмінною особливістю БГС є спрямований рух потоку уздовж осі барабана з поверненням частини продукту в його головну частину, тобто в зону зрошення ретурних гранул пульпою. Від кількості повертаемого продукту, його гранулометричного складу і рівномірності розподілу по перетину барабана залежить характер змішування твердих частинок, що в свою чергу визначає інтенсивність тепло і масообміну, час перебування матеріалу і розміру одержуваних гранул.

Було проведено удосконалення апаратурно-технологічного оформлення процесу, що дозволить підняти його енергоефективність та одержати готовий продукт високої якості.

Основними технологічними параметрами процесу одержання мінеральних добрив є: розмір кристалів гіпсу, вологість пульпи, співвідношення  $P_2O_5/SO_3$  та  $Ca/SO_3$ , температура сушильного агента, розрідження в барабані, діаметр капель розпилюємої пульпи.

Виконано аналіз технологічного комплексу як складної системи. Проведена оцінка матеріальних і енергетичних потоків, формування необхідних інформаційних визначень, що дає можливість визначити структуру управління.

Система управління була побудована з використанням сучасних технічних засобів автоматизації ТОВ "ВО ОВЕН", які мають прийнятне співвідношення ціна/якість. Прикладне програмне забезпечення розроблялось в середовищі CoDeSys v.3.5.

Стабілізація основних технологічних параметрів процесу на оптимальному рівні дозволило підвищити точність регулювання та енергоефективність процесу на 15%.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ПРОЦЕСУ СУЛЬФАТУВАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ПАР

Подустов М.О., Дзевочко А.І., Жерелюк Е.Е., Білецька А.А.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Процес сульфатування органічної речовини полягає во взаємодії газоподібного триоксиду сірки, розведеного повітрям до 3–6% з різними органічними сполуками [1]. На даній стадії ступінь використання сульфоагента на діючих виробництвах складає 95–97%, а ступінь використання органічної речовини тільки 88–90%. У зв'язку з чим отримані продукти включають нессульфатовані органічні сполуки, які при використанні ПАР викидаються у вигляді парів у повітря. Органічні сполуки відносяться до 3 класу небезпеки і надають значний негативний вплив здоров'ю людини та навколишньому середовищу. Тому є необхідність в удосконаленні технології та обладнання стадії сульфатування.

По-перше, було рекомендовано сульфатування суміші органічних речовин, що дозволяє отримати продукти більш високої якості. По-друге, у якості обладнання використовувались перспективні трубчасті плівкові апарати з низхідним потоком фаз. Даний вибір пов'язаний з широким їх використанням у світовій практиці [2, 3]. Завдяки значному співвідношенню площі поверхні до обсягу органічного реагенту в трубці проходить ефективний відвід тепла, чим створюються м'які умови проходження реакції. Була розроблена математична модель процесу сульфатування у плівковому реакторі. Результати математичного моделювання показали можливість досягнення ступеня сульфатування органічної речовини на рівні 96–98%, що різко зменшує викиди в навколишнє середовище органічної речовини при використанні ПАР. Проведені дослідження змін температурних характеристик по довжині реактора. Ці данні показали, що необхідно двоступінчасте охолодження реактора.

Виконані дослідження показали, що нова технологія і нове апаратне рішення дозволяють отримати готовий продукт високої якості з можливістю його використання у піноутворюючих складах.

### **Література:**

1. Ortega Y.T. (2011) / Sulfonation / Sulfation processing technology for anionic surfactant manufacture. *Advances in Chemical Engineering*, Vol. 11, pp. 269-294.
2. Foster N.C. (1997). Sulfonation and sulfation processes. The Chemithon Corporation, Retrieved from: <http://www.chemithon.com> / Resources / pdfs / Technical papers / Sulfo % 20 and 20 Sulfa % 201. Pdf.
3. Knaqqqs E. (2004). Comment on "Optimization of the linear alkyl benzene sulfonation process for surfactant manufacture" and "Sulfonation technology for anionic surfactant manufacture": Falling film SO<sub>3</sub> sulfonation-laminar or turbulent flow controversy. *Org. Proc. Res. Dev.*, Vol. 8, No 6, pp. 1079-1089.

## **СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ КАТАЛІТИЧНОГО ОКИСЛЕННЯ ДВООКСИДУ СІРКИ**

**Подустов М.О., Дзевочко О.М., Рябова А.С., Кондратенко Д.С.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»  
м. Харків*

В якості сульфатуючого агенту у виробництві ПАР застосовується триоксид сірки, отриманий шляхом одностадійного каталітичного окислення низькоконцентрованого двооксида сірки під атмосферним тиском. Процес реалізується у діапазоні температур 703–843 К на ванадієвому каталізаторі в чотирьохшаровому контактному апараті з проміжним відводом реакційного тепла. При цьому ступінь переробки  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  складає 95%. При такої ступені переробки залишки  $\text{SO}_2$  на стадії очищення газоподібних викидів призводять к значної кількості рідинних лужних відходів. У зв'язку з цим була розроблена нова двоступінчаста схема каталітичного окислення. На першій ступені контактного вузла газ спочатку надходить до міжтрубного простору проміжного теплообмінника, де за рахунок тепла реакції після першого шару каталізатора газ підігрівається до температури 727 К та надходить до першого шару каталізатора, на якому в адіабатичному режимі проходить окислення двооксида сірки до ступеня перетворення 50% і температури 800 К. На другому ступені газ надходить до трубного простору проміжного теплообмінника, де охолоджується до 643 К та надходить до міжтрубного простору другого шару каталізатора, де виконує роль холодоагенту для підтримування оптимального режиму каталітичного окислення  $\text{SO}_2$ , за рахунок тепла котрої підігрівається до температури 703 К. Потім газ надходить до трубного простору, заповненого каталізатором, де в політропічному режимі проходить остаточне окислення  $\text{SO}_2$  до 99%, що дає можливість практично виключити викиди  $\text{SO}_2$  в повітря.

Основними контурами регулювання є: температура повітря на першій та другій секції вхідного холодильника, рівень в ємності моноетиленгліколю, температура суміші  $\text{SO}_2$  з повітрям після проміжних теплообмінників, температура суміші  $\text{SO}_2$  з повітрям на вході в адіабатичний та політропічний шари каталізатора, температура суміші  $\text{SO}_3$  з повітрям після економайзера, рівень в ємності з олеумом.

Система управління розроблялась на основі використання програмного логічного контролера ОВЕН ПЛК-150. Сучасні ПЛК являють собою потужний засіб для рішення задач промислової автоматизації, починаючи з нижніх рівнів управління, закінчуючи управлінням повним циклом промислового виробництва. Використовувались 3 ПЛК, які обмінюються інформацією між собою за допомогою локальної мережі.

Розроблена система управління дала можливість підтримати технологічні параметри на оптимальному рівні і, таким чином, підвищити енергоефективність процесу.

## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕЖИМЫ ПОДОГРЕВА ВОЗДУХА В РАДИАЦИОННО-КОНВЕКТИВНЫХ РЕКУПЕРАТОРАХ

Полоник В.С., Мангир А.С., Гирняк В.В., Греку И.Н.

*Одесский национальный политехнический университет,*

*г. Одесса*

Металлические рекуператоры часто выходят из строя, что происходит вследствие локального или общего перегрева.

Для решения указанной проблемы необходимы сведения о предельном значении температуры нагрева воздуха. Кроме того, надежный режим эксплуатации рекуператора обуславливается также наличием разделительной стенки, параметрами теплоносителя и условиями теплообмена.

В ходе проведенных исследований были получены выражения для определения предельно-допустимой температуры подогрева воздуха в радиационно-конвективных высокотемпературных рекуператорах при различных схемах движения теплоносителей:

$$\theta_{\epsilon}^{\delta} = \frac{\beta S_{\kappa}}{\mu_p B_{i_1}} (\theta_{cm}^{\delta})^4 + \left( 1 + \frac{\beta B_{i_2}}{\mu_p B_{i_1}} \right) \theta_{cm}^{\delta} - \frac{\beta (B_{i_2} + S_{\kappa})}{\mu_p B_{i_1}}$$

где  $B_{i_1} = \frac{\alpha_1 \cdot \delta}{\lambda}$  ;  $B_{i_2} = \frac{\alpha_2^{\kappa} \cdot \delta}{\lambda}$  ;  $S_{\kappa} = \frac{c_n \cdot \delta}{\lambda} \cdot T_{nc}^3 \cdot 10^{-8}$  ;  $\theta_{cm} = \frac{T_{cm}}{T_{nc}}$  ;  $\theta_{\epsilon} = \frac{T_{\epsilon}}{T_{nc}}$  ;

здесь  $T_{\epsilon}$  и  $T_{nc}$  – соответственно приняты в расчете локальные или усредненные температуры воздуха и продуктов сгорания, К;

$\alpha_1$  – коэффициент теплоотдачи на стороне нагреваемого воздуха без интенсификации теплоотдачи с помощью различных вставок, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\alpha_2^{\kappa}$  – коэффициент конвективной теплоотдачи от продуктов сгорания к разделительной стенке в радиационно-конвективном рекуператоре, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\lambda$  – теплопроводность материала разделительной стенки, Вт/(м·К);

$\delta$  – толщина разделительной стенки, м;

$\beta$  – отношение внешней поверхности разделительной стенки к внутренней;

$\mu_p$  – коэффициент, учитывающий интенсификацию теплоотдачи к воздуху с помощью вставок,  $\mu_p \geq 1,0$ ;

$c_n$  – приведенный коэффициент излучения продуктов сгорания и кладки на поверхность теплообмена, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>)

Использование приведенной выше методики позволяет более точно определять конечную температура воздуха и элементов процесса горения.

### Литература:

1. Димитров О.Д., Климчук О.А., Шраменко О.М. Складний теплообмін у каналах з додатковими вставками // Науково-технічний збірник. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 2015. – №2. – С. 129–133.

## ДОСЛІДЖЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ВІТАМІНІВ ГРУПИ В

Полуян Д.В., Масалітіна Н.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Рибофлавін у тваринних клітинах не синтезується на відміну від рослин і більшості мікроорганізмів. Цим і пояснюється широке застосування флавінів у харчовій промисловості та медицині. Тому дослідження, що спрямовані на оптимізацію параметрів культивування рекомбінантного штаму *Bacillus subtilis* в промисловій біотехнології біосинтезу рибофлавіну на основі цього штаму, є актуальними [1, 2].

Дослідження, що проведені в колбових умовах, показали, що для засівання ферментера слід використовувати культуру, що знаходиться в кінці логарифмічної фази росту, що забезпечує практично максимальний рівень накопичення біомаси. Подальше культивування може привести до зниження активності клітин. Максимальний рівень накопичення рибофлавіну спостерігається за умови використання глюкози, цукрози або оцукреного крохмалю як вуглеводного субстрату та кукурудзи та дріжджових субстратів як джерел амінного азоту та ростових факторів. Вибір основних умов ферментації (температури, аерації, кислотності середовища) проводився в лабораторних ферментерах при культивації в режимі дробової подачі основних субстратів, що забезпечило високу продуктивність культури. В експериментах використано середовище, що містить 12 г/л глюкози, 1,7 г/л дріжджового екстракту, мінеральні солі, мікроелементи та еритроміцин. З підживленням подавали глюкозу та кукурудзяний екстракт зі швидкістю 4 г/л·год. Встановлено, що за такої швидкості культура здатна виробляти до 7,1 г/л рибофлавіну. Встановлено, що хоча оптимальні значення кислотності лежать в лужному діапазоні [1], штаму *Bacillus subtilis* характеризується високою продуктивністю в інтервалі значень рН, близьких до нейтральних, що узгоджується з літературними даними про оптимальні значення кислотності середовища для росту культур *Bacillus subtilis* [1, 2]. В подальшій роботі ферментація проводилася при рН ~ 6,8–7,2. Встановлено, що в інтервалі температур 40–42°C відбувається максимальне накопичення рибофлавіну, час досягнення максимальної концентрації рибофлавіну в культуральній рідині значно скорочується, що поліпшує технологічні показники процесу ферментації. При цьому культура демонструє до 48–54 годин росту з приблизно постійною високою швидкістю 0,16–0,18 г/л·год.

Таким чином, проведені дослідження впливу ряду технологічних факторів на продукування рибофлавіну дозволять вносити корективи в технологічний процес для отримання продукту із стабільно високими показниками.

### Література:

1. Kim R.R. Mechanistic Insights on Riboflavin Synthase Inspired by Selective Binding of the 6,7-dimethyl-8-ribityllumazine Exomethylene Anion / R.R. Kim, B. Illarionov, M. Joshi // J. Amer. Chem. Soc. – 2010. – V. 132, №9. – P. 2983–2990.
2. Bacher A. Biosynthesis of riboflavin / A. Bacher, S. Eberhardt, W. Eisenreich // Vitamins & Hormones. – 2001. – V. 61, №1. – P. 1–49.

## **РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТОКСИЧНЫХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА**

**Пономаренко А.В., Ведь В.Е.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Жизнедеятельность человека всегда была связана с образованием огромного количества разнообразных отходов. Резкий прирост населения и общее повышение уровня жизни привели к увеличению потребления товаров и особенно упаковочных материалов разового пользования, которые составляют более трети образующегося на сегодняшний день городского мусора. Эти факторы сказались на увеличении объемов общего количества твердых бытовых отходов (ТБО). Количество образующегося ТБО насчитывает в среднем на душу населения 150–300 кг/год. Ежегодный же прирост составляет не менее 3%, а в некоторых странах даже 10 % [1].

Научно-производственной фирмой «Технология» Северо-Восточного научного центра Национальной академии наук Украины созданы мобильные и стационарные мусороперерабатывающие установки. Одна из таких мусороперерабатывающих установок эксплуатируется морским торговым портом «Октябрьск» г. Николаев и предназначена для сжигания отходов с производительностью 100 кг/ч. Для термокаталитической конверсии образующихся в мусороперерабатывающей установке углеводородов использован каталитический преобразователь, представляющий собой профилированный отверстиями керамический носитель с нанесенными на его рабочую поверхность каталитически активными центрами на основе  $Co_3O_4$  [2].

Для упрощения замены поврежденных компонентов каталитического преобразователя в случае возникновения такой необходимости предложено использование в качестве носителя каталитически активных центров набор шамотных трубок вместо монолитного керамического блока. Такой подход значительно упрощает замену и демонтаж деактивированных участков каталитического нейтрализатора. Авторами представлена методика расчета, проектирования и изготовления эффективного каталитического преобразователя токсичных газовых выбросов, образующихся в процессе термической обработки твердых бытовых отходов.

### **Литература:**

1. WasteEco: ежегодная выставка и конференция по природоохранным технологиям и обращению с отходами 2012 / Особенности образования твердых бытовых отходов в Украине / Михайленко В.П., Алексеев И.Л., Денафас Г., Шмарин С.Л., Лучко И.А.
2. Пономаренко А.В., Краснокутский Е.В., Ведь В.Е. Создание каталитического блока очистки газовых выбросов мусороперерабатывающей установки производительностью 100 гк/ч // Наукові праці. Одеська національна академія харчових технологій. – Вип. 45. – Т. 3. – 2014. – С. 180-185



## **CURING THE FURANO-EPOXY REACTIONABLE OLIGOMERS IN HIGH-ENERGY FIELDS**

**Rassokha A.N., Cherkashina A.N., Navrotsky A.Yu.**

**National Technical University  
«Kharkiv Polytechnic Institute»,  
Kharkiv**

Furano-epoxy composites, characterized by high resistance to thermal factors of operation, resistance to the action of physically and chemically aggressive media, strength, adhesion to the surface of metal, concrete and other materials, have found application in various industries. Furano-epoxy reactive oligomers (PCO) are products of thermomechanical combination of a furfural-acetone monomer (FAM) and epoxy oligomers (ED-16, ED-20, ED-22). Compositions based on PCO have a low coefficient of thermal conductivity and the use of external heat sources for their heating does not always satisfy the requirements of manufacturability, product quality, and productivity.

Heating the composition from an external source is slow. An inhomogeneous temperature field is created along the cross-section of the material, leading to different rates of reactions in the structuring of the RSO and the formation of local stress zones, leading to anisotropy of the properties, the appearance of internal stresses, structural defects (pores, channels, cracks, vacuoles) and worsening the properties of composites. Drawbacks can be eliminated when structuring the RSO in high-energy fields (currents of high frequency - HDTV).

Heating is carried out by polarization in the dielectric of "bound" charges. In the presence of an electric field, charged particles tend to orient in the direction of the field. The energy of the electric field is converted into potential energy in the material. If the high-energy field is removed, the charged particles return to their "neutral" position and because of the presence of the "intermolecular" friction composition between the particles of the ingredients, the potential energy is converted into thermal energy. If the dielectric is placed in an alternating electric field, then each field change within the material will result in the generation of some heat. It was experimentally established that maximum structuring was achieved at  $2 \cdot 10^5$  V / m, the temperature was 50 – 60 °C, and the curing time was 3 – 5 min. Sol-gel analysis showed that the degree of structuring of the PCO hardened by the traditional method was 80 – 86 %, and in the HDF field it was 95 – 99 %.

Analysis of the strength parameters of fracture and other characteristics structured by the thermal path and in the high-frequency field showed that the properties were higher when structuring in high-energy fields.

**ANTI-CORROSION PROTECTION OF GAS PIPELINE AND  
GAS-TRANSPORTED TECHNOLOGICAL EQUIPMENT**

**Rassokha A.N., Cherkashina A.N., Makhraeva M.A.**

**National Technical University  
«Kharkiv Polytechnic Institute»,  
Kharkiv**

Composition and coating technology based on furan-epoxy polymers on the outer surface of main pipelines and other processing equipment, providing effective protection against the impact of various operational factors: high humidity, temperature, cyclic loads, the presence of aggressive, including highly mineralized media, hydrocarbon liquids have been developed, investigated and tested on an industrial scale.

The use of furan-epoxy polymers as anticorrosive systems allows to increase the service life of pipelines for transporting oil, gas, oil products. Combined furano-epoxy materials have a complex of valuable properties that combine the positive qualities of furan and epoxy components: they have high resistance to the action of physically and chemically aggressive media, high heat resistance, manufacturability; are characterized by high wetting power and adhesion to the metal surface, a high level of strength characteristics.

Functional modification of furano-epoxy polymers with coal tar promotes a significant reduction of internal stresses in the coating, which causes a sharp increase in the strength and operational properties of the protective system. To structure the furano-epoxy reactive oligomer (PCO) under industrial conditions, it is recommended to use aminophenol agents (such as Agidol AF-2), which have high resistance to thermal exposure.

The technological process of the formation of protective furan-epoxy coatings on the outer surface of large-diameter pipes (720-1420 mm) includes the following steps: the pipe along the roller conveyor enters the application area of the protective material, where it is fixed and starts rotating at a certain speed around its axis. Furano-epoxy material is applied by means of an atomizer, which moves at a constant linear speed. The pipe leaves the coating formation zone and moves to the drying unit, where the structuring of the PCO takes place. The process technology has the elements of "know-how".

The developed furano-epoxy materials are recommended to be used as protective anticorrosion coatings for sections of main pipelines with increased soil aggressiveness, significant temperature and cyclic loads (on well trains, air passages, at compressor stations and after them, etc.).

## ИНТЕГРИРОВАННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ПО РАСЧЁТУ ЦЕМЕНТНО-СЫРЬЕВЫХ СМЕСЕЙ.

Рассоха А.Н., Сендеров А.А., Дмитренко И.В.

*Национальный технический университет*

*«Харьковский политехнический институт»,*

*УкрНИИЦемент,*

*г. Харьков*

Особенность современных интегрированных химико-технологических производственных комплексов заключается в сочетании возможностей управления реальным процессом и обучением персонала по принципу «здесь и сейчас». Разработанная компьютерная программа соответствует этому

направлению. На первом этапе обучения будущих химиков-технологов необходимо ознакомить студентов с основами методик расчёта дозировок цементно-сырьевых смесей. При этом студент обязан изучить методику расчёта [1], написать свою компьютерную программу расчётов и выполнить на ней цикл расчётов. Пример интерфейса такой программы, (написанной в Делфи) приведен на рис.1. А на втором этапе, для более детального ознакомления с процессом приготовления цементно-сырьевых смесей в

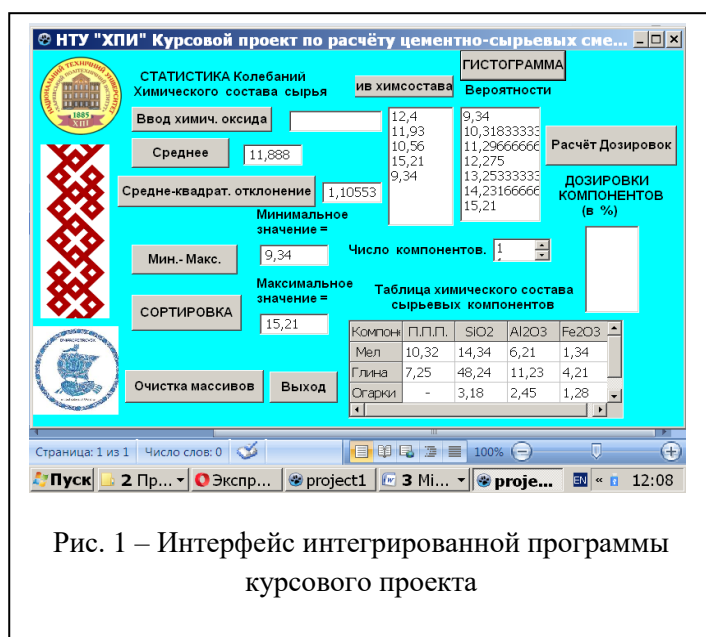


Рис. 1 – Интерфейс интегрированной программы курсового проекта

динамике – используется программа-тренажёр, которая имитирует реальный производственный процесс [2]. Поэтому здесь обучаемый студент или стажёр попадает в условия реального производства и пытается, при этом, управлять процессом приготовления цементно-сырьевой смеси.

### Выводы.

Таким образом, предлагается для обучения студентов и технологов-практиков использовать простую в эксплуатации и дешёвой компьютерной программу расчёта дозировок сырьевых компонентов цементно-сырьевых смесей заданного состава при мокром и сухом способах производства.

### Литература:

1. А.Н.Рассоха, А.А.Сендеров, И.В.Дмитренко Разработка методики обучения практического компьютерного расчёта дозировок цементно-сырьевых смесей. В сб. тезисов докладов XXV Международной научно-практической конференции Микрокад-2017, часть II, Изд-во НТУ «ХПИ», 2017 г.

2. А.Н. Рассоха, А.А. Сендеров, Современная технология приготовления цементно-сырьевых смесей – обучение и управление. В сб. «International Trends Science and Technology», October 17, 2017, Warsaw, Poland, p. 29.

## РЕГЕНЕРУЮЧИЙ КРЕМ ДЛЯ РУК З ЕКСТРАКТОМ КАВИ

Резнічок Т.А., Бережна М.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Шкіра рук – одне з найбільш уразливих місць людського тіла, яке піддається сильному впливові зовнішнього середовища. Тому часто виникає потреба використовувати регенеруючий крем. Метою нашого дослідження є вироблення і дослідження крему для рук з екстрактом кави, який містить натуральні інгредієнти, і завдяки відносно простій рецептурі може бути приготовлений на стандартному обладнанні. Як відомо, смажена кава є джерелом таких сполук як антиоксиданти (хлорогенова кислота), кофеїн, меланоїдини, вітаміни (зокрема  $\alpha$ -токоферол), що, завдяки їх синергізму, чинять на шкіру корисну дію: покращують зовнішній вигляд, протидіють передчасному старінню, захищають від дії УФ-променів, а також мають протизапальну та протимікробну дію [1].

Виготовлений крем випробувано групою добровольців з 10-ти чоловік, які відзначили, що крем має світлий бежевий колір, відповідний приємний аромат, швидко поглинається шкірою, помітно зволожує її.

Доцільно відзначити, що розроблений крем містить ряд біологічно активних речовин, що стимулює краще регенерування шкіри та її живлення. В його рецептуру входить ізотонічний розчин морської солі, що м'яко очищує і забезпечує шкіру необхідними мінералами, «залучає» в роговий шар додаткову вологу, яка прагне розчинити сіль і знизити осмотичну силу – в результаті роговий шар зволожується та насичується поживними речовинами [2]. В рецептурі не використовувався гліцерин (як відомо, при пониженій вологості повітря трьохатомний спирт дає негативний результат та ще більше сушить шкіру після його використання через його властивість «витягувати» з рогового шару вологу) [3].

Виявлено, що через відсутність консервантів крем зберігається не більше одного місяця в холодильнику, тому предметом подальших досліджень є пошук натуральних біологічно активних сполук з вираженою консервуючою дією для захисту розробленого крему від мікробіологічного псування.

### Література:

1. Coffee Silverskin: A Review on Potential Cosmetic Applications [Електронний ресурс] / Cosmetics – Open Access Journal – Режим доступу: <http://www.mdpi.com/2079-9284/5/1/5/pdf>
2. Марголина А.А. Новая косметология. Косметические средства: ингредиенты, рецептуры, применение / А. А. Марголина, Е. И. Эрнандес – М.: ООО ИД «Косметика и медицина», 2015. – 580 с.
3. Основы косметической химии. Базовые ингредиенты. Том 1. Ред. Пучкова Т. В. – М.: ООО «Школа косметических химиков», 2017. – 304 с.

## **РЕКОНСТРУКЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЦТВА СОДИ**

**Репко К.Ю., Моїсєєв В.Ф., Манойло Є.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У виробництві кальцинованої соди спостерігається велика кількість відходів, що викидаються у навколишнє середовище, яка по розмірам викидів у рік у багато разів перевищує розміри викидів багатьох хімічних підприємств. Окрім проблем екології у виробництві соди великі капітальні витрати на обладнання.

Аміачний спосіб отримання соди залишається основним і на сьогоднішній день. Аміак у виробництві кальцинованої соди здійснює замкнутий цикл. При цьому втрати його в технології неминучі, тому ці втрати компенсуються введенням в схему аміачної води. Частина аміаку безповоротно втрачається в результаті технологічних операцій і у вигляді газових викидів відходить в атмосферу, завдяки недосконалості газоочисного обладнання.

У комплексі абсорбції-десорбції содового виробництва проводиться десорбція пари аміаку і двоокису вуглецю з бікарбонатного маткового розчину з подальшим охолодженням, частковою конденсацією парогазового потоку і поглинанням його розсолон на абсорбції. Переробка цих потоків істотно впливає на роботу всього виробництва. Спосіб переробки конденсатів і якість цієї стадії процесу багато в чому визначає продуктивність, екологічні і техніко-економічні показники комплексу абсорбції-десорбції та виробництва соди в цілому.

Перспективним є використання в десорберах опорних грат із зваженою насадкою. Використання зваженої насадки і забезпечення роботи апарату в пінному режимі дозволить інтенсифікувати протікання технологічного процесу, значно понизити капітальні витрати і підвищити термін безперебійної роботи установок дистиляції. Модернізовані установки десорбції для дистиляції конденсатів содового виробництва володіють високою продуктивністю, низьким гідравлічним опором, а контактні пристрої забезпечують стійку роботу в забруднених середовищах, що інкрустують апаратуру, в умовах різкої зміни кількості і складу конденсатів, що переробляються. Як зважена насадка рекомендована насадка з особливою конфігурацією, що забезпечує рівномірний розподіл потоків газу і рідини по перетину апарату. Гідравлічний опір її нижче в 1,3 рази у порівнянні із ковпачковими та сітчастими насадками, що знижує енерговитрати технологічного процесу. У всьому діапазоні виробничих навантажень вказана насадка працює в режимі турбулентної піни або при розвиненій вільній турбулентності. Коефіцієнти десорбції аміаку на опорних гратах із зваженою насадкою в 5-6 разів вище, ніж на протитечійних гратчастих тарілках, які також використовуються в традиційних установках для десорбції.

## ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ З ЛЕСОВИХ СУГЛИНКІВ

Рищенко М.І., Білостоцька Л.О., Богданова К.Б., Павлова Л.В., Лігезін С.Л.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Основною сировиною для виробництва цегли та іншої стінової кераміки є різноманітні за складом і властивостям глинисті породи, які умовно називають «цегляні глини». В літературі зустрічаються розбіжності у відношенні походження і навіть найменування окремих різновидів глинистих порід, зокрема лесових, що найбільш широко використовуються в цегляному виробництві.

Суглинками називаються четвертинні (найбільш молоді) породи, у яких вміст глинистих часток (розміром  $< 0,005$  мм) не перевищує 30 %.

До лесових порід глинистої сировини відносять породи, що містять не менше 50 % крупнопиловатих часток ( $0,05 \div 0,1$  мм). Іншою особливістю лесових порід є їх підвищена природна пористість. В гранулометричному складі суглинків найбільш мінливим є вміст піщаної фракції – від 40 до 70 %, відповідно змінюється кількість пиловатої фракції –  $20 \div 45$  % і в меншому ступені глинистої –  $8 \div 15$  %.

За хімічним складом суглинки характеризується високим вмістом кремнезему –  $78 \div 85$  % і низьким вмістом глинозему – не більше 10 %. В незначних кількостях містяться оксид феруму –  $2 \div 4$  % і оксид кальцію –  $5 \div 7$  %. Число пластичності суглинків рідко виходить за межі 10 %. Повітряна усадка не перевищує 5 %, вогнева усадка складає долі відсотків або навіть є додатною (за рахунок вмісту кварцу і карбонатів). Суглинки малочутливі до сушки, проте лише в тому випадку, коли видалені крупнозернисті включення. Проте вони більш чутливі до випалу через високий вміст крупнозернистого піску.

Незначний вміст в лесових суглинках глинистої фракції приводить до низької механічної міцності продуктів їх випалу (марочність цегли складає 75).

Для підвищення міцності глинистих композицій було проведено модифікування лесових суглинків високопластичною (число пластичності 23,6) артемівською глиною наступного хімічного складу, мас. %:  $\text{SiO}_2$  – 63,43;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 20,0;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 1,74;  $\text{CaO}$  – 0,65;  $\text{MgO}$  – 0,95;  $\text{K}_2\text{O}$  – 1,36;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,38; в.п.п. – 5,57.

Розроблені склади композицій для виготовлення стінової цегли з температурою випалу  $1000$  °С марок 100-150 за міцністю (міцність зразків при стиску  $20,3 \div 25,0$  МПа, міцність зразків на згин  $2,6 \div 3,4$  МПа відповідно) і 20-30 за морозостійкістю.

Встановлено, що при змішуванні високопластичної глини в кількості  $20 \div 25$  % з помірно пластичними лесовими суглинками в кількості  $75 \div 80$  % досягається поєднання властивостей сировини, що забезпечує можливість залучення суглинку як некондиційного виду сировини у виробництві будівельної кераміки.

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ КОТЛОАГРЕГАТУ

Рудий А.А., Шутинський О.Г.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Паровим котлом називається комплекс агрегатів, призначених для отримання водяної пари. Цей комплекс складається з ряду теплообмінних пристроїв, пов'язаних між собою та потрібних для передачі тепла від продуктів згоряння палива до води та пару. Вихідним носієм енергії, наявність якого необхідно для утворення пар з води, служить паливо [1].

Однією з основних задач, що виникає при експлуатації котельного агрегату, є забезпечення рівності між виробленою та споживаною енергією. У свою чергу процеси пароутворення і передачі енергії в котлоагрегаті однозначно пов'язані з кількістю речовини в потоках робочого тіла та теплоносія.

Основними складовими частинами котлів є верхній та нижній барабани[1].

Знизу в топку подається потрібне для згоряння палива повітря за допомогою дуттьових вентиляторів. Процес горіння палива протікає при високих температурах, тому екранні труби котла сприймають значну кількість тепла шляхом випромінювання.

З метою автоматизації роботи котельної установки була розроблена математична модель парового котла. Основним параметром роботи котла є температура пари в апараті [2].

Отримати математичну модель аналітичним шляхом достатньо складно тому, що котлоагрегат являє собою складний об'єкт з розподіленими у просторі та часі сигналами. Тому математична модель парового котла була визначена експериментальним шляхом. Була знята крива розгону за каналом «витрата вугілля – температура пари у барабані». Отримана крива була потім згладжена та апроксимована на ПЕОМ. В результаті апроксимації математична модель котлоагрегату була визначена у вигляді:

$$W_0(p) = \frac{0,35e^{-1,11\tau}}{1,97^2 p^2 + 3,34p + 1}$$

де 0,35 – коефіцієнт підсилення об'єкту; 3,34 хв., 1,97 хв. – постійні часу; 1,11 хв. – час запізнення.

### Література:

1. Деев Л.В. Котельные установки и их обслуживание [практ. пособие для ПТУ] / Деев Л. В., Балахничев Н. А. – М.: Высшая школа, 1990. – 239 с ил.
2. Математичне моделювання об'єктів керування хімічних і фармацевтичних виробництв: навч. посібник / [Красніков І.Л., Бабіченко А.К., Вельма В.І., Подустов М.О., Зайцев О.І., Бабіченко Ю.А.]; за ред. А.К. Бабіченко – Харків.: Вид-во ТОВ "С.А.М.", 2015 р. – 224 с.

## ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ГАЗОДИФУЗІЙНОГО КАТОДУ В ЕЛЕКТРОХІМІЧНОМУ СИНТЕЗІ ГІПОХЛОРИТУ НАТРІЮ

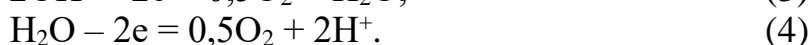
Рутковська К.С., Тульський Г.Г.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Гіпохлорит натрію у вигляді водного розчину використовується для дезінфекції в багатьох сферах життєдіяльності людини. Підвищена зацікавленість до гіпохлориту натрію марки А пов'язана з широкими можливостями його використання в якості антисептичного засобу при знезаражуванні питної води, обробці стічних вод і агресивних середовищ.

При електролізі водних розчинів хлориду натрію на аноді відбувається розряд іонів  $\text{Cl}^-$  з виділенням хлору, а на катоді – відновлення води з утворенням гідроксид-іону і водню:



Одночасно на аноді будуть перебігають побічні процеси розряду гідроксильних іонів або води:



Вплив побічних реакцій на вихід за струмом, що проходить як в обсязі розчину, так і на електродах, призводить до того, що гіпохлорит накопичується в розчині тільки до концентрації 10...14 г·дм<sup>3</sup>. Подальшому збільшенню концентрації гіпохлориту перешкоджає його відновлення на катоді. Для усунення цього недоліку запропоновано замінити механізм катодного процесу за рахунок використання газодифузійного катоду. Створюється гідродинамічний режим подачі повітря, який механічно усуває гіпохлорит-іони с поверхні катоду.

При подачі кисню повітрям до поверхні поруватого катоду створюються умови для перебігу катодного відновлення кисню:



Стандартний потенціал реакції (5) складає 0,401 В. Що є значно менше за стандартний потенціал водневої реакції. Зниження різниці потенціалів анодного та катодного процесів в електрохімічному синтезі гіпохлориту натрію позитивно позначається на стабільності розчину в умовах експлуатації.

Отже, використання газодифузійного катода показало перспективність обраного напрямку. Змінюючи режими подачі повітря можна управляти протіканням катодного процесу. Подальші дослідження будуть спрямовані на підбір каталітично активних покриттів газодифузійних катодів.



## ОТРИМАННЯ РАДІОПОГЛИНАЮЧИХ БРОНЕМАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Рябінін С.О., Саввова О.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В сучасному світі, в зв'язку з розвитком нових технологій, розробками нових локаційних пристроїв, які здатні розрізняти цілі супротивника з великої відстані, змушують шукати нові способи захисту броньованої техніки від виявлення її радіолокаційними системами (РЛС). Основною задачею є зменшення відбиття електромагнітного випромінювання (ЕМВ) в широкій смузі частот. Одним з можливих способів зменшення видимості техніки є виготовлення броне елементів з екрануючими і поглинаючими властивостями для ширококутового ЕМВ. При екрануванні надвисокочастотного (НВЧ) випромінювання важливо забезпечити високу електропровідність матеріалів при збереженні високих міцносних властивостей матеріалів. Вирішення вказаної проблеми може бути реалізовано при розробці композиційних градієнтних матеріалів, зокрема, на основі високоміцних ситалів. Для збільшення поглинання НВЧ захисними пластинами доцільно використовувати напівпровідні наповнювачі, які дозволяють значно зменшити відбиття матеріалом НВЧ випромінювання при одночасному збереженні експлуатаційних характеристик. Тому розробка захисних високоміцних радіопоглинаючих склокристалічних матеріалів є актуальною задачею, на вирішення якої спрямована дана науково-дослідна робота.

Метою роботи є розробка матеріалів для бронезахисту з можливістю забезпечення екранування НВЧ-випромінювання склокерамічними захисними панелями на основі літійалюмосилікатних склокристалічних матеріалів.

Склокристалічні матеріали були отримані на основі літійалюмосилікатних стекол за керамічною технологією шляхом пресування з подальшою термічною обробкою: I стадія –  $600\div 650$  °С, 1 год.; II стадія –  $850\div 900$  °С, 1÷2 год. Тришарова конфігурація склокерамічного матеріалу, яка складається: з шару склокерамічного матеріалу, з шару склокерамічного матеріалу з наповнювачем  $\alpha$ -SiC у кількості 5÷10 % та шару графіту. При цьому радіо поглинання забезпечується за рахунок зміни діелектричної проникності матеріалу та тангенса кута діелектричних втрат у структурі композиту. Використання, як наповнювача, напівпровідника дозволить суттєво зменшити відбиття від матеріалу НВЧ-випромінювання та підвищити твердість композиту.

Встановлено, що градієнтна структура склокристалічного матеріалу дозволяє отримати захисні матеріали, які здатні забезпечити послаблення НВЧ-випромінювання композитом до 30 дБ при забезпеченні твердості за Віккерсом  $8,5\div 9,0$  ГПа, коефіцієнту інтенсивності напруг  $3,2\div 3,5$  МПа·м<sup>0,5</sup>. Забезпечення діелектричної проникності матеріалу  $\approx 3,5\div 4,0$  та тангенса кута діелектричних втрат  $\approx 0,002$  дозволяє вважати його перспективним при розробці захисних радіопоглинаючих бронеелементів для військової техніки.

## ОТРИМАННЯ НР – РІДКИХ ДОБРИВ

Савенков А.С., Семенцова Т.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Актуальною проблемою для України є розробка ефективних рідинних азотно-фосфорних добрив, які піднімають врожайність рослин, спрощують механізм внесення добрив в ґрунт та зменшують капітальні та експлуатаційні витрати [1, 2].

На кафедрі хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології створено експериментальну установку для нейтралізації фосфорно-кислотних розчинів аміачною водою і проведено експериментальне дослідження процесу нейтралізації.

Експериментальними дослідженнями встановлені технологічні параметри взаємодії гідрату аміаку з фосфорною кислотою за температури процесу (343 – 373) К, мольне співвідношення (Н)  $\text{NH}_3 : \text{H}_3\text{PO}_4$  (0,5 – 5) : 1, час взаємодії (3 – 4) с, інтенсивність перемішування  $N = 80 - 120$  об/хв. ( $Re = 200 - 300$ ).

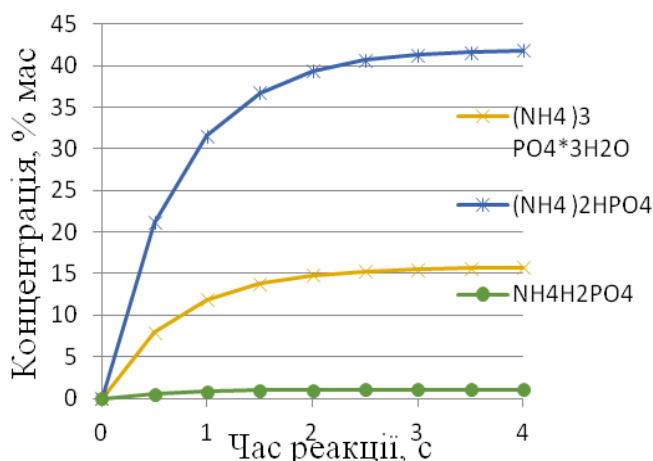


Рис. 1 – Утворення ортофосфатів амонію від часу реакції

На рисунку 1 наведено зміна концентрації ортофосфатів амонію від часу реакції. Найбільш сприятливим є утворення  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , який є важливим добривом для підвищення врожайності рослин. Отримане рідке добриво містить, % мас: N – (8-9) і  $\text{P}_2\text{O}_5$  – (26-28).

Аналіз експериментальних даних дозволив запропонувати механізм процесу взаємодії гідрату аміаку з фосфорною кислотою.

Основні речовини:

$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ,  $(\text{NH}_4)_3\text{HP}_2\text{O}_7$ ,  $(\text{NH}_4)_4\text{P}_2\text{O}_7$ .

Враховуючи реакційні стадії процесу і використовуючи закон діючих мас, було запропоновано кінетичну модель процесу, визначені кінетичні константи та розраховані технологічні параметри і реактор нейтралізації.

### Література:

1. Астрелін І.М. Технологія фосфорних добрив, кислот і солей: підручник/ І.М. Астрелін, Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, О.Я. Лобойко та ін. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – 288 с.
2. А.С. Савенков, И.М. Рыщенко, И.С. Белогур. Исследование процесса нейтрализации азотно-кислотных растворов из низкосортных фосфоритов Хімічна промисловість України. Київ: "ДІА". – 2016. – №3/4. – С. 7

## ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ОДНОКОНТУРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ

Селихов Ю.А., Коцаренко В.А., Гаевой М.А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Энергетический кризис, уменьшение запасов органичного топлива и его удорожание диктует необходимость использования альтернативных источников энергии. В связи с этим актуальным заданием является разработка схемных и конструктивных решений с использованием новых материалов и оборудования при создании автоматизированных энергетических установок, которые используют солнечную энергию. С интенсивным развитием технологий солнечной энергетики, появилось огромное количество конструктивных решений и вариантов, которые классифицируются по разным критериям [1]. Однако известные разработки более эффективны по тепловым параметрам, в которых используются новые материалы и оборудование [2], что позволяет минимизировать расходы на изготовление, монтаж, обслуживание и ремонт. В данной работе предлагается разработанная нами одноконтурная солнечная установка [3] для горячего водоснабжения с круглосуточным компьютерным управлением. Созданная по новой схеме солнечная установка была смонтирована в одном из пансионатов Южного региона Украины. В установке были использованы новые материалы и оборудование, разработана схема автоматизации с использованием автоматизированного рабочего места (АРМ), и выбраны технические средства автоматизации на основе комплекса регулирующих и функциональных блоков на микропроцессорном контролере серии КОНТРАСТ "КР-500". По основным технологическим параметрам: температура нагрева теплоносителя, удельные тепловые потоки и КПД, был выполнен теплотехнический расчет и анализ полученных экспериментальных данных новой солнечной установки, а также сделан экономический и эксергетический расчеты срока окупаемости установки.

**Выводы.** Для предложенной технологической схемы солнечной установки выбраны новые материалы, оборудование и разработана схема управления из АРМ, выбраны технические средства автоматизации. Срок окупаемости установки сравним со сроком монтажа всей установки - около четырех месяцев; температура теплоносителя повышается до 90 °С; КПД солнечной установки увеличен до 92 % по сравнению с прототипом – 72 %.

### Литература:

1. Даффи Дж., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М: Мир, 1977. – 420 с.
2. Селихов Ю.А., Ведь В.Е., Бухкало С.И., Костин В.М. Конструкционные особенности увеличения эффективности работы гелиоустановок. Экотехнологии и ресурсосбережение. – Киев: Типография НАН Украины, № 3, 2004. – с. 70–75.
3. Селіхов Ю.А., Селіхова Л.Ю., Селіхова Н.В., Бухкало С.І. Двоконтурна геліоводонагрівна установка, Патент України, № 64198 А, Бюл. № 2, 2004.

## **ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ПРОЗРАЧНЫХ ПОКРЫТИЙ В ГЕЛИОУСТАНОВКАХ**

**Селихов Ю.А., Коцаренко В.А., Гаевой М.А.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Опасность возникновения топливного дефицита заставляет многие страны использовать возобновляемые источники энергии. Введение в эксплуатацию гелиоустановок улучшает экологическую ситуацию района за счет снижения объемов выбросов загрязняющих веществ, к которым относятся продукты сгорания традиционных видов энергии – органического топлива. Об энергетической эффективности применения некоторых материалов в качестве светопрозрачного покрытия, накрывающего теплоизолированный корпус, в котором расположен гелиоколлектор, в технической литературе существуют разрозненные сведения. Применение других материалов и получение обобщенных зависимостей удельного теплового потока и коэффициента полезного действия (КПД) от температуры при изменении расхода теплоносителя в гелиоколлекторе в зависимости от пропускной способности одно- или многослойного светопрозрачного покрытия из стекла или синтетической пленки является целью работы. На солнечной установке [1], смонтированной в одном из пансионатов Южного региона Украины на нескольких теплоизолированных корпусах, в которых были расположены гелиоколлектора, были установлены следующие варианты светопрозрачных покрытий: один слой стекла; два слоя стекла; три слоя стекла; один слой полиэтиленовой пленки [2]; один слой стекла и один слой полиэтиленовой пленки; два слоя полиэтиленовой пленки; один слой стекла и два слоя полиэтиленовой пленки. При работе установки измерялись температуры: теплоносителя внутри гелиоколлектора, воздуха между гелиоколлектором и светопрозрачным покрытием, стенок и днища корпуса. Эксперименты проводились при изменении расхода теплоносителя от 0,5 до 3,5 м<sup>3</sup>/ч. По экспериментальным данным был выполнен расчет удельных тепловых потоков и КПД всех выше перечисленных вариантов светопрозрачного покрытия, построены зависимости удельных тепловых потоков и КПД от температуры. Все зависимости аппроксимированы уравнениями и определены коэффициенты корреляции.

**Выводы.** Получены обобщенные зависимости удельного теплового потока и КПД от температуры в гелиоколлекторе при изменении расхода теплоносителя от 0,5 до 3,5 м<sup>3</sup>/ч в зависимости от пропускной способности различных вариантов светопрозрачного покрытия.

### **Литература:**

1. Селихов Ю.А., Селихова Л.Ю., Селихова Н.В., Бухкало С.И. Двоконтурна геліоводонагрівна установка, Патент України, № 64198 А, Бюл. № 2, 2004.
2. Селихов Ю.А., Селихова Л.Ю., Бухкало С.И. Полімерна композиція, Патент України, № 72078 А, Бюл. № 10, 2004.

## ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Селихов Ю.А., Коцаренко В.А., Гаевой М.А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

При повышении цен на традиционные источники энергии растет интерес к нетрадиционным источникам энергии. И сегодня это уже не праздное любопытство, а осознанное стремление домовладельцев сохранить не только свой финансовый бюджет, но и здоровье, что возможно только при использовании альтернативных источников энергии, таких как тепловой насос (ТН). Особенно остро проблема обозначилась в теплоснабжении объектов жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), где затраты топлива на производство теплоты, превосходят в несколько раз затраты на электроснабжение [1]. Поэтому использование тепловых насосов, экономия органического топлива, улучшение экологической ситуации района потребления тепловой энергии за счет снижения объемов выбросов загрязняющих веществ, к которым относятся продукты сгорания традиционных видов энергии, - органического топлива, которое используется для производства тепловой энергии в котельном оборудовании являются актуальными задачами. Предлагается система отопления [2] и горячего водоснабжения для частного домовладения в комплексе: геотермальный грунтовый тепловой насос «грунт-вода» и водяной теплый пол для отопления, и электрический водонагреватель для горячего водоснабжения с круглосуточным компьютерным управлением. Была разработана новая технологическая схема системы горячего водоснабжения и отопления [3] частного домовладения. По этой схеме система была изготовлена и смонтирована на одном частном подворье в Харьковской области. Анализ экспериментальных данных показал, что новая система оказалась эффективной.

**Выводы.** Расчет эффективности замены старого оборудования на новое проводился в соответствии с методикой оптимизации по сумме эксергии-нетто. Теплотехнический, эксергетический и экономический расчеты показали, что КПД системы отопления составляет 92 %, а срок окупаемости 2,5 года. Погрешность расчетов составила 5 %.

### Литература:

1. Эль Садин Хасан. Выбор оптимальных параметров системы теплохолодоснабжения жилого дома // Холодильная техника, 2003, №3, С.18–21.
2. Особенности современных систем водяного отопления. – К.: П ДП «Такі справи», 2003. – 176 с. – ил.
3. Овчаренко В.А. Овчаренко А.В. Використання теплових насосів//Холод М+Т, 2006, №2, С.34–36.

## ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Селихов Ю.А., Коцаренко В.А., Гаевой М.А.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Досвід, накопичений різними країнами в області використання сонячних колекторів і теплових насосів, демонструє високі можливості простого перетворення цього виду енергії в теплову енергію, котра успішно використовується для гарячого водопостачання і опалення, а також забезпечення різного роду технологічних і побутових потреб не тільки в різних галузях промисловості, а і на підприємствах АПК України [1]. Тому, на наш погляд, актуальною є концепція створення нових конструкцій теплоенергетичних установок, коли витрати на вироблення теплової енергії за допомогою цих установок будуть нижче за рівень сумарних витрат на отримання теплової енергії традиційними способами (зокрема, в котельних установках) [2]. Одночасно з цим термін окупності сонячних установок повинен бути спільномірним з гарантійним терміном їх експлуатації. В даній роботі авторами пропонується теплоенергетична установка для гарячого водопостачання і опалення, яка була змонтована на одному приватному подвір'ї у Харківській області при будівництві приватного домоволодіння. Для вирішення вищевказаних задач нами була розроблена схема попереднього нагріву теплоносія за рахунок застосовування двоконтурної сонячної установки [3] і теплового насосу. Теплоенергетична установка використовується цілий рік і дозволяє більш ефективно використовувати сонячне випромінювання для нагрівання теплоносія. Взимку, навесні та восени, коли нема достатньої сонячної інсоляції, сонячний колектор нагріває теплоносій з 8 до 40 °С, яку використовуємо для нагрівання підлоги і в теплому насосі, а влітку, коли є достатня сонячна інсоляція – до 90 °С і використовувати вже воду ще й для душа і кухні. Всіма режимами роботи теплоенергетичної установки керує система автоматизованого управління (САУ). Були проведені теплотехнічні і економічні розрахунки ефективності використання даної теплоенергетичної установки. Термін окупності досягає 2,5 року.

**Висновки.** Таким чином, застосування теплоенергетичної установки дозволяє: зменшити собівартість теплової енергії за рахунок зниження матеріалоемності та витрат на використовуване устаткування; значно скоротити витрати первинного палива; зменшити теплове навантаження та забруднення довкілля.

### Література:

1. Селихов Ю.А., Ведь В.Е., Бухкало С.И., Костин В.М. Конструкционные особенности увеличения эффективности работы гелиоустановок. Экотехнологии и ресурсосбережение. – Киев: Типография НАН Украины, № 3, 2004. – С. 70–75.
2. Овчаренко В.А. Овчаренко А.В. Використання теплових насосів //Холод М+Т, 2006, №2, С. 34–36.
3. Селихов Ю.А., Воробйов В.М., Дюжев В.Г., Бухкало С.И. Гелиоводонагрівник // Патент Украины № 45263. – Бюл. № 11. – 15.11.2004.

## ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ ВИПАРЮВАННЯ ХЛОРИДУ МАГНІЯ

Селіхов Ю.А., Коцаренко В.О., Бондаренко А.С.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Хімічна промисловість і різні її галузі є одним з найбільших споживачів різноманітних природних ресурсів, відходи цієї галузі забруднюють навколишнє природне середовище. Забезпечити раціональне споживання ресурсів і скоротити шкідливу екологічну дію хімічних виробництв можна тільки на основі всебічного аналізу і оптимізації усіх складових хіміко-технологічних систем (ХТС), з повним інтегрованим обліком їх взаємного впливу в структуру виробничого комплексу [1].

Проектування ХТС, які забезпечують мінімальне споживання енергії є однією з найбільших технологічних проблем з якою зустрічаються, як при реконструкції так і при проектуванні промислових установок. Застосування традиційних методів для виконання таких цілей не дає бажаного ефекту. Використання методу пінч-аналізу, що базується на термодинамічному аналізі складових кривих потоків, дозволило створити високоефективні ХТС з мінімальним споживанням енергії [2].

У хімічній промисловості для концентрування розчинів нелетучих і мало летучих речовин широко застосовується процес випарювання. Найбільше доречно для цього використати багатокорпусні випарні установки безперервної дії [3]. Аналіз роботи існуючої випарної установки методом пінч-аналізу дозволив зробити заміну кожухотрубчастих теплообмінних апаратів на пластинчасті, зробити нову технологічну схему випарки хлориду магнію.

**Висновки.** Методом пінч-аналізу спроектована нова оптимальна схема теплообмінних апаратів, що забезпечує максимальну рекуперацію тепла, внаслідок чого вдалося скоротити витрату гріючої пари на підігрівачі у 5 разів, а також оборотної води на холодильниках у 22 рази. Проведена автоматизація нової технологічної схеми.

### Література:

1. Linnhoff B., Townsend D.W., Boland D., Hewitt G.F., Thomas BEA, Guy A.R., Harsland R.H., User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy.- Rugby.: IChem E. 1982 last edition 1994. - P. 247.
2. Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Хавин Г.Л., Арсеньева О.П. Пластинчатые теплообменники в промышленности. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2004. – 232 с.
3. Розрахунок та проектування випарних установок : навч. посіб. / В.О. Коцаренко, О.О. Гапонова, К.О. Горбунов та ін. – Харків : НТУ «ХПИ», 2016. – 160с.

## **ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА РЕКТИФИКАЦИИ СМЕСИ АЦЕТОН-ВОДА**

**Селихов Ю.А., Коцаренко В.А., Гаевой М.А.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Химическая промышленность и различные ее отрасли является одним из крупнейших потребителей различных природных ресурсов, отходы этой области загрязняют окружающую среду. Обеспечить рациональное потребление ресурсов и сократить вредное экологическое воздействие химических производств можно только на основе всестороннего анализа и оптимизации всех составляющих химико-технологических систем (ХТС), с полным интегрированным учетом их взаимного влияния в структуру производственного комплекса. Проектирование ХТС, которые обеспечивают минимальное потребление энергии является одной из крупнейших технологических проблем с которой встречаются, как при проектировании, так и при реконструкции промышленных установок. Расход тепла на ректификацию жидких смесей, весьма велик, причем большая часть расходуемого тепла, обуславливается повторным испарением возвращаемой в колонну флегмы. Остальное количество расходуемого тепла приходится на долю дистиллята, отводимого из системы, и кубового остатка. Это количество тепла в значительной степени может быть регенерировано путем использования его в пределах установки самой ректификации – на нагрев начальной жидкой смеси до температуры кипения. После анализа работы существующей схемы ректификации методом пинч-анализа была предложена новая технологическая схема ректификации ацетон-вода. В новой схеме кожухотрубчатые теплообменные аппараты были заменены на пластинчатые, проведена рекуперация тепла между исходной смесью и продуктами колонны.

### **Выводы.**

1. Удалось снизить мощность горячих и холодных утилит.
2. Были снижены расходы греющего пара и охлаждающей воды.
3. Была спроектирована новая схема процесса.
4. Данный вариант позволяет максимально использовать количество тепла, которое содержится в потоках и практически не использовать внешних утилит.

### **Литература:**

1. Александров И.А. Перегонка и ректификация в нефтепереработке. – М.: Химия, 1981. – 352 с.
2. Мешалкин В.П., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А. Основы теории ресурсосберегающих интегрированных химико-технологических систем. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2006. – 412 с.
3. Основы конструирования. – М.: Химия, 1978. – 280 с.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ПОЛІРУВАННЯ МІДІ У РОЗЧИНАХ ФОСФАТНОЇ КИСЛОТИ І БУТИЛОВОГО СПИРТУ

Сільченко Д.С., Пилипенко О.І.  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків

Електрохімічне полірування є одним зі способів анодної обробки металів, який має промислове застосування. Воно використовується для декоративної обробки, виготовлення шліфів для металографічних досліджень, надання функціональних властивостей поверхні деталей. Електрохімічне полірування полягає у розчиненні поверхневого шару металу при анодній обробці в розчині електроліту. В результаті обробки з поверхні деталі видаляється зовнішній деформований шар та формується нова поверхня з вирівняним рельєфом, яка характеризується меншою величиною мікронерівностей, не має значних за товщиною оксидних або інших плівок, сторонніх включень, дефектів.

В роботі був досліджений процес електрохімічного полірування міді марки М00 у розчинах фосфатної кислоти і бутилового спирту. Встановлено, що типова анодна поляризаційна залежність (ПЗ) мідного електроду у такому розчині має три ділянки, причому процес полірування відбувається при параметрах, які відповідають визначеній ділянці ПЗ (рис. 1).

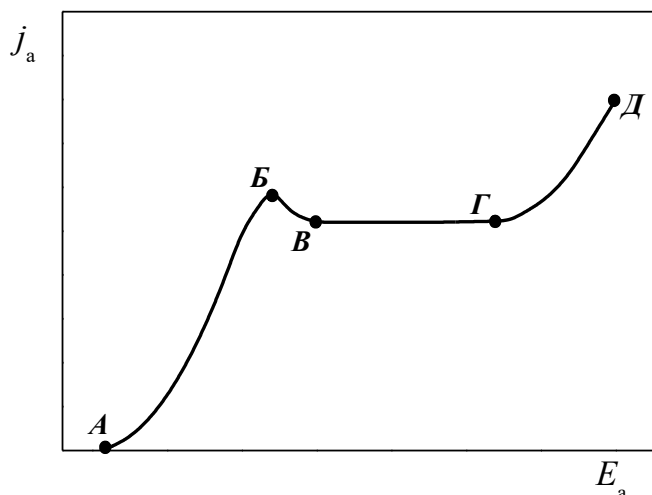


Рис. 1 – Анодна поляризаційна залежність мідного електроду у розчині фосфатної кислоти і бутанолу

Ділянки ПЗ відповідають анодному розчиненню міді з майже 100 %-м виходом за струмом (АБ), формуванню на поверхні електроду пасивної оксидно-сольової плівки (БГ) і окисненню молекул води з утворенням атомарного кисню (ГД). На останній ділянці на поверхні електроду проходять дві суміщені реакції, причому з підвищенням густини струму вихід за струмом міді знижується, а кисню – зростає.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ОКИСНЮВАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ЖИРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ДИФЕРЕНЦІЙНОЇ СКАНУЮЧОЇ КАЛОРИМЕТРІЇ**

**Ситнік Н.С., Мазаєва В.С., Федякіна З.П., Петік І.П.**

*Український науково-дослідний інститут олій та жирів*

*Національної академії аграрних наук України,*

*м. Харків*

Диференційна скануюча калориметрія (ДСК) є багатофункціональним інструментом дослідження жирових продуктів. Це простий, зручний та швидкий метод вимірювання ступеня окиснення жирів, але для досягнення достовірності та відтворюваності результатів необхідно враховувати певні рекомендації.

Для завантаження жиру використовують відкриту алюмінієву кювету або герметично закриту (із спеціальним отвором для подавання кисню). Під час проведення експериментів у відкритій кюветі максимальна температура теплового потоку при окисненні гліцерину була приблизно на 40 °С нижчою, ніж при застосуванні герметичної кювети [1].

Кількість зразка має значний вплив на форму термограми та відтворюваність експериментів, оскільки вона пов'язана з теплопередачею в кюветі. Надлишок зразка створює температурний градієнт у зразку, особливо при високих температурах нагрівання.

Що стосується швидкості нагрівання, при повільних темпах нагрівання продукти первинного окиснення, такі як гідропероксиди, утворені під час початкового етапу окиснення, реагують з надлишком кисню, утворюючи сполуки низької молекулярної маси, прискорюючи зміни в зразку. При великих швидкостях нагрівання ці проміжні продукти втрачаються через випаровування, перш ніж вони реагують з ліпідом. Однак, швидкість нагрівання не повинна перевищувати 25 °С/хв, оскільки температура зразка відрізняється від температури печі, створюючи температурний градієнт, який впливає на кінетику окиснення.

Експерименти з окиснення можуть проводитися в ізотермічному або неізотермічному режимі. У першому випадку аналітичною інформацією є час індукції окиснення, у другому – початкова температура окиснення [2]. Отже, метод ДСК дає можливість досліджувати процеси окиснення олій та жирів в одиницях часу та температури, а також визначати характеристичні параметри різних етапів окиснення.

### **Література:**

1. Castello M.L. Kinetic study of thermal processing of glycerol by thermogravimetry / M.L. Castello, J. Dweck, D.A.G. Aranda // J. Therm. Anal. Calorim. – 2011. – Vol. 105. – P. 737–746.
2. Vyazovkin S. Kinetics in solids / S. Vyazovkin, C.A. Wight // Annu. Rev. Phys. Chem. – 1997. – Vol. 48. – P. 125–149.

## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА В КИСЛОМОЛОЧНІ ПРОДУКТИ НА ПРИКЛАДІ СМЕТАНИ

Скорнякова В.С., Клещев М.Ф., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Сметана – це кисломолочний продукт, отриманий із нормалізованих, пастеризованих вершків шляхом сквашування їх закваскою, що приготовлена на чистих культурах молочнокислих стрептококів, і дозрівання при низьких температурах [1]. Сметана, при всій її жирності і високої калорійності, засвоюється нашим організмом легше, ніж вершки, з яких вона і робиться, і легше, ніж молоко, оскільки в процесі сквашування білки молока змінюються. При оцінці харчової цінності сметани значне місце належить молочному цукру, як джерелу енергії, і продукту харчування молочнокислих бактерій при сквашуванні продукту. В даний час в Україні відбувається розвиток ринку молочних продуктів в цілому, і сметани зокрема, за рахунок впровадження нової техніки у виробництво і нових добавок та заквасок [2]. Однією з актуальних проблем є розробка екологічно чистого збалансованого харчування, яке забезпечує нормальну життєдіяльність організму людини.

В рамках вирішення цієї проблеми було розроблено наступне технічне рішення, яке включає нормалізацію, пастеризацію, гомогенізацію та охолодження вершків до температури заквашування, введення комбінованої бактеріальної закваски – суміш чистих культур молочнокислих мікроорганізмів *Streptococcus thermophilus* ВКПМ В-10089, *Enterococcus durans* ВКПМ В-8731 та *Enterococcus hirae* ВКПМ В-9069 в кількості 5 мас. % [3]. Після закінчення процесу сквашування вносять біологічно активну харчову добавку "Александріна" в кількості 0,5–0,6 % від маси готового продукту. Далі технологічний процес включає перемішування, розфасовку і дозрівання.

Така зміна у регламенті дозволяє поліпшити консистенцію цільового продукту і знизити собівартість виробництва; підвищити біологічну цінність, профілактичні властивості сметани, скоротити тривалість сквашування і енергоспоживання процесу; отримати продукт з приємним ароматом, що нагадує смак тропічного плоду. Сметана, що виготовлена за пропонуваним способом, може бути використана в профілактичних цілях для корекції імунодефіциту і відновлення нормофлори кишечника. Запропонований спосіб отримання сметани є ефективним за критеріями доброякісності готового продукту та тривалості процесу отримання.

### Література:

1. Сметана. Технічні умови: ISO 4418: 2006. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 14 с.
2. Калинина Л.В. Технология цельномолочных продуктов / Л.В. Калинина, В.И. Ганина, Н.И. Дунченко. – Санкт Петербург : ГИОРД, 2008. – 248 с.
3. Пат. 2480017 Российская Федерация, МПК А23С 13/16. Способ производства сметаны «Лакомка» / Цугкиев Б.Г., Кабисов Р.Г., Петрукович А.Г., Рамонова Э.В., Адамович И.А., заявитель и патентообладатель Горский государственный аграрный университет. – №2011125259/10; заявл. 17.06.2011; опубл. 27.04.2013, Бюл. № 12.

## **ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВИТИ**

**Соловей В.В., Внукова Н.В., Желновач Г.М.**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
м. Харків*

В сучасних умовах екологічна освіта виступає як новий інтелектуальний чинник, що розкриває потенціал інноваційного прориву в економічному розвитку держави. В зв'язку з цим діяльність університетів повинна забезпечити реалізацію нової функції – доведенням досліджень до конкретних технологічних рішень, що сприятиме комерціалізації науково-технічних розробок.

Найбільш важливим завданням програми підготовки фахівців є формування і реалізація логічного ланцюга "екологічна освіта – екологічне мислення – екологічний світогляд – екологічний імператив в практичній діяльності". На сучасному етапі розвитку суспільства екологічна освіта виступає в ролі нової інтелектуальної складової, що розкриває потенціал інноваційного прориву, оскільки налаштовує менталітет суспільства на освоєння нових проривних технологій, реалізація яких вимагає якісно нових знань.

У вирішенні зазначених проблем провідну роль відіграє створення науково-навчальних центрів і комплексів, технопарків, спільних кафедр, кафедр ЮНЕСКО і дослідницьких лабораторій. Такі інституції виступають саморегульованими інноваційними системами, що сприяють розгортанню наукового бізнесу, а також інтеграцію науки, освіти, виробництва і бізнесу в єдиний інноваційний комплекс. На особливу увагу заслуговує діяльність кафедр, що працюють під егідою ЮНЕСКО. Одним із важливих завдань роботи кафедри ЮНЕСКО є інформаційно-аналітичне забезпечення і інтелектуальна підтримка при прийнятті рішень у сфері охорони довкілля екологічної і техногенної безпеки на базі сертифікації і стандартизації з відкритим доступом до баз даних, що стосуються природокористування з використанням сучасних можливостей інформаційно-комунікаційних технологій. В зв'язку з цим для зміцнення їх позицій, як системоутворюючих структур, що забезпечують інноваційну складову сталого розвитку необхідно сформулювати банк даних про реальні потреби підприємств усіх галузей економіки в інноваційних науково-технічних розробках екологічного спрямування і об'єктивних можливостях їх фінансування. Для цього потрібно розробити програму запрошення до співпраці фахівців закордонних університетів і фірм для створення філій, кафедр і лабораторій в ВНЗ з наданням державних гарантій по захисту інтелектуальної власності і фінансової діяльності.

Доцільно також внести зміни в податкове законодавство за операціями, пов'язаними з ввезенням на територію України наданого наукового устаткування, а також в частині оподаткування на додаткову вартість робіт, пов'язаних з виконанням наукових досліджень в галузі екології та захисту навколишнього середовища.

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ОЦІНКИ РАДОНОНЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ХВОСТОСХОВИЩА РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ

Солодовнікова Л. М.

*Державна наукова установа «Науково-технологічний комплекс  
«Інститут монокристалів» Національної академії наук України,  
м. Харків*

Для України екологічна безпека при видобуванні та переробці уранової сировини є вкрай актуальною проблемою – хвостосховища радіоактивних відходів відносять також до техногенно-посилених природних джерел іонізуючого випромінювання [1–3]. Дослідження проводилися за результатами високоточного радонового моніторингу 2-ї секції Сухачевського хвостосховища радіоактивних відходів з метою визначення загальних положень оцінки радонебезпеки: попередня оцінка кількості накопиченого радону–222 в одиницях об'ємної активності за рік; термін експлуатації та абсолютна відмітка заповнення хвостосховища; вид та наповнення захисної дамби; відстань до жилої зони і т.д. Проведена оцінка можливостей перевищення значень об'ємної активності радону–222 в повітрі навкруги хвостосховища. Також отримана оцінка радонебезпечності території хвостосховища по густині потоку радону–222 з його поверхні. На підставі проведених оцінок підтверджена радонебезпечність обстежених територій за існуючими критеріями небезпеки територій (табл.1: ЕРОА – еквівалентна рівноважна об'ємна активність радону–222; ОА – об'ємна активність радону–222 на поверхні території яка досліджується).

Таблиця 1 – Критерії потенційної радонебезпеки територій

Категорії потенційної радонебезпеки територій	ЕРОА радону, Бк·м <sup>-3</sup>	Щільність потоку радону J, мБк·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	ОА радону С <sub>Rn</sub> , кБк·м <sup>-3</sup>
I	< 25	< 20	<< 10
II	25 – 100	20 – 80	10 – 40
III	> 100	< 80	> 40

Показано, що потік радону–222 з поверхні хвостосховища можна зменшити, використовуючи сучасні технології ізоляції і рекультивації хвостосховищ. Розглянута можливість подальшого використання вільного об'єму хвостосховища з урахуванням радіаційної складової відходів, що скидаються. Аналіз отриманих даних показав, що більш об'єктивним критерієм радонебезпеки є величина щільності потоку радону–222 [3].

### Література:

1. Государственная программа приведения опасных объектов производственного объединения ПО «ПХЗ» в экологически безопасное состояние и обеспечение защиты населения от вредного воздействия ионизирующего излучения», утверждённая постановлением КМ Украины от 26.11.2003г.№1846.
2. Солодовникова Л.Н. Метрологическое обеспечение экологических мониторингов радона в Украине. Труды VIII Международной научно-технической конференции «Метрология и измерительная техника» (Метрология-2012) т. II / Л.Н. Солодовникова – Х.: ННЦ «Институт метрологии». 2012. – 640с. - с. 592-599.
3. Солодовникова Л.Н., Тарасов В.А. Эколого-химические проблемы и радоноопасность отходов при переработке уранового сырья в Украине. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2/11 (62). 2013. – с. 24–27.

## **ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРОДУКТИ ХАРЧУВАННЯ ЯК ПРОФІЛАКТИКА СТРЕСУ**

**Старовойтова С.О.**

*Національний університет харчових технологій,  
м. Київ*

Мета дослідження – виявити взаємозв'язок між кишковою мікробіотою і наслідками порушення гомеостазу організму під впливом стресових факторів, а також способи запобігання стресових впливів на макроорганізм.

Існує функціональний зв'язок між шлунково-кишковим трактом (ШКТ) і центральною нервовою системою (ЦНС) організму господаря. Цей зв'язок двонаправлений і включає анатомічні взаємозв'язки, такі як блукаючий нерв і гуморальні компоненти, включаючи імунну і гіпоталамус-гіпофіз-надниркову систему. Іншим ключовим гравцем в цій взаємодії є кишкова мікробіота.

Фізичний і психологічний стрес впливає не тільки на імунну систему, а й на гормональний і гомеостаз ШКТ. Імунні механізми регулюються гіпоталамус-гіпофіз-наднирковою системою, а також впливом нейронів через симпатичну, парасимпатичну і пептидергічну / сенсорну іннервацію периферичних тканин. Стресові умови можуть призвести до дисбалансу між про- і протизапальними цитокінами або до неконтрольованого виробництва цитокінів. Дисрегуляція вроджених і адаптивних кишкових імунних відповідей, спрямованих проти бактеріальної флори, включаючи руйнування оральної толерантності до антигенів навколишнього середовища і комменсалів, залучені в кілька патогенетичних механізмів [1].

Кишечник приймає регуляторні сигнали від ЦНС, і навпаки. Таким чином, взаємозв'язок кишечник-мозок описує інтегративну концепцію фізіології, яка включає всі: аферентні і еферентні нервові, ендокринні, поживні та імунологічні сигнали між ЦНС і ШКТ. Вегетативна нервова система і гіпоталамус-гіпофіз-надниркова система, які підтримують зв'язок між ЦНС і внутрішніми органами можуть модулювати фізіологію кишечника, наприклад перистальтику, секрецію і проникність епітелію, а також системні гормони, які, в свою чергу, впливають на середу в біотопах проживання мікробіоти, а також взаємодія господар-мікробіом на слизовій оболонці. Зовнішні сигнали, отримані від місцевої мікробіоти впливають на пренатальний і постнатальний програмування розвитку головного мозку.

**Висновки.** Пробиотики і функціональні продукти харчування, збагачені відповідними пробіотичними мікроорганізмами можуть впливати на дію мікробіома кишечника на ЦНС і функцію мозку. Ці функціональні харчові компоненти та лікарські засоби можуть не лише відновити кишковий гомеостаз для поліпшення когнітивної чи емоційної функції. Вони можуть використовуватися також для профілактики і лікування неврологічних розладів та для підтримки функціональності імунної системи у стресових суб'єктів.

### **Література**

1. Старовойтова С.А., Карпов А.В. Иммунобиотики и их влияние на иммунную систему человека в норме и при патологии // *Biotechnology. Theory and Practice.* – 2015. - №4. – С. 10 - 20.

## **БІОТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНОЇ ВОДИ**

**Стародубова А.А., Звягінцева О.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Якість питної води для населення України не завжди відповідає необхідним санітарно – гігієнічним нормам. В Україні спостерігається неухильне щорічне збільшення кількості понаднормово забруднених джерел питної води[1]. Стан річної води по індексу ІЗВ у верхній частині в 2016 році оцінювався як 3 – «помірно забруднена». Після впадіння притоки р. Уди індекс ІЗВ збільшується вдвічі та стан річкової води значно погіршується і оцінювався як 4 – «забруднена». Нижче впадіння притоки р. Мжа індекс ІЗВ значно знижується (з 3,3 до 2,61), що вказує на її позитивний вплив, але клас якості покращується до 3 – «помірно забруднена» лише у створі с. Червона Гусарівка[2]. Забруднення природних вод нітратами зростає катастрофічно по всьому світі. В Україні згідно з чинними ДСанПіН 2.2.4.171–10 вміст нітратів встановлено на рівні  $\leq 50$  мг/дм<sup>3</sup>, нітритів –  $\leq 0,5$  мг/дм<sup>3</sup>.

Очистити природну воду від нітратів можливо фізико-хімічними і біологічними методами. Для видалення нітратів розроблені технології із застосуванням іонного обміну, зворотного осмосу, електродіалізу, нанофільтрації. Разом із значною ефективністю дані методи мають недоліки. Нині світові технології видалення азотовмісних сполук із питної води передбачають застосування біофільтрів. Біологічна нітрифікація зазвичай являє собою двоступеневий процес, під час якого відбувається послідовне окиснення амонію в нітрит, і нітриту в нітрат. Бактерії-нітрифікатори заселяються та закріплюються на фільтрувальному матеріалі фільтрів водопідготовки. Останні роки проводилися дослідження очищення питної води від надлишку в ній нітратів за допомогою пробіотичних бактерій, які, як відомо, не тільки нешкідливі, а й вважаються корисними для здоров'я людей різних вікових груп. Використання їх методики приводило до стабільного зниження концентрації нітратів до рівня менше 2,5 мг/дм<sup>3</sup>[3].

Таким чином, актуальним є очищення природної води від нітратів методом біологічної денітрифікації.

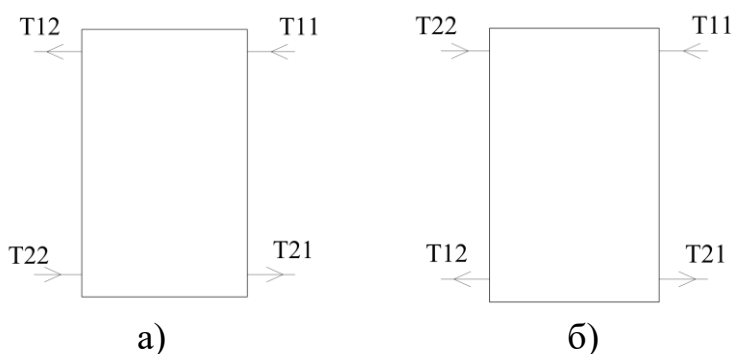
### **Література:**

1. Дмитренко Т.В., Яковлев В.В, Костенко Н.В. Экологические аспекты использования родниковых вод урбанизированных территорий для питьевого водоснабжения (на примере г. Харькова) // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2003. – Вип. 21. – С. 209-224.
2. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2016 році. – Х. : Державне управління охорони навколишнього природного середовища у Харківській області, 2017. – 212 с.
3. Пат. 91861 UA Спосіб доочищення питної води від нітратів / Гвоздяк П.І., Сапура О.В.; заявл. 10.04.2014; опубл. 25.07.2014, Бюл. № 14.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКУМУЛЯТОРОВ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Титарь С.С., Юрковский С.Ю., Пуникверский А.Ф., Кушниренко В.И.  
*Одесский национальный политехнический университет,  
г. Одесса*

Важным фактором, влияющим на эффективность использования аккумуляторов горячей воды, является способ подключения источников теплоты. Для анализа эффективности работы аккумулятора было произведено моделирование процессов для наиболее распространенной схемы подключения теплоносителей (рис. 1а) и для альтернативной схемы подключения (рис. 1б).



а) параллельная схема, б) перекрестная схема;

T11 – подающая магистраль источника тепла, T12 – подающая магистраль потребителя тепла, T21, T22 – обратная магистраль источника и потребителя тепла, соответственно

Рис. 1 – Схемы подключения теплоносителей к аккумуляторам горячей воды

Результаты численного моделирования показали, что применение традиционных подключений теплоносителей к аккумулятору теплоты (параллельная схема движения потоков и совмещенная схема движения потоков) приводит к менее эффективному использованию объема бака-аккумулятора (АК) из-за неравномерного распределения температур в АК во время зарядки и увеличения незадействованного объема АК при разрядке. При использовании перекрёстной схемы движения потоков распределение теплоты по объему бака-аккумулятора более равномерное за счет перекрёстного течения теплоносителей и высокой степени смешивания потоков. Это позволяет в полной мере задействовать для аккумуляции весь объем бака. Однако применение схемы перекрёстного движения потоков приводит к снижению температуры в подающей магистрали потребителя

### Литература:

1. Климчук Олександр, Шевчук Володимир, Лужанська Ганна, Остапенко Людмила, Фоміна Ірина. Підвищення ефективності використання ємності баків акумуляторів теплоти // Тези доповідей другої міжнародної науково-практичної конференції «Project, Program, Portfolio, Management». 2017. – С. 96–100



## ОТРИМАННЯ СТЕКОЛ З ХІМІЧНО МОДИФІКОВАНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ДЛЯ ІММОБІЛІЗАЦІЇ ФЕРМЕНТІВ

Толстоусова О.В.<sup>1</sup>, Скородумова О.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,

м. Харків

У зв'язку зі стрімким розвитком біотехнології, хімічних технологій, медицини та інших галузей науки виникає потреба в більш досконалих матеріалах для масового використання. Велика увага, здебільшого за кордоном, приділяється розвитку робіт, які присвячені проблемам отримання неорганічних носіїв з активними речовинами на їх поверхні для застосування в біотехнологіях.

Дана робота є актуальною і направлена на отримання конкурентоспроможного, більш дешевого способу отримання біологічно активних скляних носіїв у відмінності від існуючих, скороченні стадій і використання більш м'яких умов обробки, зменшення енерговитрат та використання недорогих стекел масових (промислових) складів. Окрім того, метод хімічного модифікування дає можливість покращити фізико-хімічні властивості носіїв та отримати більш міцні зв'язки поверхні з активною речовиною для подальшого їх використання в біотехнології.

Для досліджень застосовували стекла промислових складів, (мас.%):  $\text{SiO}_2$  – 74,2;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 5,4;  $\text{B}_2\text{O}_3$  – 8,3;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 7,9;  $\text{K}_2\text{O}$  – 1;  $\text{CaO} + \text{MgO}$  – 3,2 и  $\text{SiO}_2$  – 72,7;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 1,42,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 13,4;  $\text{CaO}$  – 8,4;  $\text{MgO}$  – 3,6;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,11,  $\text{SO}_3 \leq 0,4$ . Фазовий склад експериментальних зразків вивчали за допомогою рентгенофазового (рентгенівський дифрактометр ДРОН-3М,  $\text{Cu}_K$ -випромінювання) та петрографічного (поляризаційний мікроскоп МИН-8) методів аналізу. Фізико-хімічні процеси, що проходять в сумішах солей літію при нагріванні, досліджували за допомогою диференційно-термічного аналізу (дериватограф ОД-103). Кількість закріплених реакційноспроможних груп на поверхні скла визначали методом хімічного аналізу. Оцінку структурного стану Al-B-Si стекел (промислового складу) проводили за допомогою критерію  $\Delta O$ . Активність іммобілізованого ферменту визначали йодометричним методом.

Отримання біологічно активних стекел складається з наступних етапів: 1) підготовка поверхні стекел; 2) активація поверхні стекел в розплавах солей літію; 3) хімічне модифікування поверхні стекел кремнійорганічною сполукою; 4) іммобілізація ферменту на поверхню стекел.

Експериментально доведено, що попереднє проведення високотемпературного іонного обміну розплавами солей літію істотно підвищує реакційну спроможність поверхні скла, а саме кількість прищеплених аміногруп на поверхні силікатних стекел при наступному їхньому модифікуванні 3,4-АПТЕС. Кількість аміногруп на поверхні Na-Ca-Si скла підвищується до 3,7 раз, а на поверхні Al-B-Si скла до 4,8 рази. Показано, що іммобілізований фермент зберігає свою активність протягом трьох місяців.

## **МЕХАНОХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ В СМЕСЯХ ПОРОШКОВ**

**Толчинский Ю.А., Гусева Н.И., Бондаренко Н.С.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Настоящее исследование посвящено построению микромасштабной модели механохимической реакции в порошковых фазах, находящихся в состоянии сдвигового движения. В этом движении порошки находятся в сдавленном состоянии. Частицы, из которых они состоят, движутся относительно друг друга так, что реагирующие частицы испытывают напряжения и деформации сдавливания и сдвига. В ходе таких напряжений и деформаций развиваются большие температуры, и происходит химическое превращение с образованием новой фазы. Рассматривается химическая реакция вида: твердое плюс твердое → жидкое. Жидкая фаза в виде микромасштабных включений распределяется в межчастичном пространстве порошковой системы в виде капель и пленок. Тем самым она модифицирует физико-механические свойства межчастичных контактов. По мере развития химической реакции количество и объем жидкой фазы растут так, что в конечной стадии превращения образуется суспензия. В ходе реакции реагирующая движущаяся смесь претерпевает последующие реологические изменения. В начальной стадии смесь двух сыпучих тел представляет собой двухкомпонентное тело Кулона с сухим трением между частицами. В ходе движения в местах контакта частиц образуется новая фаза, выполняющая роль смазки, из-за чего реагирующая смесь приобретает черты вязкопластического тела с вязкостью и порогом текучести, которые зависят от степени превращения. Стадия вязкопластического течения состоит из трех подстадий: граничного трения, вязкого гидродинамического трения, подшипникового трения. Когда количество жидкой фазы становится достаточным, наступает стадия суспензии. В этой стадии фазы меняются местами: твердая фаза, бывшая сплошной, становится дисперсной несомой, а жидкая фаза, бывшая дисперсной и несомой, становится несущей. В зависимости от стехиометрии реакции на финальной стадии остается либо чистая жидкость, либо суспензия. На начальной стадии, которая следует за стадией зародышеобразования, определяющую роль играет микрошероховатость поверхности частиц, которая определяется их предысторией и особенностями измельчения материала. Темп образования новой фазы определяется нормальными и касательными напряжениями в области контакта. Рассмотрены два вида деформирования в области контакта: упругий и пластический. Для этих видов найдены величины площадей видного и истинного контактов как функции общего давления в смеси порошков. Установлено, что скорость образования новой фазы зависит не только от давления в межчастичном контакте, но и от относительного движения частиц, которое определяет «скорость» встречи мест образования новой фазы. Построены кинетические уравнения для частоты встречи микрошероховатостей в условиях сдвигового течения. Получено и исследовано уравнение вязкопластического состояния в зависимости от количества и характера распределения жидкой фазы в условиях пленочного и порового распределения.

## **ТЕПЛОМАСООБМЕН ПРИ ОТВЕРДЕВАНИИ ПОЛИМЕРА**

**Толчинский Ю.А., Гусева Н.И., Гаевой М.О.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В данной работе рассматривается процесс отвердевания пучка полимерных нитей, которые выходят из реактора полимеризации и в процессе вытягивания избавляются от растворителя и отвердевают. Этот процесс является процессом сопряжения тепломассообменных процессов. Он состоит из стадии движения низкомолекулярного растворителя поперек тела нити полимера. Нить считается такой, что имеет цилиндрическую форму и участвует в продольном самой себе движении. Все нити, входящие в пучок, обдуваются поперечным потоком горячего воздуха. По мере выхода растворителя на поверхности нитей они образуют пленки, покрывающие эти поверхности. Под влиянием воздуха на поверхности пленок образуются волны, которые теряют устойчивость по механизмам Рэлея-Тейлора и Гельмгольца-Кельвина, в результате чего на поверхности раздела фаз растворитель-воздух образуются микрокапли. Эти капли срываются потоком воздуха и уносятся с последующим испарением в потоке. В работе проанализирован описанный выше процесс для случая, когда пучок нитей движется горизонтально так, что сила тяжести не оказывает влияния на движение пленки; и для случая, когда пучок движется под углом к плоскости земли так, что сила тяжести порождает стекание пленки. Для описанного здесь процесса сформулированы уравнения тепломассообмена, которые позволяют определить тепловые и материальные потоки в пленке. Процесс поперечного переноса тепла определяется тремя коэффициентами теплоотдачи: одним – на границе нить-пленка; другим – на границе пленка-воздух со стороны пленки; третьим – на границе пленка-воздух со стороны воздуха. При анализе теплообмена учитывается наличие дополнительного объемного источника тепла, связанного с процессом отвердевания полимера. Сам процесс отвердевания рассматривается как проходящий по двум механизмам: механизму каплеобразования с последующим испарением капель в потоке (механизм сдувания); механизму прямого испарения с поверхности раздела фаз. Реально имеет место сочетание обоих механизмов. В работе изучены случаи, когда нить испаряется с поверхности, через капли и в сочетании и определены материальные потоки. Для механизма срыва и испарения капель определены характерные времена каплеобразования и дисперсный состав капель, и время их испарения. Определены гидродинамические характеристики пленок, покрывающих нити в приближении ламинарного и турбулентного режима течения в двух предельных случаях: первым, когда межфазным трением пленка-воздух можно пренебречь; вторым, когда такое трение является значимым. В работе принимается, что режим движения воздуха поперек полимерного пучка является турбулентным, а само движение является стесненным. Поэтому все рассмотренные выше процессы тепломассообмена отдельной полимерной нити подвергаются процедуре перенормировки в рамках приближения самосогласованного поля. В работе учитывается взаимное гидродинамическое влияние капель и воздуха.

## **ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ИЗМЕНЕНИЙ НА ТЕЧЕНИЕ НЕКЛАССИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ**

**Толчинский Ю.А., Вербя А.Г., Костенко О.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В работе рассматриваются неклассические жидкости, которые участвуют в продольном течении в трубе и канале. Под неклассическими понимаются жидкости, уравнение реологического состояния которых не относится ни к одному из известных типов.

В работе рассматривается семь видов уравнения реологического состояния, каждое из которых представляет собой дробно-рациональное соотношение между скоростью сдвига и вязкостью жидкости. В каждое такое соотношение входят два параметра: некоторая характеристическая вязкость и некоторая характеристическая скорость сдвига. Указанные соотношения описывают такое реологическое поведение: монотонно загустевающую и монотонно разжижающуюся жидкости; жидкость разжижающуюся и загустевающую, достигающую минимума значения вязкости; и три вида жидкости, которые имеют простую особенность значения вязкости при некотором значении скорости сдвига, не лежащем на бесконечности. Для всех перечисленные виды уравнения реологического состояния рассмотрена задача продольного течения в трубе или канале. Течение является продольным и управляется продольным же градиентом давления. Считается, что на границах области течения выполняются условия прилипания. Решены в явном виде все задачи продольного течения, найдены выражения для профилей скорости и величины расхода как функции градиента давления и двух характеристических параметров, описанных выше. Показано, что профили скорости всех течений состоят из двух ветвей, каждая из которых растет от границ и пересекается с другой ветвью внутри течения. Само течение зависит только от одной координаты поперек канала. Точка пересечения ветвей профиля скорости находится из условия его непрерывности и представляет собой, по существу, характеристику течения. Установлено, что все течения имеют профили скорости, существенно нелинейно зависящие от продольного градиента давления. Предложен общий приближенный способ и найдена общефункциональная зависимость для координаты точки пересечения ветвей. Полученные результаты допускают обобщение на случаи продольного течения с движущимися вдоль самих себя границами с произвольными по величине и направлению значениями граничной скорости. Результаты настоящей работы можно применять к практическим случаям течения жидкостей, которые имеют сложную молекулярную структуру и состоящих из молекул с большим молекулярным весом, образующие пространственные конформации различных порядков, а также для жидкостей с малым и средним молекулярными весами, но образующих мицеллоподобные структуры. Также результаты настоящей работы можно использовать для описания течений эмульсий и суспензий. Во всех этих случаях наблюдаются изменения микроструктуры под действием скорости сдвига.

## **СОПРЯЖЕНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ТЕЧЕНИИ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ**

**Толчинский Ю.А., Верба А.Г., Любивец А.И.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В данной работе изучается гидродинамика продольного течения неньютоновской жидкости совместно с продольно-поперечным теплообменом от границ области течения. В качестве последней выбраны труба и канал. Продольное течение реализуется в двух случаях: в первом, когда течение в целом является стоксовым; во втором, когда оно является асимптотически установившимся инерционным. В качестве неньютоновской рассматривается такая жидкость, реологическое состояние которой описывается бингамовской моделью. Реология текучей части течения может быть ньютоновской или описываться моделью степенной жидкости. Для описанной выше неньютоновской жидкости рассматриваются тепловые процессы плавления и отвердевания. В отличие от классической постановки задачи течения бингамовской жидкости, в которой квазитвердое ядро считается расположенным внутри течения, в настоящей работе считается возможным образование еще одного или двух квазитвердых ядер, расположенных возле границ. Если ядро располагается внутри, то оно окружено двумя текучими частями течения. Если же имеются ядра, примыкающие к границам области течения, то текучие части его окружены ядрами. Эти два случая принципиально отличаются. Для первого случая – единственного ядра граничные условия являются стандартными условиями прилипания. Это справедливо как в случае неподвижных, так и движущихся границ. Скорости движущихся границ не ограничены ничем, кроме условия продольности. Для второго случая, когда число ядер больше одного, возможны два таких дополнительных случая: один – когда приграничные ядра прилипают к границам; другой – когда одно или оба ядра отрываются от границ так, что имеет место приграничное скольжение. Это явление в работе описывается посредством модели тонкого смазочного слоя по подшипниковому типу. Описанные выше случаи мотивированы следующими основаниями. Процесс отвердевания начинается от холодных границ трубы или канала и распространяется в глубину, вызывая отвердевание, растущее от границ. Значительный продольный градиент давления в совокупности с большой величиной вязкости текучей части, заключенной между ядрами может оторвать от границ периферийные ядра. Если же совместного действия перечисленных факторов недостаточно, то периферийные ядра прилипают к границам. Для изложенной выше картины сформулированы и решены уравнения гидродинамики и теплообмена. В последних учтены источники тепловыделения (отвердевание) и теплопоглощения (плавление) при фазовых переходах, а также диссипативные источники тепла. На внутренних и внешних межфазных границах используется краевое условие Ньютона с коэффициентами теплоотдачи. Для смазочных приграничных слоев при отрыве ядер от границ используются условия непрерывности скорости и тензора напряжений на межфазных границах.

## **МОДЕЛИ ФИЗИКОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕНЬЮТОНОВСКОЙ МНОГОФАЗНОЙ СМЕСИ**

**Толчинский Ю.А., Верба А.Г, Польшко В.Р.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В работе рассмотрено произвольное течение сложной жидкости, для описания реологии которой используется бингамовская модель с квазитвердым ядром и текучей частью, состоящей из течений, моделью которой является степенная жидкость. Эта стандартная модель подвергается расширению в следующих направлениях: в направлении возможного скольжения по границам области течения; в направлении придания ядру течения слабо выраженных свойств текучести; в направлении введения в величину порога текучести зависимости от скорости сдвига; в направлении введения в величину характеристической вязкости и порога текучести зависимостей от температуры; в направлении введения в величину характеристической вязкости зависимости от объемного содержания газовых или жидких включений; в направлении построения коэффициента теплопроводности газожидкостной эмульсии для текучей части течения; в направлении описания кинетики газосодержания текучей части течения; в построении модели турбулентной вязкости газовых и жидких эмульсий. Расширение возможностей стандартной модели значительно увеличивает степень ее пригодности при описании реальных течений сложных составных жидкостей. Модель скольжения на границах связывает величину скачка приграничной скорости твердого ядра со скачком порога текучести ядра с помощью характерного микромасштаба отвердевающей частицы (элементарного зерна). Из условий непрерывности скорости и сдвигового напряжения определяется скорость скольжения. Модель определения параметров ядра – границ и скорости обобщена на случай произвольных зависимостей вязкости и порога текучести от температуры и решена, в качестве примера, продольная задача течения в трубе и канале. Предложена феноменологическая модель характеристической вязкости и индекса текучести эмульсии, исходя из асимптотических свойств течения в стоковом и умеренно инерционном режимах по локальному числу Рейнольдса. На основе закона Генри разработана модель объемного содержания газовой фазы в виде газовых пузырьков, которая учитывает влияние давления и температуры в смеси. В этой модели используются следующие специальные подмодели: подмодель зародышеобразования пузырьков, которая позволяет вычислить оценочно число центров зародышеобразования и вероятность их появления. Перечисленные величины зависят от степени локального пережатия и перегрева несущей жидкости. Из уравнения роста пузырька в этой модели получается оценка характерного его размера. Для решения задач теплообмена необходимо знать коэффициенты теплоотдачи на границах ядра и области течения. Во все эти коэффициенты теплоотдачи входит коэффициент теплопроводности смеси. В работе основе ячеечной модели Рэлея построено выражение для коэффициента теплопроводности смеси для случая отсутствия микромасштабных движений внутри отдельных включений. Дано обоснование перехода от этого нереалистического случая к реалистическому.

## **МОДЕЛЬ ЭМУЛЬГИРОВАНИЯ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ**

**Толчинский Ю.А., Гусева Н.И., Фридман А.У.**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В настоящей работе рассматривается поведение макроскопического включения одной жидкости в другую, которая является несущей. Предполагается, что включение имеет скорость как целого, отличную от скорости объемлющей жидкости. Отличие скоростей обусловлено инерцией включения. Несущая жидкость обтекает включение. Такое обтекание может быть стесненным и нестесненным. Фактором стесненности являются границы области течения. Если характерный масштаб включения одного порядка величины с размерами области течения, то течение считается стесненным, а если это условие нарушается – то нестесненным. Поскольку свойства жидкостей во включении и вокруг него различны, постольку оно будет или всплывать или тонуть. В каждом из этих случаев возникает задача обтекания включения объемлющим потоком. Процесс обтекания порождает неустойчивость поверхности раздела фаз. Развитие этой неустойчивости можно описать, используя модель обтекания «крыловидного» профиля и модель развития сдвиговой неустойчивости по механизму поверхностных волн. В модели обтекания крыловидного профиля используется модель идеальной жидкости с граничным условием непротекания через межфазную границу, а на самой границе образуется ненулевая циркуляция. Такая циркуляция может быть представлена совокупностью отдельных вихревых нитей, которые стекают с включения в его кормовой точке, образуя спиралевидный след, который, в свою очередь, закручивается в спираль. Эта спираль состоит из захваченных ею участков, как объемлющей жидкости, так и жидкости, из которой состоит включение. В участках спирали развиваются неустойчивости по механизмам Гельмгольца–Кельвина и Рэлея–Тейлора. В результате развития неустойчивостей спираль разделяется на фрагменты, принимающие каплевидную форму. Дальнейшая эволюция фрагментов зависит от вязкости обеих жидкостей, их плотностей, разницы скоростей фаз и их удельных поверхностных энергий. Каплевидные включения могут претерпевать дальнейшее дробление или коагуляцию до наступления равновесного состояния. На боковой поверхности течения развиваются волны. Эти поверхностные волны сначала растут, постепенно достигая амплитуды, сравнимой по порядку величины, с размерами включения. Волны малых амплитуд можно анализировать в рамках линейной теории волн. Волны большой амплитуды можно рассматривать в рамках теории «мелкой воды». В этой теории большие волны опрокидываются и разрушаются. Применение теории мелкой воды к случаю макроскопического включения имеет особенность, состоящую в том, что большие волны при опрокидывании не разрушаются, а закручиваются в спираль, захватывая при этом обе жидкости – включения и объемлющую. Далее в них развиваются упомянутые выше оба типа неустойчивостей по тому же сценарию, как и при схождении завихренности с кормы в рамках модели обтекания крылового профиля.

## **СТРУМОПРОВІДНІ ПЛІВКИ ДЛЯ ПРОЗОРИХ СИТАЛОВИХ ПОГЛИНАЧІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

**Топчий В.Л.<sup>1</sup>, Саввова О.В.<sup>1</sup>, Брагіна Л.Л.<sup>1</sup>, Петров Д.В.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

*<sup>2</sup>ДП «Ізюмський приладобудівний завод»,  
м. Ізюм*

Проблема захисту від впливу електромагнітних сигналів в широкій смузі частот значно зросла у зв'язку зі збільшенням кількості джерел електромагнітного випромінювання (ЕМВ). Розробка систем захисту, екранування і поглинання ширококутового ЕМВ є складною задачею. При екрануванні надвисокочастотного (НВЧ) випромінювання важливо забезпечити високу електропровідність матеріалів, однак, ця властивість є важкосумісною з прозорістю для видимого світла. Для захисту доцільно використовувати струмопровідні плівки, які характеризуються достатнім ослабленням та відрізняються від листових матеріалів меншою вагою та вартістю. Скломатеріали з струмопровідним покриттям повинні забезпечувати необхідну ефективність екранування при незначному зниженні їх оптичних властивостей. Нанесення тонких струмопровідних прозорих плівок дозволяє отримати захисне скло з послабленням НВЧ-випромінювання близько 30 дБ. Однак зростаючі вимоги за твердістю, в'язкістю руйнування, світлопроникністю, технологічністю та здатністю екранувати НВЧ-випромінювання стали поштовхом для розробки високоміцних прозорих матеріалів, які здатні витримувати високошвидкісні механічні навантаження, екранувати та поглинати ЕМВ, що є важливим для маскування засобів озброєння та військової техніки від спостереження радіолокаційними засобами. Тому розробка захисних високоміцних прозорих склокристалічних матеріалів є актуальною задачею на вирішення якої спрямована дана робота.

Метою роботи є встановлення можливості використання літійсилікатних склокристалічних матеріалів та струмопровідних плівок для одержання прозорих ситалових захисних поглиначів, які зменшують відбиття НВЧ-випромінювання.

Склокристалічні матеріали були отримані на основі літій силікатних стекел за скляною технологією в умовах низькотемпературної варки при температурі 1270 °С та термічної обробки: відпал – 420° С, 30 хв; I стадія – 630 °С, 30 хв; II стадія – 850 °С, 5 хв. Плівки на основі SnO<sub>2</sub>–In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>– MgO були нанесені методом електронно-променевого випромінювання на установці ВУ-1А під вакуумом при температурі 250÷300°С впродовж 3 годин в умовах ДП «Ізюмський приладобудівний завод». Товщина плівки склала 20÷100 нм.

Розроблений склокристалічний матеріалів з вмістом дисилікату літію близько 50 об.% характеризується світлопроникністю  $\approx 70$  %, низькою щільністю 2,38 г/см<sup>3</sup>, високими механічними властивостями: твердістю за Віккерсом 8,74 ГПа, коефіцієнтом інтенсивності напруг 3,1 МПа·м<sup>0,5</sup>, модулем Юнга 307 ГПа, Забезпечення коефіцієнту поглинання в межах 20÷30 дБ дозволяє вважати розроблений склокристалічний матеріал перспективним при одержанні прозорих ситалових захисних поглиначів для військової техніки.



## СКЛОКРИСТАЛІЧНІ ПОКРИТТЯ ПО СПЛАВАХ ТИТАНУ В СИСТЕМІ $R_2O-RO-CaF_2-R_2O_3-P_2O_5-SiO_2$ ДЛЯ СТОМАТОЛОГІЧНОГО ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ

Фесенко О.І., Саввова О.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У зв'язку з важливістю вирішення проблеми забезпечення здоров'я нації в умовах техногенного впливу інтенсивно розвиваються дослідження, спрямовані на одержання біосумісних матеріалів для ортопедичної, щелепно-лицевої хірургії та стоматології.

На даний час в Україні використовують металічні, керамічні та композиційні матеріали, головним чином, імпортного виробництва, які характеризуються значним терміном зрощування з кісткою, високою собівартістю, коротким терміном експлуатації, незадовільними фізико-хімічними властивостями й відсутністю захисту від біоуражень сусідніх тканин. Для стоматологічного ендопротезування найбільшого використання набули біосумісні титанові імплантати, що характеризуються високими механічними показниками, але є біоінертними. Для надання біоактивних властивостей титановим імплантатам використовують кальційфосфатні керамічні покриття. Однак покриття даного типу характеризують низькими значеннями тріщиностійкості, міцності зчеплення з металевою основою та значним терміном зрощування з кісткою внаслідок значної різниці ТКЛР компонентів та значної хімічної стійкості фосфатів кальцію. Вирішенням цієї проблеми є створення нетоксичних склокристалічних покриттів по сплавам титану з високими механічними властивостями та визначеним рівнем біоактивності, відносно кісткоутворюючих клітин та патогенних мікроорганізмів, на основі резорбційних кальційфосфатосилікатних стекел, що і обумовило актуальність даної роботи.

Метою роботи є розробка складів біоактивних склокомпозиційних кальційфосфатосилікатних покриттів по титану для стоматологічного ендопротезування з необхідною механічною міцністю в умовах змінних навантажень та технологічних параметрів їх одержання.

В рамках роботи розроблені нові нетоксичні, зміцнені склокристалічні покриття по титану на основі системи  $R_2O-RO-CaF_2-R_2O_3-P_2O_5-SiO_2$  для дентального протезування. На основі проведених досліджень розчинності стекел оптимізовано склад вихідних СКМ та за шлікерною і електрофоретичною технологіями в умовах низькотемпературної короткотривалої термічної обробки ( $T=780\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\tau \approx 1,5\text{ хв}$ ) одержано склокристалічні покриття по титану ВТ1-00. Одержані покриття характеризують необхідними фізико-механічними властивостями ( $H = 6,64\text{ ГПа}$ ,  $K_{IC} = 2,78\text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ ) та біоактивністю відносно кісткоутворюючих клітин (збільшення індексу форми кісткоутворюючих клітин на 16 %) та патогенних мікроорганізмів.

За результатами проведених досліджень встановлено перспективність застосування розроблених кальційфосфатосилікатних склокристалічних покриттів по титану при проведенні відновлювального зубопротезування.

## **РОЗРОБКА СКЛАДІВ СПЕЦІАЛЬНИХ В'ЯЖУЧИХ ДЛЯ ДОВГОТРИВАЛОГО ПОХОВАННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ**

**Фокін В.В., Христич О.В.**

*Національний університет цивільного захисту України,  
м. Харків*

На теперішній час у світі існує понад 440 атомних реакторів, які виробляють десятки тонн атомних відходів, цикл напіврозпаду деяких з них складає десятки, сотні а інколи тисячі років. Вони випромінюють небезпечні радіаційні промені, що можуть призводити до мутацій та пошкоджують генотип усіх більшості живих організмів навколо них, та несуть пряму загрозу для природи. У світі накопичено більш 200 тис. тонн відпрацьованого ядерного палива. Щорічно до них додається ще 10-12 тис. тонн – від АЕС, медичних закладів, промідприємств, дослідних центрів та інших установ, пов'язаних із застосуванням радіоактивних матеріалів, тому проблема утилізації радіоактивних відходів останнім часом набуває надзвичайно важливого значення [1].

Для рішення проблем утилізації та зберігання радіоактивних відходів представляє інтерес розробка нових складів в'язучих матеріалів спеціального призначення, що мають комплекс заданих цінних експлуатаційних характеристик: підвищену міцність, жаростійкість, стійкість до дії агресивних чинників – корозійного середовища, іонізуючих випромінювань, тиску тощо, сприяє розширенню областей застосування бетонів, отриманих на основі таких матеріалів [2].

За результатами, проведених теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень встановлена принципова можливість отримання та синтезовано матеріали на основі сполук трикомпонентної системи  $BaO-Al_2O_3-Cr_2O_3$ . Отримані цементі є високоміцними – до 60 МПа, швидкотужавіючими – початок тужавіння від 8 хв. до 2 годин 5 хв., кінець – від 25 хв. до 3 годин 20 хв.; швидкотверднучими – міцність при стиску через 1 добу тверднення до 30 МПа; в'язучими повітряного тверднення з водоцементним відношенням 0,18 - 0,22; з високим коефіцієнтом масового поглинання  $\mu$  до 264  $cm^2/g$ . Таким чином, отриманий цемент може бути використаний для розробки нових складів жаростійких захисних і корозійностійких конструкційних матеріалів.

### **Література:**

1. Шабанова Г.Н. Барийсодержащие оксидные системы и вяжущие материалы на их основе / Г.Н. Шабанова. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. – 280с.
2. Корогодская А.Н. Исследование физико-механических и технических свойств огнеупорных бетонов на основе алюмохромитных цементов / Корогодская А.Н., Шабанова Г.Н., Христич Е.В. // Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности: междунар. науч.-техн. конф., 11-12 мая 2016 г.: тезисы докл. – Харьков, 2016. – С.20 - 22.

## **ВИКОРИСТАННЯ ХАРЧОВИХ КОНЦЕНТРАТИВ У РАЦІОНАХ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ**

**Чайка О.В., Куниця К.В**

*Харківський торговельно-економічний інститут  
Київського національного торговельно-економічного університету,  
м. Харків*

Харчування істотно впливає на стан захисних сил організму людини та має важливе значення для здоров'я імунної системи, захисту від застуди, профілактики загострень хронічних захворювань та розвитку нових. Особливо це стосується військовослужбовців, які мають значні фізичні та нервово-психічні навантаження, тому саме правильно організоване і повноцінне харчування має одне з найважливіших значень для забезпечення їхнього здоров'я, витривалості та високої боєздатності.

Для цієї категорії населення раціональним є харчування, при якому якісне і кількісне співвідношення речовин в прийнятій їжі і розподіл її за прийомами протягом дня відповідають потребам організму і забезпечують високу боєздатність солдата і офіцера. Харчовий раціон, або пайок, військовослужбовця повинен забезпечувати організм енергетичним матеріалом і поживними речовинами, необхідними для нормального функціонування, і складатися з набору таких харчових продуктів, які дозволяють швидко готувати велику кількість різноманітної і смачної їжі з мінімальним ризиком її забруднення або зараження.

Організацію раціонального харчування окремих військових і невеликих військових частин полегшує застосування харчових концентратів. Харчові концентрати повинні мати максимальну енергетичну цінність в одиниці об'єму і ваги, вони повинні відповідати визначеним нормам вмісту білків, жирів, вуглеводів, мінеральних солей і вітамінів [1, 2]. У разі використання у харчуванні військовослужбовців харчових концентратів, необхідно проводити додаткову вітамінізацію. Профілактику гіповітамінозів у військах здійснюють, застосовуючи синтетичні препарати або рослини, що містять вітаміни, такі як: щавель, кропива, листя берези, голки ялини, ягоди, обліпихи тощо.

Захисні резерви організму військовослужбовця часто наближаються до максимально допустимого рівня і в особливо тяжких випадках можуть лежати за межами адаптаційних і резервних можливостей людини. Таким чином, актуальним є створення нових збалансованих раціонів військовослужбовців та необхідність корегування існуючих раціонів військовослужбовців України.

### **Література:**

1. Постанова КМУ від 29 березня 2002 р. №426. Про норми харчування військовослужбовців Збройних Сил. – 2002. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/426-2002-%D0%BF/page>

2. Наказ від 09.12.2002 р. №402. Про затвердження Положення про продовольче забезпечення Збройних Сил України на мирний час / Міністерство оборони України. – 2002. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0992-02>

## РОЛЬ ЕКЗОГЕННИХ ІНДУКТОРІВ У ПРОДУКУВАННІ АКТИВНИХ ФОРМ КИСНЮ ПРИ ФАГОЦИТОЗІ

Чернявська Є.Г., Клімова О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Питання пошуку нових препаратів та тестування їх біологічної активності є актуальним для біотехнології. На фармацевтичному ринку існує група препаратів, які посилюють роботу імунної системи, але основною проблемою є оцінка їх активності та біодоступності. Для дослідження ефективності їх дії необхідна розробка нових методів оцінки апробації та біодоступності.

Первинною реакцією імунної системи на чужорідний агент є фагоцитоз - процес поглинання і переварювання клітиною різних корпускулярних агентів, які є чужорідними для організму. Здійснюється цей процес за допомогою мікро- та макрофагів, за активність яких можна судити про протікання фагоцитозу. Розрізняють чотири основні стадії: наближення, прилипання, поглинання, перетравлення. Особливо важливим є дослідження механізмів перетравлення, що класифікуються на дві групи: киснезалежні та кисне незалежні. Киснева цитотоксичність фагоцитів грає важливу роль в деструкції об'єкта фагоцитозу [1].

Метою даної роботи є дослідження біологічного ефекту препарату, що анотован як індуктор фагоцитозу, на модельній тест-системі. Особлива увага приділялася дослідженню активності та біодоступності препарату.

На сьогоднішній день перспективними вважаються препарати мурамілпептидного ряду. Тому, для проведення роботи був вибраний препарат Л1, що анотований як препарат, що індукує утворення активних форм кисню у фагоцитах, та є лікарською формою глюкозаміну мурамілдіпептиду (ГМДП).

Біологічна доступність та активність препарату була оцінена за допомогою тесту відновлення нейтрофілами нітросинього тетразолію (НСТ-тесту) на моделі *in vitro* та *in vivo*. Також, проводилось визначення фагоцитарної активності нейтрофілів методом флуоресцентної мікроскопії, тобто була досліджена індукція денатурації ДНК антигенів, що процесовані фагоцитами.

У результаті, на моделі киснезалежного фагоцитозу було доведено прооксидантну дію препарату Л1 та було виявлено підвищення активності денатурації мікробної ДНК під дією препарату Л1 *in vitro* у порівнянні з контролем [2].

### Література:

1. Патологическая физиология: Учебн. для студ. высш. фарм. учеб. учрежд. и фарм. ф-тов высш. мед. учеб. учрежд. / [Березнякова А.И., Кононенко Н.Н., Крыжная С.И. та ін]; под ред. Березняковой А.И. – Х. : Изд-во НФаУ, 2007. – 491 с.
2. Чернявська Є.Г. Дослідження екзогенних індукторів продукування активних форм кисню при ендоцитозі та фагоцитозі: дипл. робота / Є.Г. Чернявська. – Харків, 2017. – 74 с.

## **РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНОГО КОМПЛЕКТА ДЛЯ РЕМОНТА ТЕХНИКИ**

**Чжан Сяобинь, Авраменко В. Л.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Востребованность полимерных материалов на современном этапе развития науки и техники и новейших технологий очень высока. Непрерывно расширяется число областей применения полимерных и полимерных композиционных материалов.

Полимеры занимают одно из ведущих мест среди конструкционных материалов для машиностроения. Значительное потребление пластмасс в этой отрасли вполне объяснимо: абсолютно доказана экономическая выгода от применения пластмасс в машиностроении: для производства 1 т изделий из пластмасс требуется на 700-800 чел·ч меньше, чем для изготовления 1 т изделий из металлов и сплавов.

В настоящее время процесс внедрения пластмасс в машиностроении осуществляется по двум направлениям:

- увеличением числа машин, приборов, изделий, в которых ранее использовались полимерные материалы;
- внедрение полимеров и полимерных композиционных материалов в новые области машиностроения.

Эти тенденции наблюдаются практически во всех промышленно развитых странах – США, Японии, Германии и др.

Одним из важнейших направлений машиностроения является расширение областей применения пластмасс для ремонта автомобильной и сельскохозяйственной техники, подвижного состава железных дорог, гидро- и пневмосистем невысокого давления, фиксации резьбовых соединений и др.

В работе проведен анализ и выбор полимерных композиционных материалов для проведения ремонтных работ в стационарных и полевых условиях.

Показано, что наиболее перспективными полимерами для создания полимерного ремонтного комплекта являются композиции на основе эпоксидных, акриловых и эпоксидно-акриловых реакционноспособных олигомеров и полимеров. В зависимости от области применения могут быть использованы наполненные полимерные композиционные материалы, имеющие высокую адгезию, требуемые антифрикционные свойства, пониженную усадку, высокую термическую стойкость, устойчивость к различным химическим средам.

В зависимости от условий ремонта, структурирование композиций может проводиться химическим, фотохимическим и термическим воздействием. Это дает возможность проводить структурирование полимерных композиционных материалов, как при обычной, так и при повышенной температуре.

## **ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПРОЦЕСИ ЗМІШУВАННЯ ТА ЕКСТРУДУВАННЯ СУМІШЕЙ**

**Чурсінов Ю.О., Солоний М.В.**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,  
м. Дніпро*

При виробництві екструдованих кормів для птиці та свиней до складу кормової суміші додають концентровані корми, мінеральні добавки та інші компоненти, вологість яких становить від 7 до 14,5 %. Перед безпосереднім екструдуванням відбувається часткове зволоження або обробка паром.

В подальшому суміш переміщується під тиском в робочих органах екструдера і відбувається перерозподіл вологи. Далі під дією температури, яка виникає в результаті тиску та тертя, волога випаровується і на виході з машини, після охолодження, маємо стандартну вологу готового корму. Але є чимало компонентів, які спочатку мають підвищену вологість. Наприклад, зернові культури, які зберігаються в поліетиленових рукавах, де фуражні культури можливо зберігати при вологості 28 %, та інші. Коли піддають ці зернові сушінню – великі втрати теплової енергії, тому проведені дослідження, при яких в суху кормову суміш в пропорційному відношенні додаються вологі зернові маси, які активно перемішуються і підготовляються до процесу екструдування.

В цьому випадку спостерігається як би два процеси: це перемішування компонентів з різною вологістю, що сприяє рівномірному розподілу вологих частинок у великій масі суміші, а в подальшому додаткова обробка. Підготовлена суміш надходить у шнекові секції екструдера, стискається і перетворюється в тістоподібну масу. Відбувається активний перерозподіл вологи, яка рівномірно розподіляється по всій масі суміші. Отриманий після проходження через філь'єру екструдат, наповнюється повітрям, розпушується і швидко охолоджується і на виході маємо екструдований корм стандартної вологості.

Визначені граничні умови введення компонентів підвищеної вологості, характер трансформації суміші з різною вологістю в єдину монолітну тістоподібну структуру, особливості проходження підготовленої маси через філь'єри різних перерізів і геометричних форм, а також формування вже самого екструдованого продукту зі змістом в структурованих пористих частинах повітря.

Продовження досліджень дозволить розробити технічні умови на процес виробництва екструдованих кормів з компонентів різної вологості.

## ОПТИМІЗАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ КАРОТИНОЇДІВ

Шапкіна І.Є., Варанкіна О.О., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Відомо близько 500 каротиноїдів, найвідомішими є бета-каротин, лікопін, лютеїн, зеаксантин і астаксантин. В даний час має місце широке застосування саме бета-каротину. І перевага надається натуральному каротину. У зв'язку з цим з'являється необхідність збільшення та вдосконалення його виробництва.

Бета-каротин – жовто-помаранчевий пігмент, ненасичений вуглеводень із групи каротиноїдів, який має вигляд кристалічного порошку. Він досить стійкий до зміни рН та температури, нерозчинний у воді, але добре розчиняється в жирах і органічних розчинниках. Бета-каротин є провітамінном вітаміну А. Сьогодні його використовують для забарвлення харчових продуктів, фармацевтичних препаратів і косметичних засобів, а також для вітамінізації.

У промисловості бета-каротин отримують екстракцією з рослин, хімічним синтезом та за допомогою мікроорганізмів. На відміну від синтетичного, натуральний бета-каротин, отриманий біотехнологічним шляхом, має більш високу стабільність, і при вживанні не викликає алергічних реакцій. Також він має не тільки провітамінну активність і барвну здатність, але і антиоксидантні властивості і є ефективним профілактичним засобом проти онкологічних та серцево-судинних захворювань, а також проявляє радіопротекторні властивості.

Продуцентом було обрано одноклітинну водорість *Dunaliella salina*, яка може накопичувати каротин у найбільшій кількості. Культивування відбувається у відкритих басейнах при сонячному освітленні, у екстремальних умовах росту для стимулювання інтенсивного накопичення каротину. Далі клітини дезінтегрують для вивільнення кристалів, які після промивання висушують або додатково очищують [1].

Для отримання більшого виходу продукту запропоновано використання квазібезперервного режиму культивування мікроводорості *Dunaliella salina*, тобто з інтервалом у 24 години з культиваторів відбирають 30 % обсягу культури, замінюючи його рівноцінним об'ємом свіжого середовища [2]. Перевагою квазібезперервного режиму є регулярне внесення необхідних поживних речовин у культуру, що значно збільшує вихід продукту.

### Література:

1. Шапкіна, І.Є. Біотехнологія отримання каротиноїдів : дипл. проект / І.Є. Шапкіна. – Харків, 2016. – 80 с.
2. Пат. UA102272 Україна, МПК A01G 33/00 A01H 13/00 C12N 1/12 C12R 1/89. Спосіб культивування одноклітинної зеленої мікроводорості *Dunaliella salina* для отримання біомаси / Гудвілович І.М., Боровков А.Б., Тренкеншу Р.П. ; власник: Інститут біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України ; заявл. 26.04.2011 ; опубл. 25.06.2013; Бюл. № 12

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ВИРОБІВ

Шапорєв В.П., Дроздов В.Д.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Конкурентоспроможність виробів – це комплексна характеристика товару, яка визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами за ступенем задоволення потреби та витратами на це задоволення [1]. Інтегральний показник конкурентоспроможності  $K_{\text{инт}}$  визначається так:  $K_{\text{инт}} = I_{\text{ТП}} / I_{\text{ЕП}} \geq 1$ , де  $I_{\text{ТП}}$  – груповий параметричний індекс за технічними параметрами, що характеризує, в цілому, технічний рівень товару, його властивості задовольняти потреби споживача;  $I_{\text{ЕП}}$  – груповий параметричний індекс за економічними параметрами, що характеризує витрати на задоволення вказаних потреб. Як бачимо, конкурентоспроможність залежить як від технічного рівня товару, так і від витрат на забезпечення цього рівня.

Для пошуку резервів зниження витрат на створення та експлуатацію нового виробу доцільно використовувати системні методи, зокрема метод функціонально-вартісного аналізу (ФВА). Згідно [2], ФВА – це метод комплексного дослідження функцій нового товару, що забезпечують його необхідні споживчі властивості та витрат на їх прояв на всіх етапах життєвого циклу. Завдання ФВА – виявлення, попередження, скорочення або ліквідація зайвих витрат на стадії розробки та освоєння виробництва нового товару з метою підвищення його конкурентоспроможності.

Незважаючи на очевидну перспективність методу ФВА, практичне його застосування носить обмежений характер. Відмітимо найбільш важливі, на нашу думку, фактори, що обумовлюють таку ситуацію:

- ФВА не є формалізованим, а тому його застосування вимагає від споживачів значних зусиль в освоєнні навиків творчої діяльності в області розробки нової техніки, в практичному оволодінні основними прийомами та методами винахідницької діяльності;

- аналіз та дослідження виробу потребує вміння: виділити основні та допоміжні функції виробу; оцінити їх значимість, незважаючи на різну природу та одиниці виміру; виявити технічні протиріччя в конструкції; оцінити відношення значимості кожної з виділених функцій та витрат на її забезпечення; виявити «критичні» відношення та запропонувати альтернативні рішення з метою усунення «критичних» відношень.

### Література:

1. Гаркавенко С.С. Маркетинг: Підручник. – Київ: Лібра, 2002. – 705 с.
2. Карпунин М.Г., Любинецкий Я.Г., Майданчик Б.И. Жизненный цикл и эффективность машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 312 с.



## АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ТА КОРЕЛЯЦІЇ ПОКАЗНИКІВ ВИДОБУВАННЯ, ЗБЕРІГАННЯ ТА СПОЖИВАННЯ ГАЗУ ІНДУСТРІАЛЬНО- ГЕОГРАФІЧНОЇ ЗОНИ

Шапченко Є.О., Фик М.І.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглядаються сумісно річні показники видобування, зберігання та споживання газу в Харківській, Дніпропетровській, Запорізькій, Криворізькій, Миколаївській та Херсонській обл. (південно-східної частини України). Динаміку зберігання газу аналізується на базі роботи двох підземних сховищ Кегичівського та Пролетарського. Робляться прогнози та кореляція співвідношення окремих показників. Встановлено, що видобування газу в розглянутих областях досягне рівня споживання при збереженні існуючих тенденцій за 4-5 років. Аналіз динаміки показників підтвердив стабільність співвідношення зберігання газу до споживання (10% по фактору відбирання), а також зберігання до загального видобування (32% по фактору закачування). Підтверджено тренд збільшення гарантованого резерву газу в підземних сховищах, стабілізації споживання (Рис.1).

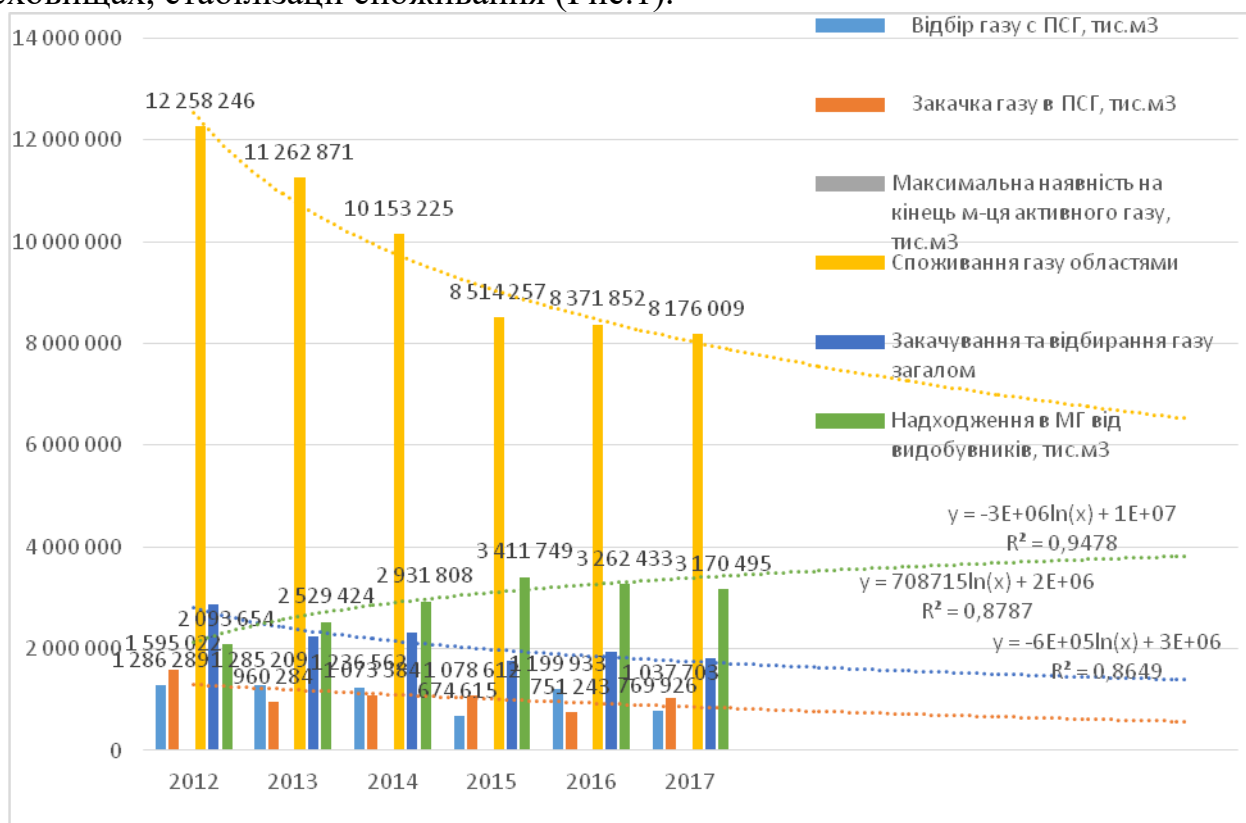


Рис.1 – Діаграма показників видобування, зберігання та споживання газу географічної зони з шести областей піддослідної індустріально-географічної зони південно-східної частини України

### Література:

1. Modeling of Oil Product and Gas Pipeline Transportation / Michael V. Lurie Copyright. – WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2008 – 214 p.
2. Navidi W. (2008) Statistic for engineers and scientist. 2nd ed. 901 P.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ИНФРАСТРУКТУРЕ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

**Шевченко А.А., Зипунников Н.Н., Котенко А.Л., Воробьева И.А.**

*Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины,  
г. Харьков*

Основными аргументами, свидетельствующими в пользу расширения масштабов производства и использования водорода, является имеющийся, но практически не используемый в Украине, значительный потенциал ветроэнергетических ресурсов для получения экологически чистого энергоносителя – водорода. Современный уровень водородных технологий позволяет вырабатывать и накапливать водород непосредственно в условиях водородных заправочных станций и использовать его в качестве топлива в автомобильном транспорте.

Автомобильные компании мира уже давно начали производить транспорт с низкой токсичностью выбросов отработавших газов. Однако, кардинальным решением транспортно-экологических проблем является использование водорода в качестве топлива. Для преодоления энергоэкологического кризиса предлагается создание ветроводородных заправочных станций (ВВС) с целью обеспечения автотранспорта экологически чистым топливом – водородом. Ветроводородную станцию предлагается создать с электролизером высокого давления – модульной схемы (5×100 кВт): 1. Мощность ветроэлектрического генератора – 500 кВт; 2. Давление в электролизере, накопительные емкости и баллонные модули для товарных поставок 35,0 МПа; 3. Расход опресненной воды – 10 м<sup>3</sup>/ч; 4. Производительность одного модуля: водород – 120 нм<sup>3</sup>/ч, кислород – 60 нм<sup>3</sup>/ч.

Применение в составе ВВС оригинальной электролизной технологии по сравнению с традиционными электролизерами обеспечивает следующие преимущества: 1. Снижение энергозатрат на единицу произведенного продукта составляет 3,8-4,1 кВт·ч/м<sup>3</sup>. 2. Система обеспечивает генерацию газов с давлением, ограниченным лишь прочностью конструкции корпусных элементов. На практике достигнут уровень 70 МПа. 3. Отсутствие разделительных мембран, что повышает надежность и безопасность эксплуатации системы. 4. В электрохимическом генераторе водорода и кислорода высокого давления не используются редкоземельные металлы и металлы платиновой группы, что удешевляет стоимость основного оборудования. 5. Чистота получаемого в результате электрохимической реакции водорода – 99,98 % и кислорода – 99,95 %.

### **Литература:**

1. Соловей В. В. Исследование эффективности электродных материалов в электролизных системах с отдельным циклом генерации газов / В. В. Соловей, Н. Н. Зипунников, А. А. Шевченко / Проблемы машиностроения. – Харьков, 2015. Т.18 - № 1. – С. 72 – 76.

2. Kleperis. Self-sufficient pv-H<sub>2</sub> alternative energy objects / V.V. Solovey, M. Vanags, A. Volkovs, L. Grinberga, A. Shevchenko, M. Zipunnikov / Проблемы машиностроения. – Харьков, 2016. Т.19 - № 4. – С. 62 – 68.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СОДОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Шевченко Н.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический университет»,  
г. Харьков*

При производстве кальцинированной соды аммиачным методом, на 1 т продукции в качестве основного отхода образуется 8–10 м<sup>3</sup> дистиллерной жидкости, содержащей 200–250 кг/м<sup>3</sup> сухого остатка. Складирование этих отходов организуют в специальных шламонакопителях (белых морях), занимающих 300–350 и более гектаров земли.

Для освобождения шламонакопителей, подсохшие шламы и глина могут быть использованы в различных отраслях. В горнодобывающей промышленности – для нейтрализации шахтных вод угольных шахт и восстановления ландшафтов в местах добычи серосодержащих полезных ископаемых. В строительстве шлам может применяться для производства стройматериалов и конструкций, на нефтедобывающих предприятиях для получения буровых растворов, а также в дорожной отрасли для производства покрытий [2].

Анализируя возможные направления использования отходов, можно утверждать, что большинство их них требуют дополнительных технологий очистки, поэтому наиболее приемлемым является применение отходов в дорожном строительстве. Именно это направление утилизации предусматривает масштабное извлечение из шламохранилищ, и дальнейшее непосредственное использование без какой-либо очистки. Основная идея заключается в приготовлении покрытия для грунтовых дорог, в составе которого традиционно используемые глины будут заменены шламами содового производства.

Использование отходов, при строительстве дорог, позволит не только экономить на материалах, но и значительно снизит скорость заполнения шламонакопителей, причем будет уменьшена добыча глины, а значит, в меньшей степени будет страдать флора и фауна в этих районах [1].

Использование промышленных отходов в производстве строительных материалов позволяет одновременно решать несколько задач: экономия природных ресурсов, снижение стоимости строительных изделий за счет снижения себестоимости компонентов, утилизация техногенных отходов и улучшение качества окружающей среды на урбанизированных территориях.

### **Литература:**

1. Козлов С.Г., Вязовикова И.В. Использование отходов содового производства в дорожном строительстве // Фундаментальные исследования. – 2013. – С. 2604-2611;
2. Шатов А.А., Дрямина М.А. Возможные пути утилизации отходов содового производства // Успехи современного естествознания. – 2003. – С. 138-138.

**Наукове видання**

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ:  
НАУКА, ТЕХНІКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА, ЗДОРОВ'Я**

**Тези доповідей  
XXVI МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
MicroCAD-2018**

**У чотирьох частинах  
Ч. II.**

Укладач

*проф. Лісачук Г.В.*

Відповідальний секретар

*Кубрак К.М.*

Формат 60×86 /16. Ум. друк. арк. 19.4 Наклад 100 прим.

Надруковано у ТОВ «Планета – Принт»  
61002, м. Харків, вул. Багалия, 16  
Свідоцтво № 24800170000040432 від 21.03.2001р.