

ІТЕ ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Щоквартальний науково-практичний журнал

3'2020

Видання засновано Харківським державним політехнічним університетом у 1998 році
(з листопада 2000 р. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»)

Держвидання
Свідчення Міністерства інформації України
КВ № 3427 від 18.08.1998 р.
Свідчення перереєстровано у Міністерстві юстиції України
КВ № 24313-ПР від 06.02.2020 р.

Журнал включений
до переліку наукових фахових видань України
(Наказ Міністерства освіти та науки України №886 від 02.07.2020)

Категорія журналу «Б»

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

Л. Л. Товажнянський, член-кор. НАН України

Технічний редактор

К. О. Горбунов, канд. техн. наук, доц., професор НТУ "ХПІ"

ЧЛЕНИ РЕДКОЛЕГІЇ:

О. П. Арсенєва, д-р техн. наук, професор, професор НТУ "ХПІ".
В. Є. Ведь, д-р техн. наук, професор, зав.каф. ІТПА НТУ "ХПІ"
В. П. Шаповров, д-р техн. наук, професор, зав.каф. ХТПЕ НТУ "ХПІ"
П. О. Некрасов, д-р техн. наук, професор, зав.каф. ТЖПБ НТУ "ХПІ"
П. О. Качанов, д-р техн. наук, професор, зав.каф. АУТС НТУ "ХПІ"
Г. Л. Хавін, д-р техн. наук, професор, професор НТУ "ХПІ"
А. М. Ганжа, д-р техн. наук, професор, зав.каф. ТЕТ НТУ "ХПІ"
Ю. Б. Данилов, д-р техн. наук, професор, професор НТУ "ХПІ".
О. Б. Аніпко, д-р техн. наук, професор каф. інженерно-авіаційного
забезпечення, Харківський національний університет Повітряних сил
ім. І.Кожедуба
В. А. Малайренко, д-р техн. наук, професор, професор каф. СЕМ
ХНУМГ
П. О. Капустенко, канд.техн. наук, професор, акад. Академії
будівництва України
Ференс Фридлер, PhD, professor, Pázmány Péter Katolikus
üniversitet, Budapest, Угорщина
Шарифа Рафидан Ван Алви, PhD, professor, Малайзійський університет
технології
Девид Дж. Кукулька, PhD, професор, Державний університет Нью-
Йоркського коледжу у Буффало, США
Й. Клемеш, PhD, DSc (Hon), ун-та «Паннонія» (м. Веспрем,
Угорщина), та ун-та Манчестера (Великобританія)
Євген Кеніг, д-р техн. наук, професор, університет Падерборна,
Германія
Мартін Пікон-Нуньєс, PhD, professor, Університет Гуанахуато,
Мексика
Петар Варбанов, старший науковий співробітник NETME Center -
SPIL, Технологічний університет Брно, Чеська республіка
Майкл Уолмслі, BE, PhD ChemEng, Університет Вайкато, Окленд,
Нова Зеландія
П. Стехлік, PhD, проф., Директор Технологічного університету Брно
(Чеська республіка)
Панос Сеферліс, PhD., проф., університет Арістотеля, Салоніки,
Греція

Журнал включений до зовнішніх інформаційних систем, у тому
числі в бібліографічну базу даних OCLC WorldCat (США),
індексується пошуковими системами Google Scholar і Crossref;
зарєєстрований у світовому каталозі періодичних видань бази
даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).

Офіційний сайт видання: <http://ite.khpi.edu.ua>

EDITORIAL BOARD

The editor-in-chief

L. L. Tovazhnyansky, Corresponding Member of the NAS of
Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, NTU "KhPI"

Technical editor

K. O. Gorbunov, PhD, Assistant Professor, professor NTU "KhPI"

THE MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

O. P. Arsenyeva, Doctor of Technical Sciences, Prof., NTU "KhPI"
V. E. Ved, Doctor of Technical Sciences, Prof., NTU "KhPI"
V. P. Shaparev, Doctor of Technical Sciences, Prof., NTU "KhPI"
P. O. Nekrasov, Doctor of Technical Sciences, Prof., NTU "KhPI"
P. O. Kachanov, Doctor of Technical Sciences, Prof., NTU "KhPI"
G. L. Khavin, Doctor of Technical Sciences, Prof., NTU "KhPI"
A. M. Hanzha, Doctor of Technical Sciences, Prof., NTU "KhPI"
Yu. B. Danilov, Doctor of Technical Sciences, Prof., NTU "KhPI"
O. B. Anipko, Doctor of Technical Sciences, Prof., Kozhedub Kharkiv
Air Force University
V. A. Malyarenko, Doctor of Technical Sciences, Prof., Kharkov
National University of Municipal Economy named after O.M.
Beketova
P. O. Kapustenko, PhD, professor NTU "KhPI"
Ferenc Friedler, PhD, professor,
Pázmány Péter Catholic University, Budapest, Hungary
Sharifah Rafidah Wan Alwi, PhD, professor, Universiti Teknologi
Malaysia,
David J. Kukulka, PhD., professor, State University of New York
College at Buffalo, USA
Jiří Jaromír Klemes, PhD., professor, DSc (Hon) of the University
of Pannonia (Veszprem, Hungary) and the University of Manchester
(Great Britain)
Eugen Kenig, prof., dr.-ing., University of Paderborn, Germany
Martín Picón Núñez, PhD, professor, university of Guanajuato,
Mexico
Petar Sabevarbanov, Senior Researcher, NETME Centre -
SPIL, BRNO University of Technology, Czech Republic
Michael Walmsley, BE, PhD ChemEng, University of Waikato, New
Zealand
Petr Stehlik, PhD., professor, Director of Institute BRNO University
of Technology, Czech Republic
Panos Seferlis, PhD., professor, Aristotle University of Thessaloniki,
Thessaloniki, Greece

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ:

61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2
Тел. 70-76-958

ЗМІСТ

ЕНЕРГЕТИКА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

<i>Фолунін С. О., Мормило Я. М., Зарянов В. А., Золотуха В. М., Бондарь О. І.</i> Щодо використання допоміжної силової установки в складі бронетранспортера БТР-4Е.....	3
---	---

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ

<i>Максимов М. В., Демиденко В. Е., Бутенко О. В., Брунеткін О. І.</i> Модель піролізу органічних речовин змінного складу.....	12
<i>Ткаченко В. В.</i> Використання ІТ-технологій для розв'язання задач управління екологічною безпекою в ході ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.....	25

ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

<i>Головенко В. О., Калініченко О. О., Роєнко К. В., Сніжско Л. О.</i> Дослідження умов нанесення вольфраму на оксидно-керамічні носії.....	33
<i>Кобець О. В., Загребельна Л. І.</i> Дослідження роботи реактивного пальника, що працює на коксовому газі та стисненому повітрі.....	47
<i>Півень О. М., Мольченко С. М.</i> Розробка рецептури нового лікєро-горілчаного напою «ЗОРЯНА НІЧ».....	54
<i>Путятін Б. В., Левчук І. В.</i> Аспекти вибору емульгаторів для косметичних засобів у вигляді спреї-піни.....	63

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

<i>Honcharov Ye. V., Polyakov I. V., Markov V. S., Kryukova N. V., Boykov D. A., Skrebtsov N. K., Tseabriuk I. V.</i> Analysis of modern power efficient systems development strategies.....	75
---	----

Затверджено Вченою радою НТУ «ХПІ» (протокол № 4 від 03.07.2020 р.)

Інтегровані технології та енергозбереження / Щоквартальний науково-практичний журнал. –
Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – № 3. – 84 с.

Збірник наукових та науково-практичних статей з питань енергозбереження та сучасних технологій
різноманітних галузей промисловості.

© Національний технічний університет «ХПІ», 2020

Фолунін С.О., заст. нач. відділу, Мормило Я.М., директор, Зарянов В.А., нач. відділу,
Золотуха В.М., нач. сектору, Бондарь О.І., нач. відділу

ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ДОПОМІЖНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ В СКЛАДІ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА БТР-4Е

*Державне підприємство «Харківське конструкторське бюро з машинобудування
ім. О.О. Морозова», Харків*

Ключові слова: бронетранспортер, двигун, електричний струм, допоміжна силова установка, енергоагрегат, генератор, випробування.

На всьому протязі «життя» легко броньованої техніки (бронетранспортерів) в мирний час, в умовах локальних конфліктів або глобальних військових дій, достатньо тривалий період її експлуатації проходить в режимі роботи основного двигуна на холостому ході при низькій частоті обертання колінчастого валу – несення чергувань (наприклад, на блок-постах), навчання екіпажів роботі з засобами зв'язку і озброєння та інші роботи. При цьому для всіх цих робіт потребує велика кількість електроенергії, джерелом якої є генератор основного двигуна або акумуляторні батареї (АКБ).

В зв'язку з цим, з метою безмовного забезпечення рухомості військової техніки, досить актуальними стають задачі збереження ємності АКБ, для забезпечення пуску двигуна, а також ресурсу основного двигуна, тому що зношення деталей кривошипно-шатунного механізму, циліндропоршневої групи та інш. має досить великі значення при роботі саме на режимі холостого ходу, особливо при низьких температурах навколишнього середовища [1, 2].

Одним з шляхів рішення цих задач є встановлення на бронетранспортер допоміжної силової установки, яка дозволить забезпечити функціонування електрообладнання машини, за рахунок живлення електричним струмом при непрацюючому основному двигуні, при здійсненні вправ по стрільбі з місця, роботі обладнання в черговому режимі на стоянках, в засадах та тому подібне [3, 4].

Метою даної статті є відображення теоретичних і експериментальних досліджень по оснащенню бронетранспортера БТР-4Е допоміжної силовою установкою (енергоагрегатом) на базі дизельного двигуна.

Енергоагрегат складається з двигуна і генератора з пасовою передачею та механізмом натягування. Всі комплектуючі розташовані на єдиній рамі, котра дозволяє встановити енергоагрегат в спеціальний відсік, в котрому також встановлюється акумуляторна батарея, яка забезпечує електричний пуск двигуна.

Двигун енергоагрегату – це одноциліндровий, чотирьохтактний дизель повітряного охолодження з безпосереднім сумішоутворенням і камерою згоряння в циліндрі. На двигуні встановлено повітряний фільтр, паливний бак (ємністю 5,5 л), глушник системи випуску відпрацьованих газів, стартер, пульт електричного пуску. Крім пуску двигуна електростартером є можливість ручного пуску.

В складі енергоагрегату можуть використовуватися двигуни SADKO DE-420E, SADKO DE-440E, S186FA(E) потужністю від 6,6 до 8,8 кВт.

Виходячи з того, що основною задачею енергоагрегату є забезпечення живлення електричним струмом при непрацюючому основному двигуні бронетранспортера, був визначений склад його основних електричних споживачів, які будуть задіяні при несенні чергувань, навчання екіпажа роботі з засобами зв'язку і озброєння та інше. При цьому основними працюючими споживачами електроенергії є: комплекс керування вогнем, засоби зв'язку, освітлення та інше, крім цього, при будь-яких умовах експлуатації, повинно забезпечуватися заряджання АКБ машини.

З урахуванням енергоспоживання основних споживачів бронетранспортера при працюючому енергоагрегаті, був проведений розрахунок енергобалансу для визначення потужності його генератора. Номінальні споживчі потужності, а також коефіцієнти часу роботи основних споживачів електроенергії бронетранспортера наведені в таблиці 1 [5, 6].

Таблиця 1

Найменування споживача	Номінальна споживча потужність ($P_{\text{спож}}$), Вт	Коефіцієнт часу роботи (k_{ti})
Комплекс керування вогнем	2500	0,5
Фільтровентиляційна установка	1000	0,3
Засоби зв'язку	150	1,0
Вентилятори системи життєзабезпечення	40	1,0
Щит водія	65	1,0
Система протипожежного обладнання в черговому режимі	10	1,0
Внутрішнє освітлення	50	1,0

Розрахунок необхідної мінімальної потужності генератора енергоагрегату проводився по формулі (1)

$$P_{\text{ген.мін}} = P_{\text{розр}} \cdot K_{\text{рез}} \cdot K, \quad (1)$$

де $P_{\text{ген.мін}}$ – мінімальна необхідна потужність генератора, Вт; $P_{\text{розр}}$ – розрахункова потужність основних споживачів бронетранспортеру, Вт; $K_{\text{рез}}$ – коефіцієнт резерву потужності ($K_{\text{рез}} = 1,2$); K – коефіцієнт, що враховує струм заряду акумуляторних батарей ($K=1,25$) [7].

Розрахункова потужність основних споживачів в свою чергу визначається по формулі (2)

$$P_{\text{розр}} = \sum P_{\text{спож}} \cdot k_{ti}, \quad (2)$$

де $P_{\text{спож}}$ – потужності в номінальному режимі, що споживають основні споживачі електроенергії, Вт; k_{ti} – коефіцієнт часу роботи споживачів відносно часу роботи енергоагрегату [7].

Виходячи з формул (1) і (2) розрахункова потужність основних споживачів бронетранспортера при непрацюючому енергоагрегаті складає: $P_{\text{розр}} = 2500 \times 0,5 + 1000 \times 0,3 + 150 \times 1 + 40 \times 1 + 65 \times 1 + 10 \times 1 + 50 \times 1 = 1865 \text{ Вт}$.

Мінімальна необхідна потужність генератора енергоагрегату: $P_{\text{ген.мін}} = 1865 \times 1,25 \times 1,2 = 2797,5 \text{ Вт}$.

Таким чином, для забезпечення основних споживачів електроенергією при працюючому енергоагрегаті необхідний генератор, потужністю $P_{\text{ген.мін}} \approx 2,798 \text{ кВт}$.

В складі розробленого спеціалістами ДП «ХКБМ» енергоагрегату було використано генератор номінальною потужністю 2,8 кВт.

З метою підтвердження ефективності роботи енергоагрегату було проведено його випробування в складі бронетранспортера БТР-4Е в літній (температура навколишнього середовища 18°C , відносна вологість повітря 45 %, атмосферний тиск 754 мм.рт.ст.) та зимовий (температура навколишнього середовища 1°C , відносна вологість повітря 92 %, атмосферний тиск 746 мм.рт.ст.) періоди. Кожні випробування проводилися в два етапи [8–10].

На першому етапі підтверджувалась можливість отримання максимальної потужності генератора енергоагрегату при його роботі за допомогою вимірювального шунта ША-300 (300А, 75mV-0,5), до якого був підключений вольтамперметр М2017 з діапазоном вимірювання від 0 до 75mV. В той же час, для вимірювання напруги в бортовій мережі бронетранспортера був встановлено другий вольтамперметр М2017. Перевірка підтримування величини напруги, що виробляється генератором енергоагрегату в межах (26,5...28,5) В, при зміні навантаження від 5А до (90±5)А, виконувалась за допомогою зовнішнього навантажувального пристрою – реостата баластного РБ302У наступним чином:

- після пуску двигуна енергоагрегата згідно з інструкцією і встановлення робочої частоти обертання вала відбору потужності визначались величини напруги $U_{\text{бм}}$ і сили струму генератора $I_{\text{н}}$ [11];

- за допомогою реостата РБ302У поступово, з інтервалом (5...10)А, збільшувалась величина сили струму $I_{\text{н}}$, при цьому контролювалась величина напруги $U_{\text{бм}}$;

- після досягнення максимального значення сили струму (90±5)А енергоагрегат працював на протязі 5 хвилин, з метою перевірки можливості підтримування цієї величини для забезпечення роботи електрообладнання бронетранспортеру.

На другому етапі випробувань підтверджувалась можливість забезпечення живлення током електрообладнання бронетранспортеру на протязі шести часового режиму роботи енергоагрегату. При цьому були включені наступні споживачі електроенергії:

- оптико-електронний модуль;
- прибор наведення ракети;
- панорамний телевізійний комплекс;
- монітори командира і оператора;
- стабілізатор в режимі «пошук цілі» і періодично в режимі «перекидання»;
- радіостанція в режимі «прийом»;
- вентилятори системи життєзабезпечення у відділенні керування і десанту;
- фільтровентиляційна установка в режимі «вентиляція»;
- плафони внутрішнього освітлення;
- габаритні вогні, фари дальнього світу, фара-шукач;
- щит водія;

- система ППО в черговому режимі;
- АКБ в режимі заряджання.

Значення величин напруги $U_{бм}$ і сили струму I_n контролювались кожні 15...20 хвилин на сталому режимі при роботі стабілізатора в режимі «пошук цілі» і в режимі «перекидання». Через 3 години роботи і по закінченню випробувань (через 6 годин) була перевірена ступінь заряджання двох акумуляторних батарей 6СТ-200 бронетранспортера БТР-4Е методом вимірювання щільності і температури електроліту.

На першому етапі випробувань були отримані наступні величини напруги бортової мережі і сили струму генератора енергоагрегату, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Період вимірювання	Ін, А	U _{бм} , В	Ін, А	U _{бм} , В
	літний період		зимовий період	
Одразу після пуску двигуна при вимкнених споживачах, окрім АКБ в режимі заряджання	30	28	30	28
Включений реостат РБ302У	60	28	60	27,7
Включений реостат РБ302У	74	27,8	-	-
Включений реостат РБ302У	88	27,7	-	-
Включений реостат РБ302У, максимальна величина сили струму	96	27,5	100	27,2

На другому етапі випробувань після відключення реостата РБ302У і роботи енергоагрегату на протязі 6 годин були отримані значення напруги бортової мережі і сили струму генератора енергоагрегату, наведені в таблиці 3. Для забезпечення безперервної роботи енергоагрегату, без його зупинки, була проведена одна заправка паливного баку двигуна дизельним паливом. Витрата палива склала 1,35...1,37 л/год.

Таблиця 3

Період вимірювання	Ін, А	U _{бм} , В	Ін, А	U _{бм} , В
	літний період		зимовий період	
Через 1 годину роботи, стабілізатор в режимі «пошук цілей»	68...70	27,8	70	27,6
Через 1 годину роботи, стабілізатор в режимі «перекидання»	88	27,7	88...90	27,5
Через 6 годин роботи, стабілізатор в режимі «пошук цілей»	60...62	27,8	60	27,7
Через 6 годин роботи, стабілізатор в режимі «перекидання»	80	27,8	78...80	27,6

Результати вимірювання щільності і температури електроліту двох акумуляторних батарей 6СТ-200 бронетранспортера БТР-4Е наведені в таблиці 4. Перед початком випробувань щільність електроліту АКБ склала 1,19 г/см³, що відповідає ступеню заря-

дження 52...60 % – в літний період і 1,22 г/см³, що відповідає ступеню зарядження 75% – в зимовий період.

Наведені в таблицях 2, 3 и 4 результати випробувань свідчить про ефективності використання енергоагрегату в складі бронетранспортера БТР-4Е, при цьому забезпечується як зарядження АКБ (ступінь зарядження збільшилась на 25%), так і робота електрообладнання бронетранспортеру, а саме комплексу керування вогнем, засобів зв'язку, внутрішнього і зовнішнього освітлення та інш.

Наступним етапом в створенні енергоагрегатів для легко броньованої техніки є збільшення їх ефективної потужності і зниження масо габаритних показників. Це може бути досягнуто за рахунок використання більш потужних двигунів, що мають компактную конструкцію, наприклад горизонтальне розташування поршнів, а також установку генератора на однієї вісі з колінчастим валом двигуна [12]. Однак, в цьому випадку виникає ряд проблем, пов'язаних з необхідністю збільшення частоти обертання колінчастого валу двигуна до рівня, необхідного для ефективної роботи генератора, а також вирішення задач по відводу підвищеної кількості тепла, що виділяється більш потужним генератором і двигуном енергоагрегату.

Таблиця 4

Час роботи, годин	№ АКБ	Температура електроліту, °С	№ банки						Ступінь зарядження, %
			1	2	3	4	5	6	
			Щільність електроліту, г/см ³						
літний період									
3 / 6	1	25,5	1,20/ 1,21	1,22/ 1,23	1,24/ 1,25	1,20/ 1,22	1,21/ 1,23	1,20/ 1,21	64...70 / 76...80
	2	26	1,21/ 1,22	1,22/ 1,23	1,22/ 1,23	1,21/ 1,22	1,21/ 1,23	1,20/ 1,22	
зимовий період									
6	1	11	1,27	1,26	1,27	1,27	1,27	1,26	95...100
	2	11	1,27	1,27	1,27	1,27	1,26	1,27	

Висновки. Енергоагрегат, створений спеціалістами ДП «ХКБМ» для використання в складі бронетранспортерів БТР-4Е на підставі теоретичних розрахунків, конструкторських розробок і експериментальних досліджень, успішно виконує свої функції по забезпеченню споживачів бронетранспортеру електричним струмом при непрацюючому основному двигуні, а також для зарядження АКБ.

Література

1. Антонов А.С., Голяк В.К., Запрягаев М.М., Крылов Л.К., Магидович Е.И., Новохатько И.С. Армейские автомобили. Конструкция и расчет. Часть первая. М.: Воениздат, 1970. 540 с.
2. Бочаров Н.Ф., Цитович И.С., Полунгян А.А. и др. Конструирование и расчет колесных машин высокой проходимости. М.: Машиностроение, 1983. 299 с.

3. ГОСТ 23162-78. Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. М.; 1978.
4. Алехин С.А., Краюшкин И.А., Попов Г.К., Фальков В.И. Вспомогательная силовая установка наземного транспортного средства//Авиационно-космическая техника и технология, №7, 2006, С. 102–104.
5. ОСТ ВЗ-1646-72. Специальные гусеничные машины. Системы электроснабжения. Основные показатели. М., 1972.
6. ОСТ ВЗ-4055-78. Методы расчета основных показателей системы электро-снабжения ВГМ. М., 1978.
7. В1318Е.05 РР08. Колесный бронетранспортер БТР-4Е. Расчет мощности генераторной установки.
8. Протокол №22 от 27.10.15г. Испытания энергоагрегата с двигателем SADKO DE-420E.
9. Акт №27 от 02.04.18г. по результатам типовых испытаний бронетранспортера БТР-4Е с основным двигателем фирмы DEUTZ и энергоагрегатом, оснащенным двигателем S186FA(E) производства Китай.
10. Акт №99 от 17.09.18г. по результатам типовых испытаний бронетранспортера БТР-4Е (спецификация В1318Есб-2-04) с установленным энергоагрегатом, оснащенным двигателем SADKO DE-440E.
11. SADKO. Інструкція з експлуатації і технічного обслуговування. SADKO, 2017, 27 с.
12. Холявский Г.Л. Энциклопедия бронетанкового вооружения и техники. Колесные и полугусеничные бронеавтомобили и бронетранспортеры. – Мн.: ООО «Харвест», 2004. 656 с.

Bibliography (transliterated)

1. Antonov A.S., Golyak V.K., Zapryagaev M.M., Krylov L.K., Magidovich E.I., Novokhatko I.S. Armejskie avtomobili. Konstruktsiya i raschet. Chast' pervaya. M.: Voenizdat, 1970. 540 s.
2. Bocharov N.F., Tsitovich I.S., Polungyan A.A. i dr. Konstruirovaniye i raschet kolesnykh mashin vysokoy prokhodimosti. M.:Machinostroenie, 1983. 299 p.
3. GOST 23162-78. Ehlektroagregaty i peredvizhnye ehlektrostantsii s dvigatelyami vnutrennego sgoraniya. M.; 1978.
4. Alekhin S.A., Krayushkin I.A., Popov G.K., Fal'kov V.I. Vspomogatel'naya si-lovaya ustanovka nazemnogo transportnogo sredstva//Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tehnologiya, №7, 2006, P. 102–104.
5. OST V3-1646-72. Spetsial'nye gusenichnye mashiny. Sistemy ehlektrosnabzheniya. Osnovnye pokazateli. M., 1972.
6. OST V3-4055-78. Metody rascheta psnovnykh pokazateley sistemy ehlektrosnabzheniya VGM. M., 1978.
7. V1318E.05 RR08. Kolesnyj bronetransporter BTR-4E. Raschet moshchnosti generatornoj ustanovki.
8. Protokol №22 ot 27.10.15g. Ispytaniya energoagregata s dvigatelem SADKO DE-420E.

9. Akt №27 ot 02.04.18g. po rezultatam tipovych isputaniy bronetransportera BTR-4E s osnovnym dvigatelem firmy DEUTZ i energoagregatom, osnaschennym dvigatelem S186FA(E) proizvodstva Kitay.

10. Akt №99 ot 17.09.18g. po rezultatam tipovych isputaniy bronetransportera BTR-4E (specifikaciya V1318Esb-2-04) s ustanovlennym energoagregatom, osnaschennym dvigatelem SADKO DE-440E.

11. SADKO. Instruktsiya z ekspluatatsii i tekhnichnogo obslugovuvannya. SADKO, 2017, 27 p.

12. Kholyavskiy G.L. Ehntsiklopediya bronetankovogo voorugeniya i tekhniki. Kolesnye i polugusenichnye broneavtomobili i bronetransportery. – Mn.: ООО «Kharvest», 2004. 656 p.

УДК 629.1.032.1

Фолунін С.О., заст. нач. відділу, Мормило Я.М., директор, Зарянов В.А., нач. відділу,
Золотуха В.М., нач. сектору, Бондарь О.І., нач. відділу

ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ДОПОМІЖНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ В СКЛАДІ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА БТР-4Е

При експлуатації легко броньованої техніки (бронетранспортерів) досить тривалий період її експлуатації проходить в режимі роботи основного двигуна на холостому ході, при мінімально стійкій частоті обертання колінчастого валу, з метою забезпечення споживачів техніки, а саме засобів зв'язку, озброєння, освітлення, життєзабезпечення та інших споживачів, електричним струмом, джерелом якого є генератор основного двигуна або акумуляторні батареї.

Для безмовного забезпечення пуску основного двигуна, збереження його ресурсу та виключення розрядження акумуляторних батарей, особливо при низьких температурах навколишнього середовища, проведено роботи щодо оснащення бронетранспортеру БТР-4Е допоміжною силовою установкою (енергоагрегатом).

З метою підтвердження теоретичних розрахунків та прийнятих конструктивних рішень проведено декілька етапів випробувань та досліджень функціонування енергоагрегату в складі бронетранспортеру БТР-4Е в літній (при температурі навколишнього середовища вище +5⁰С) та в зимовий (при температурі навколишнього середовища нижче +5⁰С) періоди його експлуатації.

На першому етапі випробувань підтверджена можливість отримання максимальної потужності генератора енергоагрегату та підтримування її величини для забезпечення роботи електрообладнання бронетранспортеру.

На другому етапі підтверджена можливість забезпечення живлення електричним струмом електрообладнання бронетранспортеру (системи керування вогнем, засобів зв'язку, освітлення та життєзабезпечення), а також забезпечення заряджання акумуляторних батарей бронетранспортеру на протязі шести часового режиму роботи енергоагрегату. В таблицях статті наведено результати випробувань.

На підставі отриманих результатів випробувань, а також з урахуванням подальшого вдосконалення допоміжної силової установки та розробки конкурентоспроможних зразків легко броньованої техніки було надано рекомендації, щодо напрямку майбутніх робіт з метою збільшення ефективної потужності і зниження масо габаритних показників енергоагрегатів.

Ключові слова: бронетранспортер, двигун, електричний струм, допоміжна силова установка, енергоагрегат, генератор, випробування.

Фолунин С.А., зам. нач. отдела, Мормило Я.М., директор, Зарянов В.А., нач. отдела, Золотуха В.Н., нач. сектора, Бондарь А.И., нач. отдела

О ПРИМЕНЕНИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ В СОСТАВЕ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА БТР-4Е

При эксплуатации легко бронированной техники (бронетранспортеров) достаточно долгий период ее эксплуатации проходит в режиме работы основного двигателя на холостом ходу, при минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала, с целью обеспечения потребителей техники, а именно средств связи, вооружения, освещения, жизнеобеспечения и других потребителей, электрическим током, источником которого является генератор основного двигателя или аккумуляторные батареи.

Для безусловного обеспечения пуска основного двигателя, сохранения его ресурса и исключения разрядки аккумуляторных батарей, особенно при низких температурах окружающей среды, проведены работы по оснащению бронетранспортера БТР-4Е вспомогательной силовой установкой (энергоагрегатом).

С целью подтверждения теоретических расчетов и принятых конструктивных решений проведено несколько этапов испытаний и исследований функционирования энергоагрегата в составе бронетранспортера БТР-4Е в летний (при температуре окружающей среды выше $+5^{\circ}\text{C}$) и в зимний (при температуре окружающей среды ниже $+5^{\circ}\text{C}$) периоды его эксплуатации.

На первом этапе испытаний подтверждена возможность получения максимальной мощности генератора энергоагрегата и поддержание ее величины для обеспечения работы электрооборудования бронетранспортеру.

На втором этапе подтверждена возможность обеспечения питания электрическим током электрооборудования бронетранспортера (системы управления огнем, средств связи, освещения и жизнеобеспечения), а также обеспечения зарядки аккумуляторных батарей бронетранспортера на протяжении шести часового режима работы энергоагрегата. В таблицах статьи приведены результаты испытаний.

На основании полученных результатов испытаний, а также с учетом дальнейшего совершенствования вспомогательной силовой установки и разработки конкурентоспособных образцов легко бронированной техники были приведены рекомендации, про направление будущих работ с целью увеличения эффективной мощности и снижения массогабаритных показателей энергоагрегатов.

Ключевые слова: бронетранспортер, двигатель, электрический ток, вспомогательная силовая установка, энергоагрегат, генератор, испытания.

Folunin S.A., Mormilo J.M., Zaryanov V.A., Zolotucha V.N., Bondar A.I.

**ON THE USE OF THE AUXILIARY POWER UNIT
AS PART OF THE BTR-4E ARMORED PERSONNEL CARRIER**

During operation of light armored vehicles (armored personnel carriers) the main engine runs at idle speed for a considerable amount of time at minimum stable crankshaft speed in order to provide the vehicle consumers (such as means of communication, weapon systems, illumination, life support systems and other consumers) with electric current, the source of which is the main engine generator or storage batteries.

In order to ensure start-up of the main engine, preserve its life cycle and avoid discharge of storage batteries, especially at low ambient temperature, the work was carried out to equip the BTR-4E armored personnel carrier with an auxiliary power unit (power plant).

In order to confirm theoretical analysis and design solutions, several stages of testing and research of the BTR-4E APC operation were conducted in summer (at ambient temperature above $+5^{\circ}\text{C}$) and winter (at ambient temperature below $+5^{\circ}\text{C}$) periods of its operation.

At the first stage of testing it was confirmed that it is possible to get the maximum generator power of the power unit and maintain its value to ensure the operation of electrical equipment of the armored personnel carrier.

The second stage confirmed the possibility of providing electric current supply to electrical equipment of the armored personnel carrier (fire control system, means of communication, illumination and life support systems), as well as ensuring charging of the APC's batteries during the six-hour operation of the power unit. The tables of the article show the test results.

On the basis of the obtained test results, as well as taking into account further improvement of the auxiliary power unit and development of competitive samples of light armored vehicles, recommendations were given regarding the direction of future work to increase the effective power and reduce the weight and size parameters of the power units.

Key words: armored personnel carrier, engine, electric current, auxiliary power unit, power plant, generator, tests.

Максимов М.В., д.техн.н., професор, Демиденко В.Е., магістр, Бутенко О.В., аспірант,
Брунеткін О.І., д.техн.н., доцент

МОДЕЛЬ ПРОЛІЗУ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН ЗМІННОГО СКЛАДУ

*Науково-дослідний центр Збройних Сил України
“Державний океанаріум” Інституту Військово-Морських Сил
Національного університету “Одеська морська академія”, Одеса
Одеський національний політехнічний університет, Одеса*

Ключові слова: керований піроліз, фільтраційне горіння, зверхадіабатний режим.

Вступ

Потенційно можлива заміна частини обсягу викопного палива синтетичними паливами, які можливо отримати з побутових, виробничих, сільськогосподарських органічних речовин. Особливістю таких процесів переробки є змінність складу відходів. Внаслідок цього склад одержуваних горючих матеріалів також виявляється невідомого складу. Для вирішення цієї проблеми є актуальною розробка моделі створення необхідної кількості вторинних енергоресурсів при одночасному визначенні в режимі реального часу їх складу і теплотворної здатності.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми

У країнах, де найкращим чином розвинена система збору та переробки органічних відходів існує проблема сортування [1]. В [2] виділяється як найбільш привабливе рішення для переробки органічної частини муніципальних відходів анаеробне зброджування. Такий висновок зроблено на основі: екологічної чистоти і економічності такого методу. Переробка нерозкладаємої або поганобіорозкладаємої частини органічних відходів на сміттєспалювальних заводах вважається найбільш брудним способом їх утилізації [3]. Як заміну спалюванню в рамках піролітичних способів переробки одним з перспективних вважається двохстадійний на основі піролізу з подальшою можливістю використання отриманих хімічно активних (горючих) речовин в керованих процесах. Крім того, цей процес енергетично більш ефективний у порівнянні з анаеробним зброджуванням. На підтримку параметрів процесу піролізу досить лише 10 % з утворених горючих речовин.

Процес повільного піролізу використовується вже протягом тривалого часу, в технологічному плані більш відпрацьований. Але велика частина продуктів реакції знаходиться в газовій фазі. Внаслідок цього вони повинні бути використані відразу після створення. Крім того, в більшості випадків робота обладнання при повільному піролізі носить циклічний характер зі зміною складу робочої речовини протягом циклу. Це веде до зміни складу продуктів реакції. Ще одним фактором, що впливає на кількісне співвідношення речовин в суміші продуктів реакції, є вологість вихідних продуктів. На даний момент виділені особливості для організації керованого процесу використання продуктів повільного піролізу вимагають фіксованого та відомого складу вихідної сировини. Процес повільного піролізу можна вважати кращим при переробці органічних відходів з метою отримання вторинних енергоресурсів. Виділяють низько- і високоте-

мпературний повільний піроліз. Як показують теоретичні [4] і експериментальні [5] дослідження з ростом температури процесу збільшується вихід горючої газоподібної фази.

У багатьох випадках піроліз розглядається як процес термічного розкладання органічних речовин без доступу повітря. При цьому в якості енергоносія для зовнішнього обігріву реакційної зони використовуються різні види пального. Але більш коректно піроліз слід розглядати як процес розкладання при нестачі повітря [6], як окремий випадок процесу газифікації органічних речовин і, в ще більш широких межах, як спалювання при нестачі повітря [7]. При такому підході з'являється можливість переходу від зовнішнього обігріву до внутрішнього за рахунок використання енергії, що виділяється в процесі піролізу (газифікації, горіння при малому коефіцієнті надлишку окислювача).

Організація такого способу піролізу стримується невизначеністю і змінністю складу вихідної сировини, а також, у багатьох випадках, його високою вологістю. При підвищеному вмісті води процес газифікації може бути організований на основі методу, який отримав розвиток останнім часом. Він базується на реалізації процесу, відповідного фільтраційному горінню в сверхадіабатичному режимі [8]. Такий процес дозволяє спалювати органічні речовини низької калорійності або проводити його таким чином, щоб до 95 % теплової енергії згоряння було перетворено в газовій фазі. Можуть бути перероблені матеріали з низьким вмістом вуглецю (від 10 %) та вологістю до 60 %. При заданому складі перероблюваної речовини її газифікація в сверхадіабатично-мурежимі дозволяє зменшити витрату паливної складової при одночасному збільшенні температури в реакційній зоні.

В роботі [9] запропонований метод визначення в режимі реального часу брутто-формули і теплотворної здатності газоподібного палива в процесі його спалювання в спеціальному пристрої. В якості вихідних даних використовуються величини заміряних витрат газу і повітря, а також температури продуктів згоряння. Об'єднання технології піролізу, побудованої на основі методу газифікації в сверхадіабатично-мурежимі [8], з методом визначення в режимі реального часу складу продукт-газу [9] створює можливість переробки органічних речовин довільного, змінного складу.

Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є розробка моделі піролізу і газифікації органічних речовин змінного складу для виробництва технічних газів з максимальною теплотворною здатністю.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- розробити модель процесів піролізу і газифікації, що дозволяє отримати склад продукт-газу з максимальною теплотворною здатністю при мінімальній кількості углистого залишку в залежності від складу вихідної сировини;
- знайти область існування рішень моделі з енергетичного балансу.

Метод рішення задачі

У відомих джерелах при розгляді процесів фільтраційного горіння в сверхадіабатично-мурежимі спираються на побудову макрокінетичних моделей [8]. У той же час відзначається [7–8,10], що при малих швидкостях компонентів реалізуються процеси їх перетворення, близькі до рівноважних. Розрахунки на основі рівноважних моделей будуються з урахуванням всіх потоків ентальпії. У тому числі повинні враховуватися теплові втрати через стінки реактора в навколишнє середовище. Розрахунки виникаючих

при цьому теплових потоків від центральної зони реактора до його периферії повинні будуватися з урахуванням зміни теплофізичних характеристик шихти в процесі її термохімічних перетворень. Методи розрахунку таких характеристик існують [11], але вони складні в застосуванні. В силу малості втрат у порівнянні з тепловими потоками, що виникають в процесі розглянутих реакцій, відмовляються від їх обліку при побудові моделей рівноважних процесів. Більш того, втрати через стінки реактора можуть бути зменшені за рахунок застосування теплоізоляції або навіть виключені при застосуванні заходів, описаних в патенті [12].

Фільтраційне горіння в більшості відомих джерел передбачає розгляд протікаючих реакцій як процес окислення шихти киснем повітря. До того ж ці екзотермічні реакції розглядаються як джерело теплової енергії для підтримки процесу горіння. В [10] розглядається можливість присутності в якості ендотермічних окислювачів водяної пари та діоксиду вуглецю, але кисень повітря залишається основним окислювачем. В цьому випадку кисень повітря як окислювач необхідний як реагент, який підтримує екзотермічну реакцію – джерело теплової енергії.

При використанні в якості вихідної сировини органічних речовин може існувати й інше джерело теплової енергії. Для визначеності розглянемо деревину. У відомих джерелах при розгляді піролізу деревини в процесі її нагрівання виділяється кілька стадій з позначенням їх температурних меж і направлення відповідних енергетичних потоків [13].

Розглянемо схему процесу фільтраційного спалювання органічних речовин в сверхадіабатичному режимі (рис. 1), що відповідає [8]. Її відмінною рисою є зустрічний рух шихти і окислювача. При всіх перевагах такої організації процесу присутні і деякі недоліки. Сушка вихідної сировини (шихти) відбувається у верхній частині реактора. Нижче по напрямку руху сировини у міру його прогріву починаються піролітичні процеси з виділенням частини реакційної води. Таким чином велика частина води видаляється потоком продукт-газу до надходження шихти в зону окислення. Це збільшує вміст вологи продукт-газу і, відповідно, знижує його якість. Потрібно осушення отриманої газової суміші з організацією її охолодження і втратою значної частини енергії. У зоні окислення при температурах відбувається реакція коксового залишку з киснем, парами води і діоксидом вуглецю з утворенням водню і оксиду вуглецю [8]. У зоні гартування відбувається охолодження твердого залишку подається окислювачем з одночасним нагріванням останнього. Відповідно з такою схемою пари води спільно з киснем і діоксидом вуглецю виступають в якості окислювача, що діє в напрямку збільшення енергетичної цінності і обсягу продукт-газу при одночасному зменшенні углистого залишку. Але надходження в зону окислення зневодненого вихідної сировини зменшує кількість утворюємо-

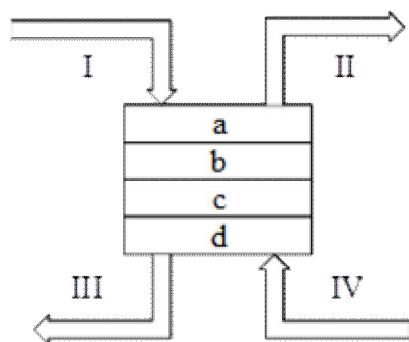


Рисунок 1 – Схема процесу фільтраційного спалювання органічних речовин

I – шихта; II – продукт-газ; III – твердий залишок; IV – окислювач;
a – зона сушіння; b – зона піролізу;
c – зона окислення; d – зона гарту

го водню. Це є одним з недоліків розглянутої схеми газифікації. У деяких випадках для збільшення частки складових $CO+H_2$ (синтез-газ) в складі продукт-газу в дуття (окис-

лювач) додають пари води, що супроводжується збільшенням витрат енергії на здійснення процесу. З огляду на описані особливості процесу, пристрій, що працює за таким принципом, можна позиціонувати як реактор для спалювання різної, в тому числі мало-енергетичної, сировини з попутним освітою певної кількості горючих газів.

З метою збільшення теплотворної здатності та обсягу утворюваних горючих газів пропонується схема руху шихти і газових потоків. У відповідності зі схемою процесу, зображеної на рис. 1, теплова енергія виділяється в зоні окислення «с». В рамках цієї схеми виділяема енергія використовується для сушки і видаляється із зони реакції. Нова схема процесу (рис. 2) полягає в сушінні і нагріванні вихідної сировини також продуктами реакції після зони окислення, але в супутному потоці. Для цього частину продуктів реакції (продукт-газу) при високій їх температурі подається на вхід камери разом з вихідною сировиною. Далі вони рухаються в одному напрямку. В результаті продукти сушки і початкового розкладу поступають в зону окислення. Разом з ними вноситься і енергія, яка використовується для їх утворення. Якщо в подаємому на вхід реактора по рециркуляційній лінії частини продукт-газу буде достатньо енергії для сушіння й нагрівання вихідної сировини до кінцевої температури зони попереднього піролізу ($300\text{--}400\text{ }^{\circ}\text{C}$), почнеться зона виділення енергії і саморозкладу деревини. Вона збігається з зоною окислювальних процесів, які проходять за рахунок кисню з CO_2 і H_2O і відновленням останніх до CO і H_2 . У разі нестачі енергії і при необхідності підвищення температури продукт-газу на виході з реактора на його вході може подаватися необхідна кількість окислювача (повітря).

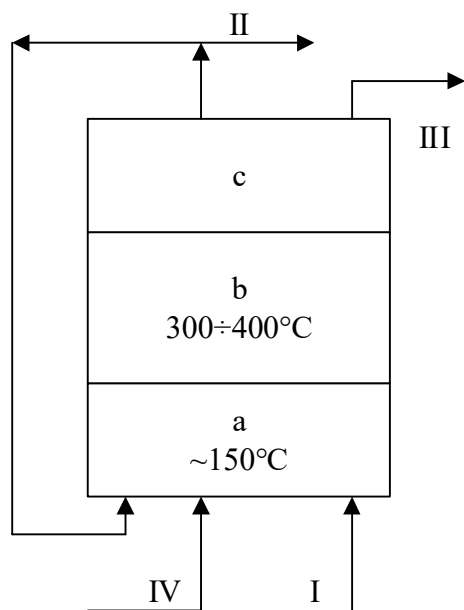


Рисунок 2 – Пропонована схема процесу фільтраційного спалювання органічних речовин

I – шихта; II – продукт-газ; III – твердий залишок; IV – окислювач (повітря);
а – зона сушіння; b – зона піролізу;
с – зона окислення

Процес термохімічного розкладання органічної речовини без повітря, організований за пропонованою схемою (рис. 2), можна віднести до піролізу. Процес, організований за схемою рис. 1, відноситься до горіння. Як правило, ці процеси описуються різними моделями. Але за схемою рис. 2 крім піролізу при подачі окислювача може бути організовано і горіння. Причому ці процеси можуть плавно переходити один в інший. З цієї причини необхідно використання єдиної моделі, що дозволяє описувати процеси піролізу і горіння з однаковою вірогідністю. В якості її основи використана модель, запропонована в [4]. Відмінністю є можливість обліку води в рідкому вигляді в складі вихідної речовини.

Розглянемо протікаючі процеси в припущенні, що продукти реакції знаходяться в газоподібному або конденсованому (вуглистім залишок) стані. На основі обмеженої кількості основних хімічних елементів, які можуть входити до складу вихідної речовини (C , H , O , N), може бути визначений перелік основних речовин, що входять до складу продуктів реакції і включає в себе:

$$H_2O, CO_2, CO, CH_4, H_2, N_2, C_U. \quad (1)$$

Тут C_U – вуглистий залишок. Ця умова виконується і при подачі на вхід реактора продуктів реакції (рис. 2). Температура в рівноважній зоні реакцій визначається на основі закону збереження енергії. Він виражається в рівності ентальпій у вихідних продуктах і продуктах реакції.

Використовуючи прийняті допущення узагальнена модель процесів побудована на основі методу, запропонованого в [14]. В його рамках розглянемо види рівнянь, що входять в модель, і їх особливості.

Закон діючих мас. Для кожної з речовин (1), що входять до складу продуктів реакції записується рівняння термодинамічної рівноваги. На прикладі CO_2 воно має вигляд:

$$K_{CO_2}(T) = \frac{P_c \cdot P_o^2}{P_{CO_2}^2}. \quad (2)$$

Тут $K_{CO_2}(T)$ – константа хімічної рівноваги при температурі T для рівноважної реакції освіти CO_2 з елементів C і O (таблична величина); P_{CO_2} , P_c , P_o – парціальні тиску відповідних компонентів в суміші продуктів згоряння. Використання парціальних тисків замість концентрацій правомірно в разі розгляду певної кількості молей МТ вихідної речовини замість одного моля. Значення МТ є додатковою невідомою величиною і підлягає визначенню. Рівняння має вигляд:

$$K_U(T) = \frac{P_c}{P_U}. \quad (3)$$

В даному рівнянні в процесі вирішення величина P_U при заданій температурі на відміну від інших величин парціальних тисків залишається постійною.

Закон збереження речовини. Рівняння записуються для кожного з хімічних елементів, що визначають склад вихідної речовини, у вигляді балансу його кількості в вихідній речовині і продуктах реакції. Рівняння записуються з урахуванням величини M_T вихідної речовини. Як приклад для елемента C воно має вигляд:

$$M_T \cdot b \cdot C = P_{CO} + P_{CO_2} + P_{CH_4} + P_U + P_C. \quad (4)$$

У лівій частині рівняння відображено кількість атомів вуглецю в вихідній речовині. При цьому: b – кількість атомів в одному молі вихідної речовини.

Закон Дальтона. Поява змінної M_T для замикання системи вимагає введення додаткового рівняння. У його якості виступає сума парціальних тисків продуктів реакції, рівна тиску в реакторі.

$$P_{\Sigma} = \sum_i P_i. \quad (5)$$

Тут P_{Σ} – тиск газової фази в реакторі; P_i – парціальні тиску компонентів продуктів реакції. У цьому випадку також проявляється особливість, пов'язана з наявністю углистого залишку. Передбачається, що його обсяг малий у порівнянні з об'ємом газової фази. Тому величина P_U не враховується в рівнянні (5).

Таблиця 1

φ	α			
	0	0,1	0,2	0,3
0	1020	1095	1170	1310
0,1	1090	1140	1260	1500
0,2	1160	1340	1415	
0,3	1240	1380		
0,4	1380	1420		

В рамках процесу повільного піролізу, особливо високотемпературного, склад продуктів реакції визначається не тільки хімічним складом вихідної органічної речовини, але і її вологістю. У таких процесах кількість хімічно зв'язаної води в початкових продуктах впливає на склад продуктів реакції. Використання єдиної моделі для режимів піролізу і газифікації (при додаванні повітря в якості окислювача) вимагає і єдиного підходу до опису складу вихідної сировини у всіх розглянутих випадках. Виходячи з цих особливостей вихідна сировина розглядається як однорідна речовина, брутто-формула якої залежить від кількості води в його складі і витрати повітря.

Для демонстрації працездатності пропонованої моделі в якості вихідної органічної речовини прийнята абсолютно суха деревина сосни з брутто-формулою $CH_{1,44}O_{0,64}N_{0,009}$. Вода враховується як молярна частка φ в складі деревини. Наприклад, при φ = 0.1 для 0.9 молей деревини береться 0,1 моль води. В цьому випадку результуючий 1 моль вихідної речовини має брутто-формулу $C_{0,885}H_{1,504}O_{0,681}N_{0,008}$. Додавання повітря впливає на зміну брутто-формули сировини аналогічним чином і враховується як молярна частка α від складу деревини з уже доданої водою. Для спрощення розрахунків склад повітря приймається як суміш кисню (21 %) і азоту (79 %) з брутто-формулою $O_{0,42}N_{1,58}$. Так, наприклад, при додаванні α = 0.1 повітря для $C_{0,885}H_{1,504}O_{0,681}N_{0,008}$ (деревина + φ = 0.1 води) брутто-формула вихідної сировини матиме вигляд: $C_{0,592}H_{1,006}O_{0,595}N_{0,528}$. У процесі розрахунку визначається температура рівноважної суміші продуктів реакції, при якій її ентальпія дорівнює ентальпії вихідної речовини.

В [8] зазначено, що в зоні окислення (рис. 1) температура становить 1000–1200 °С. Тому і в виконаних розрахунках температура в зоні рівноважних реакцій розглядалася до величини 1500 К. При цьому застосовується модель таких обмежень не накладає. Результати розрахунків рівноважних температур при різних поєднаннях ступеня зволоженості вихідної сировини (φ) і кількості повітря, що подається (α) наведені в табл. 1. Отримані значення показують, що при використанні пропонованої схеми (рис. 2) температури в зоні окислення можуть досягати величин, що відповідають значенням в роботі [8] без подачі повітря або при малій його кількості. Так при α = 0 (без

повітря) і $\varphi = 0.4$ отримано $T = 1380 \text{ K}$ ($\sim 1100^\circ\text{C}$), а при $\alpha = 0.1$ і $\varphi = 0.4$ $T = 1420 \text{ K}$ ($\sim 1150^\circ\text{C}$).

Особливістю пропонованої схеми (рис. 2) є необхідність витрат значної кількості енергії для попередньої підготовки сировини. Для деревини ця температура становить $\sim 400^\circ\text{C}$. Для значень α і φ , наведених в табл. 1, були виконані розрахунки по визначенню енергії при охолодженні продуктів реакції до температури $\sim 400^\circ\text{C}$ ($\sim 670 \text{ K}$) і необхідної для нагріву вихідної сировини до цієї ж температури.

Враховувалася енергія, необхідна для нагрівання деревини, повітря, води до 100°C , її випаровування і нагрівання утвореної пари. Результати розрахунку наведені в табл. 2 у вигляді величини, рівної відношенню необхідної енергії до розполагаємої. Ці величини показують, яку частину продуктів реакції досить використовувати для її підтримки.

Кисень повітря підвищує температуру в реакційній зоні і зміщує реакцію в рівноважну область. Але при цьому збільшується ступінь окислення продуктів реакції і падає їх енергетична цінність. Використання водяної пари підвищує вміст в продуктах реакції компонентів синтез-газу і, відповідно, збільшує реакційну і енергетичну цінність продуктів реакції. Але така реакція вимагає великих енерговитрат, про що свідчать дані табл. 2. У той же час ці дані показують можливість протікання подібної реакції без використання кисню повітря або при малій його кількості. У табл. 3 наведені результати розрахунку кількості углистого залишку для різних значень φ і α . Величини дані в молях углистого залишку на 1 моль вихідної речовини. Наведені дані показують можливість повного окислення углистого залишку вологого вихідної речовини без кисню повітря або при мінімальній його кількості.

Таблица 2

φ	α			
	0	0,1	0,2	0,3
0	0.67	0.61	0.55	0.44
0,1	0.82	0.73	0.58	0.41
0,2	0.88	0.61	0.53	
0,3	0.89	0.65		
0,4	0.77	0.68		

Таблица 3

φ	α			
	0	0,1	0,2	0,3
0	0.59	0.28	0.11	0.02
0,1	0.41	0.17	0.04	0.002
0,2	0.26	0.04	0.005	
0,3	0.13	0.04		
0,4	0.05	0.005		

Результати розрахунків в табл. 1–табл. 3 отримані для речовин з брутто-формулами, наведеними в табл. 4.

Для можливості переробки органічних речовин змінного складу пропонується піролізна установка, принципова схема якої приведена на рис. 3.

Побудова основної частини установки – реактора III – відповідає схемі на рис. 2. Принцип роботи і величини деяких параметрів для стаціонарного режиму роботи відповідають описаним вище. Через колектор I з витратою G_1 на вхід в реактор подається вихідна сировина. Через колектор II на виході з реактора з витратою Q_2 в загальну систему надходить гарячий продукт-газ, де він розділяється на два потоки з витратами: Q_4 – споживачеві; Q_3 – по рециркуляційній лінії на вхід V в реактор для сушки і нагріву вихідної сировини. Через колектор IV подається необхідна кількість повітря з витратою Q_1 .

Таблиця 4

φ	α			
	0	0,1	0,2	0,3
0	$C_{1,44}H_{0,64}N_{0,009}$	$C_{0,668}H_{0,962}O_{0,567}N_{0,531}$	$C_{0,501}H_{0,722}O_{0,530}N_{0,792}$	$C_{0,401}H_{0,578}O_{0,508}N_{0,950}$
0,1	$C_{0,885}H_{1,504}O_{0,681}N_{0,008}$	$C_{0,592}H_{1,006}O_{0,595}N_{0,528}$	$C_{0,445}H_{0,756}O_{0,551}N_{0,790}$	$C_{0,356}H_{0,605}O_{0,525}N_{0,948}$
0,2	$C_{0,794}H_{1,556}O_{0,714}N_{0,007}$	$C_{0,532}H_{1,042}O_{0,617}N_{0,527}$	$C_{0,400}H_{0,783}O_{0,568}N_{0,788}$	
0,3	$C_{0,714}H_{1,6}O_{0,743}N_{0,006}$	$C_{0,479}H_{1,073}O_{0,637}N_{0,525}$		
0,4	$C_{0,654}H_{1,634}O_{0,765}N_{0,059}$	$C_{0,439}H_{1,097}O_{0,652}N_{0,524}$		

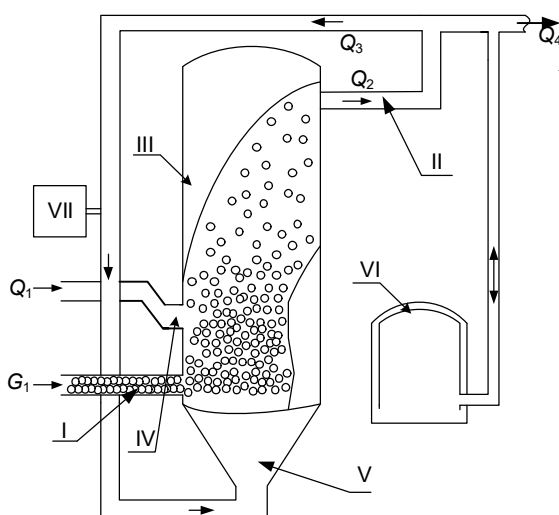


Рисунок 3 – Принципова схема піролізної установки

достатньо заміряти витрати газової суміші, повітря і відпрацьованих газів в цьому пристрої при різних витратах суміші. До складу газової суміші можуть входити і не горючі гази.

При фіксації зміни складу продукт-газу установка з режиму газифікації переводиться в режим горіння. Це виражається в збільшенні подачі повітря через колектор IV з метою гарантованого перетворення вихідної сировини зі змінним невідомим складом в газоподібні продукти. Далі в пристрої VII (рис. 3) визначається їх брутто-формула і, відповідно, новий склад вихідної сировини. Далі на підставі цих даних установка переводиться в режим піролізу (газифікації) шляхом регулювання подачі повітря відповідно до нового складу шихти.

Обговорення результатів рішення задачі

Хімічне, енергетичне обладнання розраховується на використання сировини певного складу і вимагає налаштування. Незначна зміна складу однотипної речовини призводить до збою, або навіть зупинки технологічних процесів. Так будь-який з нафтопереробних заводів працює тільки з певним сортом нафти. Котли електростанцій

розраховуються на спалювання певних сортів вугілля і постачання прив'язується до певних їх родовищ. Це відбувається через використання систем управління, розрахованих на парирування в режимі реального часу зміни теплофізичних параметрів і неможливості обліку зміни хімічного складу сировини.

Запропонований метод переробки органічних речовин дозволяє оптимальним чином перетворювати різні органічні речовини в газоподібний стан. Оптимальність визначається можливістю отримання максимального обсягу суміші горючих газів при максимальній їх теплотворної здатності. Оптимальність обумовлена організацією процесу піролізу і газифікації в сверхадіабатичному режимі при відомому складі вихідної сировини. Склад сировини в процесі переробки може довільним чином змінюватися. За рахунок введення в систему управління пристрою визначення в режимі реального часу складу газоподібних продуктів реакції (VII, рис. 3) контролюється склад вихідної сировини. У разі його зміни визначається новий склад. На підставі отриманих даних установка переводиться в оптимальний режим з новими параметрами.

Висновки

1. Розроблено модель процесів піролізу і газифікації, що дозволяє отримати склад продукт-газу з максимальною теплотворною здатністю при мінімальній кількості углистого залишку при різному складі вихідної сировини. Мінімальна кількість углистого залишку визначає можливість отримання максимально можливого обсягу суміші горючих газів. Максимальна теплотворна здатність обумовлена організацією процесу переробки в сверхадіабатичному режимі з мінімально можливим використанням повітря як окислювача.

2. Визначено можливість існування рішень моделі з енергетичного балансу. Розраховане співвідношення необхідної для підтримки процесу піролізу і енергії в продуктах реакції свідчить про можливість організації процесу без додаткової кількості повітря. Мінімальна кількість додаткового окислювача забезпечує максимальну теплотворну здатність утворюваного продукт-газу.

Література

1. Rousta K. Assessing incorrect household waste sorting in a medium-sized Swedish city [Text] / K. Rousta, K.M. Ekström // Sustainability 2013, 5, 4349–4361. <https://doi.org/10.3390/su5104349>.
2. Perrot J.F. Municipal Waste Management Strategy Review and Waste-to-Energy Potentials in New Zealand [Text] / J.F. Perrot, A. Subiantoro // Sustainability. 2018, 10(9), DOI: 10.3390/su10093114.
3. Seltenrich N. Emerging Waste-to-Energy Technologies: Solid Waste Solution or Dead End? [Text] / N. Seltenrich // Environmental Health Perspectives, 2016, Vol. 124, No. 6. <https://doi.org/10.1289/ehp.124-A106>.
4. Brunetkin O. Development of the unified model for identification of composition of products from incineration, gasification, and slow pyrolysis [Text] / O. Brunetkin, M.V. Maksymov, A. Maksymenko, M.M. Maksymov // Eastern European Journal of Enterprise Technologies, 2019, 4/6 (100), 25–31. doi: 10.15587/1729-4061.2019.176422.
5. Guizani C. Biomass Chars: The Effects of Pyrolysis Conditions on Their Morphology, Structure, Chemical Properties and Reactivity [Text] / C. Guizani, M. Jeguirim, S. Valin, L. Limousy, S. Salvador // Energies 2017, 10(6), 796; <https://doi.org/10.3390/en10060796>.

6. Ахметов С.А. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа [Текст] / С.А. Ахметов, Т.П. Сериков, И.Р. Кузеев, М.И. Баязитов // Санкт-Петербург, Недра, 2006, 872 с., ил.: код доступа – <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-ahmetov-a-tehnologiya-i-oborudovanie-processov-pererabotki-nefti-i-gaza.pdf>.
7. Nadia H.L., Process efficiency of biofuel production via gasification and Fischer–Tropsch synthesis [Text] / H.L. Nadia, N.H. Leibbrandt, A.O. Aboyade, J.H. Knoetze, J.F. Görgens // Fuel, Volume 109, 2013, P. 484–492. doi.org/10.1016/j.fuel.2013.03.013.
8. Салганский Е.А. Модель паровоздушной газификации твердого горючего в фильтрационном режиме [Текст] / Е.А. Салганский, В.П. Фурсов, С.В. Глазов, М.В. Салганская, Г.Б. Манелис // Физика горения и взрыва, 2006, т. 42, № 1, с. 65–72. <https://docplayer.ru/86907583-Institut-problem-himicheskoy-fiziki-ran-chernogolovka.html>.
9. Brunetkin O. Determining the composition of burned gas using the method of constraints as a problem of model interpretation [Текст] / O. Brunetkin, V. Davydov, O. Butenko, G. Lysiuk, A. Bondarenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies – 2019. – №3/6 (99). pp. 22–30. doi: 10.15587/1729–4061.2019.169219.
10. Полианчик Е.В. Фильтрационное горение углерода в присутствии эндотермических окислителей [Текст] / Е.В. Полианчик, С.В. Глазов // Физика горения и взрыва – 2015. – т. 51, №5 – с. 34–43. DOI: 10.15372/FGV20150504.
11. Matsevityi Yu.M. Identification of the Thermal Conductivity Coefficient for Quasi-Stationary Two-Dimensional Heat Conduction Equations [Текст] / Yu.M. Matsevityi, S.V. Alekhina, V.T. Borukhov, G.M. Zayats, A.O. Kostikov // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2017. – V. 90, No.6. – С. 1295–1310, DOI 10.1007/s10891-017-1686-7.
12. Установа для визначення складу горючого газу в процесі його спалювання. Патент України на винахід №. 120216: МПК G01N 7/08 (2006.01), G01N 25/20 (2006.01) / Максимов М.В., Брунеткін О.І., Лисяк О.В., Тарахтій О.С. № а 2017 12785; заявл. 22.12.2017; опубл. 11.06.2018, Бюл. №11.
13. Лямин В.А. Газификация древесины [Текст] / В.А. Лямин. – М.: Лесная промышленность, 1967. – 264 с.
14. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания: справочник : [в 6-ти т.]. / под науч. ред. акад. В.П. Глушко. – М.: ВИНТИ, 1971. – Том 1: Методы расчета. – 266 с.
15. Лысюк, А.В. Модель и метод сжигания в теплоэнергетической установке углеводородного газа переменного состава / А.В. Лысюк, А.В. Бондаренко, М.М. Максимов, А.И. Брунеткин // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – Одеса, 2017. – Volume 9, Issue 2. – С. 21–27. (Журнал включено до НМБД Index Copernicus, CrossRef (DOI)).
16. Метод расчета температуры горения произвольной смеси газообразного углеводородного топлива при произвольном избытке воздуха / ВО Давыдов, АВ Бондаренко // Праці Одеського політехнічного університету. Одеса, 2013. – №3 (42) – С. 98–102.

Bibliography (transliterated)

1. Rousta K. Assessing incorrect household waste sorting in a medium-sized Swedish city [Text] / K. Rousta, K.M. Ekström // Sustainability 2013, 5, 4349–4361. <https://doi.org/10.3390/su5104349>.

2. Perrot J.F. Municipal Waste Management Strategy Review and Waste-to-Energy Potentials in New Zealand [Text] / J.F. Perrot, A. Subiantoro // Sustainability. 2018, 10(9), DOI: 10.3390/su10093114.
3. Seltenrich N. Emerging Waste-to-Energy Technologies: Solid Waste Solution or Dead End? [Text] / N. Seltenrich // Environmental Health Perspectives, 2016, Vol. 124, No. 6. <https://doi.org/10.1289/ehp.124-A106>.
4. Brunetkin O. Development of the unified model for identification of composition of products from incineration, gasification, and slow pyrolysis [Text] / O. Brunetkin, M.V. Maksymov, A. Maksymenko, M.M. Maksymov // EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies, 2019, 4/6 (100), 25–31. doi: 10.15587/1729-4061.2019.176422.
5. Guizani C. Biomass Chars: The Effects of Pyrolysis Conditions on Their Morphology, Structure, Chemical Properties and Reactivity [Text] / C. Guizani, M. Jeguirim, S. Valin, L. Limousy, S. Salvador // Energies 2017, 10(6), 796; <https://doi.org/10.3390/en10060796>.
6. Akhmetov S.A. Tekhnologiya i oborudovanie processov pererabotki nefti i gaza [Tekst] / S.A. Akhmetov, T.P. Serikov, I.R. Kuzeev, M.I. Bayazitov // Sankt-Peterburg, Nedra, 2006, 872 s., il.: kod dostupa – <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-ahmetov-a-tehnologiya-i-oborudovanie-processov-pererabotki-nefti-i-gaza.pdf>.
7. Nadia H.L., Process efficiency of biofuel production via gasification and Fischer–Tropsch synthesis [Text] / H.L. Nadia, N.H. Leibbrandt, A.O. Aboyade, J.H. Knoetze, J.F. Görgens // Fuel, Volume 109, 2013, P. 484–492. doi.org/10.1016/j.fuel.2013.03.013.
8. Salganskij E.A. Model' parovozdushnoj gazifikaczii tverdogo goryuchego v fil'tracionnom rezhime [Tekst] / E.A. Salganskij, V.P. Fursov, S.V. Glazov, M.V. Salganskaya, G.B. Manelis // Fizika gorenija i vzry'va, 2006, t. 42, # 1, p. 65–72. <https://docplayer.ru/86907583-Institut-problem-himicheskoy-fiziki-ran-chernogolovka.html>.
9. Brunetkin O. Determining the composition of burned gas using the method of constraints as a problem of model interpretation [Tekst] / O. Brunetkin, V. Davydov, O. Butenko, G. Lysiuk, A. Bondarenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies – 2019. – #3/6 (99). – pp. 22–30. doi: 10.15587/1729–4061.2019.169219.
10. Polianchik E.V. Fil'tracionnoe gorenje ugleroda v prisutstvii e'ndotermicheskikh okislitelej [Tekst] / E.V. Polianchik, S.V. Glazov // Fizika gorenija i vzry'va – 2015. – t. 51, #5 – p. 34–43. DOI: 10.15372/FGV20150504.
11. Matsevityi Yu.M. Identification of the Thermal Conductivity Coefficient for Quasi-Stationary Two-Dimensional Heat Conduction Equations [Tekst] / Yu.M. Matsevityi, S.V. Alekhina, V.T. Borukhov, G.M. Zayats, A.O. Kostikov // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2017. – V. 90, No.6. – P. 1295–1310, DOI 10.1007/s10891-017-1686-7.
12. Ustanovka dlya viznachennja skladu goryuchogo gazu v proczesi' jogo spaljuvannja. Patent Ukraini na vinakhi'd #. 120216 : MPK G01N 7/08 (2006.01), G01N 25/20 (2006.01) / Maksimov M.V., Brunetki'n O.I., Lisyuk O.V., Tarakhti'j O.S. # a 2017 12785; zayavl. 22.12.2017; opubl. 11.06.2018, Byul. #11.
13. Lyamin V.A. Gazifikacija drevesiny' [Tekst] / V.A. Lyamin. – M.: Lesnaya promy'shlennost', 1967. – 264 p.
14. Termodinamicheskie i teplofizicheskie svojstva produktov sgoraniya: spravocnik : [v 6-ti t.]. / pod nauch. red. akad. V.P. Glushko. – M.: VINITI, 1971. – Tom 1: Metody' rasscheta. – 266 p.
15. Ly'syuk, A.V. Model' i metod szhiganiya v teploe'nergeticheskoy ustanovke uglevodorodnogo gaza peremennogo sostava / A.V. Ly'syuk, A.V. Bondarenko, M.M. Maksimov, A.I. Brunetkin // Avtomatizacija tekhnologii' i bi'znes-proczesi'v. – Odesa,

2017. – Volume 9, Issue 2. – P. 21–27. (Zhurnal vklyucheno do NMBD Index Copernicus, CrossRef (DOI)).

16. Metod rascheta temperatury` gorennya proizvol'noj smesi gazoobraznogo uglevodorodnogo topliva pri proizvol'nom izby'tke vozdukha / VO Davy'dov, AV Bondarenko // Praci` Odes'kogo poli'tekhnichnogo uni'versitetu. Odesa, 2013. – #3 (42)– P. 98–102.

УДК 681.54

Максимов М.В., д.техн.н., професор, Демиденко В.Е., магістр, Бутенко О.В., аспірант,
Брунеткін О.І., д.техн.н., доцент

МОДЕЛЬ ПИРОЛИЗУ ОРГАНИЧНИХ РЕЧОВИН ЗМІННОГО СКЛАДУ

Розглянуто питання організації процесу повільного піролізу органічних речовин, в загальному випадку невідомого і змінного складу. Актуальність роботи визначається розглядом можливості використання різних органічних відходів без їх попереднього сортування і сушіння для отримання вторинних енергоресурсів контрольованого складу. Новизна роботи обумовлена розробкою моделі методу керованого піролізу або газифікації органічних речовин з мінімальною кількістю твердих залишків при максимальній теплотворній здатності сумішігорючих газів, що утворюються.

Запропонована до розгляду схема процесу будується на основі організації попутного потоку вихідної сировини і продуктів реакції. В результаті утворюються вуглекий газ і пари води використовуються в якості додаткових окислювачів. В результаті зменшується вуглистый залишок з одночасним збільшенням в складі суміші газоподібних продуктів чадного газу і водню.

Запропоновано схему моніторингу в режимі реального часу складу вихідної сировини в процесі піролізу (газифікації). Знання складу дозволяє управляти процесом його переробки з метою: а) організації оптимального процесу газифікації з точки зору максимізації кількості та енергетичної цінності суміші газоподібних продуктів реакції; б) управляти витратою перероблюваної вихідної сировини з метою виробництва необхідної в кожен момент часу кількості продукт-газу.

Ключові слова: керований піроліз, фільтраційне горіння, зверхадіабатний режим.

УДК 681.54

Максимов М.В., д.техн.н., професор, Демиденко В.Э., магистр,
Бутенко А.В., аспирант, Брунеткин А.И., д.техн.н., доцент

МОДЕЛЬ ПИРОЛИЗА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПЕРЕМЕННОГО СОСТАВА

Рассмотрены вопросы организации процесса медленного пиролиза органических веществ, в общем случае неизвестного и переменного состава. Актуальность работы определяется рассмотрением возможности использования различных органических отходов без их предварительной сортировки и сушки для получения вторичных энергоресурсов контролируемого состава. Новизна работы обусловлена разработкой модели ме-

тода управляемого пиролиза или газификации органических веществ с минимальным количеством твердых остатков при максимальной теплотворной способности образующейся смеси горючих газов.

Предлагаемая к рассмотрению схема процесса строится на основе организации попутного потока исходного сырья и продуктов реакции. В результате образующиеся углекислый газ и пары воды используются в качестве дополнительных окислителей. В результате уменьшается углистый остаток с одновременным увеличением в составе смеси газообразных продуктов угарного газа и водорода.

Предложена схема мониторинга в режиме реального времени состава исходного сырья в процессе пиролиза (газификации). Знание состава позволяет управлять процессом его переработки с целью: а) организации оптимального процесса газификации с точки зрения максимизации количества и энергетической ценности смеси газообразных продуктов реакции; б) управлять расходом перерабатываемого исходного сырья с целью производства необходимого в каждый момент времени количества продукт-газа.

Ключевые слова: управляемый пиролиз, фильтрационное горение, сверхадиабатный режим.

Maximov M., d.t.s., professor, Demidenko V., master, Butenko A., postgraduate student,
Brunetkin A., d.t.s., docent

MODEL OF PYROLYSIS OF ORGANIC MATTERS OF VARIABLE COMPOSITION

The organization of the process of slow pyrolysis of organic substances, in the general case of unknown and variable composition, is considered. The relevance of the work is determined by considering the possibility of using various organic waste without preliminary sorting and drying to obtain secondary energy resources of controlled composition. The novelty of the work is due to the development of a model of the method of controlled pyrolysis or gasification of organic substances with a minimum amount of solid residues with a maximum calorific value of the resulting mixture of combustible gases.

The process scheme proposed for consideration is based on the organization of the associated flow of feedstock and reaction products. As a result, the resulting carbon dioxide and water vapor are used as additional oxidizing agents. As a result, the carbonaceous residue decreases with a simultaneous increase in the composition of the mixture of gaseous products of carbon monoxide and hydrogen.

A real-time monitoring scheme for the composition of the feedstock during pyrolysis (gasification) is proposed. Knowing the composition allows you to manage the process of its processing with the aim of: a) organizing the optimal gasification process in terms of maximizing the quantity and energy value of the mixture of gaseous reaction products; b) manage the flow of processed feedstock in order to produce the quantity of product gas required at each moment of time.

Keywords: controlled pyrolysis, filtration combustion, super-adiabatic mode.

Ткаченко В.В., к.техн.н.

**ВИКОРИСТАННЯ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ
УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ В ХОДІ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

*Науково-дослідний центр ЗС України “Державний океанаріум”
Інституту Військово-Морських Сил Національного університету “ОМА”*

Ключові слова: надзвичайна ситуація, інформаційно-аналітична система, екологічна безпека, потоки даних.

Розвиток суспільства на сучасному етапі все більше стикається з проблемами забезпечення безпеки і захисту людини і навколишнього природного середовища. Наслідком все більш зростаючого антропогенного впливу на навколишнє природне середовище та інтенсифікація виробництва використання природних ресурсів, але не завжди раціонального і без дотримання належних заходів техногенної безпеки. У багатьох країнах світу проявляється стійка тенденція до зростання кількості промислових аварій і руйнівних стихійних явищ. Підготовка комплексних рішень для узгодження суперечливих умов економічного розвитку і безпечного функціонування промислових об'єктів являє собою необхідну передумову національної безпеки кожної країни. Значне місце в проблемі забезпечення промислової та екологічної безпеки займає оцінка її рівня [1].

Проблеми природно-техногенної безпеки обумовлені дестабілізаційними процесами в системі “соціум-техносфера-природне середовище”, ігноруванням вимог концепції сталого розвитку, виходом відповідних показників за нормативні рівні. Прогнозування і попередження катастроф в природної та техногенної сферах базується на результатах моніторингу стану об'єктів і джерел катастроф, моделювання катастрофічних природних процесів і техногенних аварій. Пріоритетною постановкою є перехід від рішення окремих екологічних та технологічних проблем до комплексного забезпечення природно-техногенної безпеки окремих територіально-промислових утворень і регіонів.

Зазначені фактори стали визначальними для комплексних досліджень в наступних напрямках:

- математичні методи і обчислювальні технології оцінок ризику та моделювання надзвичайних ситуацій (НС) природного і техногенного характеру та аварійних ситуацій технічних систем (ТС);
- механіка аварій і катастроф ТС (аналіз, узагальнення результатів розслідування аварій і катастроф, дослідження кінетики пошкоджень і деградації матеріалів);
- методи аналізу та забезпечення безпеки і живучості технічних систем (оцінка і прогнозування показників залишкового ресурсу, безпеки і живучості, технологічні та експлуатаційні методи забезпечення безпеки) [2].

Дослідження в області створення методологічних засад інформаційно-аналітичної підтримки прийняття рішень, зокрема при виникненні та ліквідації наслідків НС природного та техногенного характеру, представлені в роботах таких вітчизняних та зарубіжних вчених як: Д.А. Поспелов, А.Д. Цвиркун, Н.Ф. Реймерс, М.М. Мойсєєв, В.О. Боков, Р.М. Мей, О.М. Трофімчук, С.П. Іванюта та ін. Аналіз стану дослі-

джен показав, що питання, які пов'язані з вивченням особливостей та закономірностей організації процесів підтримки прийняття рішень при виникненні НС техногенного характеру на основі використання сучасних інформаційних технологій, все ще залишаються маловивченими.

Організація процесу управління екологічною безпекою при виникненні НС передбачає реалізацію ряду специфічних завдань, невластивих традиційним експертним системам. Це завдання обліку в реальному часі поведінки екологічної системи в умовах НС, формування та реалізації рішень відповідно до динаміки змін її стану. Одне з найважливіших завдань – відображення в онтологічній системі (ОС) поточного стану об'єкту і навколишнього середовища як результату перебування в умовах НС [3–8]. Поточний стан навколишнього середовища, як правило, змінюється випадково, так як залежить від множини випадкових факторів [9, 10].

Сучасне управління наслідками різного роду НС базується на актуальному використанні інформаційних технологій, що передбачає збір та обробку екологічної інформації, прогнозування розвитку НС та оцінку ризиків, інтеграцію та консолідацію даних екологічного моніторингу в режимі реального часу, створення експертних систем та баз знань, координацію дій та інформаційну підтримку при організації взаємодії сил та засобів (рис. 1).

Діяльність, яка пов'язана з інформаційними технологіями в цьому процесі, полягає у створенні та розгортанні інформаційної інфраструктури. Проблема організації збору, обробки та аналізу екологічної інформації є в даний час однією з першочергових в контексті впровадження систем підтримки прийняття рішень в роботу органів військового управління, які несуть безпосередню відповідальність за організацію питань участі військових формувань у ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

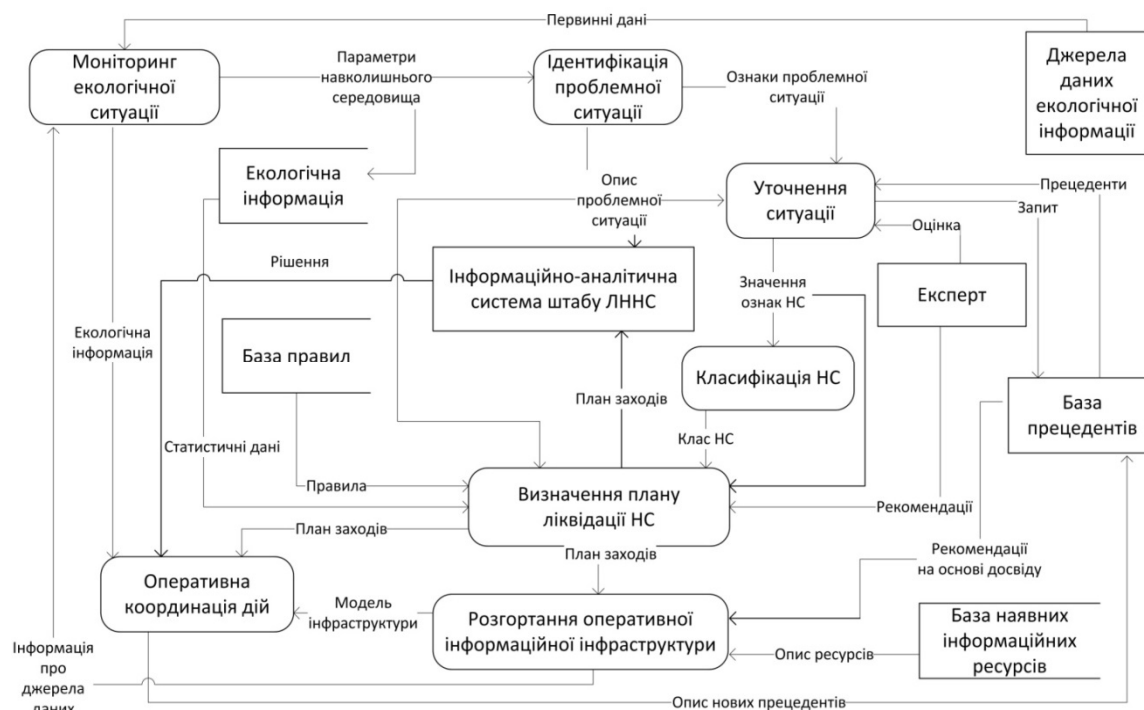


Рисунок 1 – Діаграма потоків даних в системі управління екологічною безпекою

Інформаційно-аналітична система (ІАС), яка виконує завдання моніторингу стану навколишнього середовища та забезпечує інформаційну підтримку прийняття рішень при виникненні НС, повинна мати відповідне програмне, апаратне та інформаційне забезпечення. Зібрана з різноманітних джерел інформація про НС та її поточний стан має бути швидко та безперебійно передана в командні центри для координації діяльності та забезпечення спілкування між різними географічно відокремленими підрозділами. Існує глобальна проблема контролювання показників навколишнього середовища на пограничних територіях, що підвищує невизначеність екологічної ситуації та ускладнює вирішення задач прийняття рішень щодо попередження та ліквідації НС.

Розглянемо, який математичний апарат використовується для обробки даних з метою реалізації функцій управління в системах екологічної безпеки. Основою більшості інформаційних систем є облік статистичних даних [11]. Попередній аналіз даних передбачає оцінку показників центру розподілу, варіації, форми розподілу. До статистичних методів обробки інформації належать такі види аналізу, як: дисперсійний, факторний, кластерний, регресійний, кореляційний [12,13]. Для виявлення прихованих знань, що зберігаються у масивах інформації, застосовуються методи Data Mining [13]. До методів Data Mining належать: базові методи, які засновані на переборі [14]; нечітка логіка [13,15]; генетичні алгоритми [16,17]; нейронні мережі [18,19]. Таким чином, математичне забезпечення управлінням екологічною безпекою представлено достатньо розгорнутим колом методів та підходів щодо збору, обробки та зберігання даних.

До особливого класу задач управління екологічною безпекою необхідно віднести постановки задач, які пов'язані з використанням теорії нечітких множин. Це обґрунтовано тим, що параметри і змінні не є певними величинами і не можуть бути описані законами розподілу, побудованими на достатньому статистичному матеріалі. Тому виникає необхідність аналізу моделей і алгоритмів в системах підтримки прийняття рішень при нечіткій вихідній інформації, які можуть бути використані в задачах управління екологічною безпекою, зокрема оцінки ризику.

Треба розуміти, що в системах управління екологічною безпекою в ході ліквідації наслідків НС на основі теорії нечітких множин, вид моделей і алгоритмів, методи їх дослідження істотно залежатимуть від способів опису вихідних даних. Тому важливим питанням для впровадження існуючих підходів і недопущення "розмивання" традиційних моделей і алгоритмів, а також створенню принципово нових, є науково обґрунтовані рішення, щодо використання певних моделей в конкретних конфігураціях інформаційних систем та технологій.

Висновки

Впровадження ІТ-технологій для розв'язання задач управління екологічною безпекою в ході ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій спрямоване на вирішення науково-практичного завдання щодо підвищення ефективності інформаційно-аналітичних систем підтримки прийняття рішень під час виникнення надзвичайних ситуацій шляхом зниження часу обробки моніторингових даних та підвищення здатності інформаційних підсистем і компонентів до взаємодії та забезпечення розгортання єдиної інформаційної інфраструктури.

Для його реалізації необхідно розв'язати ряд теоретичних і практичних завдань:

1) дослідити сучасні системи моніторингу навколишнього середовища підтримки прийняття рішень при виникненні НС, визначити особливості планів реагування, можливості сучасних інформаційних технологій для автоматизації процесів моніторингу та оперативної координації підрозділів, що залучаються;

- 2) розробити комплексний підхід до вирішення задачі підвищення ефективності інформаційно-аналітичних систем управління екологічною безпекою при виникненні надзвичайних ситуацій;
- 3) розробити принципи побудови інформаційної системи реєстрації та обробки даних на основі моделей оцінки стану екологічної ситуації;
- 4) розробити інформаційну технологію для автоматизації процесу прийняття рішень в ході участі підрозділів у ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- 5) провести апробацію розроблених моделей та алгоритмів на основі моделювання сценарію виникнення та ліквідації надзвичайних ситуацій.

Література

1. Бойко Т.В. Особенности применения индексных показателей для оценки экологического риска техногенных объектов / Т. В. Бойко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 2/ 10. – С. 16–21.
2. Москвичев В.В. Проблемы природно-техногенной безопасности и территориальные риски регионов Сибири / В. В. Москвичев, Ю. И. Шокин // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2010. – № 6. – С. 35–45.
3. Овезгельдыев А.О. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации / А.О. Овезгельдыев, Э.Г. Петров, К.Э. Петров. – Київ : Наук. думка, 2002. – 164 с.
4. Петров Э.Г. Использование метода генетических алгоритмов для решения задачи компараторной идентификации модели многофакторного оценивания / Э.Г. Петров, Д.А. Булавин // Радиоэлектроника и информатика. – 2003. – № 1. – С. 89–93.
5. Овезгельдыев А.О. Компараторная идентификация моделей интеллектуальной деятельности / А.О. Овезгельдыев, К.Э. Петров // Кибернетика и системный анализ. – 1996. – № 5. – С. 48–58.
6. Фишберн П. Теория полезности. Методологические основы и математические методы / П. Фишберн. – Москва: Мир, 1981. – С. 448–480.
7. Петров Э.Г. Методика оценки адекватности моделей точечной идентификации индивидуальных предпочтений ЛПР / Э.Г. Петров, Н.С. Шило // Радиоэлектроника и информатика. – 2003. – № 2. – С. 97–103.
8. Дослідження моделей процесів тестування зручності використання програмних продуктів / О.С. Ісаков, О.Ю. Чередніченко, В.В. Мозгін, О.В. Янголенко // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами.. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2018. – № 2 (1278). – С. 73–80.
9. Новиков Д.А. Рефлексия и управление. Математические модели / Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили. – Москва: Физматлит, 2013. – 416 с.
10. Мониторинг и отчетность по окружающей среде. Страны Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии / Организация Объединенных Наций – Нью-Йорк и Женева, 2003. – № R.03- II-E.33.
11. Акофф Р. Искусство решения проблем / Р. Акофф. – Москва : Книга по требованию, 2012. – 218 с.
12. Саати Т. Принятие решения. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – Москва : Радио и связь, 1993. – 320 с.

13. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.
14. Lasdon L.S. Optimization theory for large systems / L.S. Lasdon. – Unambridged Dover, 2002. – 517 p.
15. Биченок М.М. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі / М.М. Биченок, С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев. – Київ : Ін-т проблем національної безпеки, 2008. – 160 с.
16. Месарович М. Общая теория систем. Математические основы / М. Месарович, И. Такахаха. – Москва : Мир, 1978. – 311 с.
17. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений / О. И. Ларичев. – М: Логос, 2008. – 392 с.
18. Годлевский М.Д. Основные принципы формирования моделей и алгоритмов государственного регулирования экономики / М.Д. Годлевский, О.Ю. Плелис // Вісн. Нац. тех. ун-ту «ХПІ». – Харків : НТУ «ХПІ», 2002. – № 8, Т. 1. – С. 9–13.
19. Kusek J.Z. Ten steps to a results-based monitoring and evaluation system : a handbook for development practitioners / J.Z. Kusek, R.C. Rist. – Washington, DC: The World Bank, 2004. – 248 p.

Bibliography (transliterated)

1. Boyko T.V. Osobennosti primeneniya indeksnykh pokazateley dlya otsenki ekologicheskogo riska tehnogennykh ob'ektov / T.V. Boyko // Vostochno-Evropeyskiy zhurnal передовий технологій. – 2010. – № 2/ 10. – P. 16–21.
2. Moskvichev V.V. Problemy prirodno-tehnogennoy bezopasnosti i territorialnyie riski regionov Sibiri / V.V. Moskvichev, Yu. I. Shokin // Problemy bezopasnosti i cherezvychaynykh situatsiy. – 2010. – № 6. – P. 35–45.
3. Ovezgeldyiev A.O. Sintez i identifikatsiya modeley mnogofaktornogo otsenivaniya i optimizatsii / A.O. Ovezgeldyiev, E.G. Petrov, K.E. Petrov. – Kiyiv : Nauk. dumka, 2002. – 164 p.
4. Petrov E.G. Ispolzovanie metoda geneticheskikh algoritmov dlya resheniya zadachi komparatornoy identifikatsii modeli mnogofaktornogo otsenivaniya / E.G. Petrov, D.A. Bulavin // Radioelektronika i informatika. – 2003. – № 1. – P. 89–93.
5. Ovezgeldyiev A.O., Komparatornaya identifikatsiya modeley intellektualnoy deyatel'nosti / A.O. Ovezgeldyiev, K.E. Petrov // Kibernetika i sistemnyy analiz. – 1996. – № 5. – P. 48–58.
6. Fishbern P. Teoriya poleznosti. Metodologicheskie osnovy i matematicheskie metody / P. Fishbern. – Moskva : Mir, 1981. – P. 448–480.
7. Petrov E.G. Metodika otsenki adekvatnosti modeley tochechnoy identifikatsii individualnykh predpochteniy LPR / E. G. Petrov, N.S. Shilo // Radioelektronika i informatika. – 2003. – № 2. – P. 97–103.
8. Doslidzhennya modeley protsesiv testuvannya zruchnosti vikoristannya programnih produktiv / O.S. Isakov, O.Yu. Cherednichenko, V.V. Mozhin, O.V. Yangolenko // Visnik Natsionalnogo tekhnichnogo universitetu “HPI”. Seriya: Strategichne upravlinnya, upravlinnya portfelyami, programami ta proektami. – Harkiv : NTU “HPI”, 2018. – № 2 (1278). – P. 73–80.
9. Novikov D.A. Refleksiya i upravlenie. Matematicheskie modeli / D.A. Novikov, A.G. Chhartishvili. – Moskva : Fizmatlit, 2013. – 416 p.

10. Monitoring i otchetnost po okruzhayuschey srede. Strany Vostochnoy Evropy, Kavkaza i Tsentralnoy Azii / Organizatsiya Ob'edinennyih Natsiy – Nyu-York i Zheneva, 2003. – № R.03- II-E.33.
11. Akoff R. Iskustvo resheniya problem / R. Akoff. – Moskva : Kniga po trebovaniyu, 2012. – 218 p.
12. Saati T. Prinyatie resheniya. Metod analiza ierarhiy / T. Saati. – Moskva : Radio i svyaz, 1993. – 320 p.
13. Tehnologii analiza dannyih: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / A.A. Barsegyan, M.S. Kupriyanov, V.V. Stepanenko, I.I. Holod. – Sankt-Peterburg : BHV-Peterburg, 2007. – 384 p.
14. Lasdon L.S. Optimization theory for large systems / L. S. Lasdon. – Unambridged Dover, 2002. – 517 p.
15. Bichenok M.M. Riziki zhittEdIyality u prirodno-tehnogennomu seredovischi / M. M. Bichenok, S. P. Ivanyuta, E. O. YakovlEv. – KiYiv : In-t problem natsionalnoYi bezpeki, 2008. – 160 p.
16. Mesarovich M. Obschaya teoriya sistem. Matematicheskie osnovyi / M. Mesarovich, I. Takahara. – Moskva : Mir, 1978. – 311 p.
17. Larichev O.I. Teoriya i metody prinyatiya resheniy / O.I. Larichev. – M: Logos, 2008. – 392 s.
18. Godlevskiy M.D. Osnovnyie printsipy formirovaniya modeley i algoritmov gosudarstvennogo regulirovaniya ekonomiki / M.D. Godlevskiy, O.Yu. Plepis // Visn. Nats. teh. un-tu "HPI". – Harkiv : NTU "HPI", 2002. – № 8, T. 1. – P. 9–13.
19. Kusek J.Z. Ten steps to a results-based monitoring and evaluation system : a handbook for development practitioners / J.Z. Kusek, R.C. Rist. – Washington, DC: The World Bank, 2004. – 248 p.

Ткаченко В.В., к.т.н.

ВИКОРИСТАННЯ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ В ХОДІ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Стаття присвячена вивченню способів розв'язання науково-практичного завдання щодо підвищення ефективності інформаційно-аналітичних систем підтримки прийняття рішень під час виникнення надзвичайних ситуацій за рахунок зниження часу обробки моніторингових даних, а також підвищенню здатності інформаційних підсистем і компонентів до взаємодії та забезпечення розгортання єдиної інформаційної інфраструктури.

Організація процесу управління екологічною безпекою при виникненні надзвичайних ситуацій передбачає реалізацію ряду специфічних завдань, невластивих традиційним експертним системам. Передусім, це завдання фіксації в реальному часі поведінки екологічної системи в умовах надзвичайної ситуації, формування та реалізації рішень відповідно до динаміки змін її стану. Одним з найважливіших завдань є наочне відображення поточного стану об'єкту і навколишнього середовища як результату їх перебування в умовах надзвичайної ситуації. Поточний стан навколишнього середовища, як правило, змінюється майже випадково, так як залежить від множини випадкових факторів.

Сучасне управління наслідками різного роду надзвичайних ситуацій базується на актуальному використанні інформаційних технологій, що передбачає збір та обробку екологічної інформації, прогнозування розвитку надзвичайних ситуацій та оцінку ризиків, інтеграцію та консолідацію даних екологічного моніторингу в режимі реального часу, створення експертних систем та баз знань, координацію дій та інформаційну підтримку під час організації взаємодії сил та засобів.

Запропоновано математичний апарат обробки поточкових даних з метою реалізації функцій управління в системах екологічної безпеки. Представлено в онтологічній системі діаграму потоків даних, реалізованих в ході розгортання інформаційної інфраструктури управління екологічною безпекою.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, інформаційно-аналітична система, екологічна безпека, потоки даних.

Ткаченко В.В., к.т.н.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В ХОДЕ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Статья посвящена изучению способов решения научно-практической задачи по повышению эффективности информационно-аналитических систем поддержки принятия решений при возникновении чрезвычайных ситуаций за счет снижения времени обработки мониторинговых данных, а также повышению способности информационных подсистем и компонентов к взаимодействию и обеспечения развертывания единой информационной инфраструктуры.

Организация процесса управления экологической безопасностью при возникновении чрезвычайных ситуаций предусматривает реализацию ряда специфических задач, свойственных традиционным экспертным системам. Прежде всего, это задача фиксации в реальном времени поведения экологической системы в условиях чрезвычайной ситуации, формирования и реализации решений в соответствии с динамикой изменений ее состояния. Одной из важнейших задач является наглядное отображение текущего состояния объекта и окружающей среды как результата их пребывания в условиях чрезвычайной ситуации. Текущее состояние окружающей среды, как правило, меняется практически случайно, так как зависит от множества случайных факторов.

Современное управление последствиями различного рода чрезвычайных ситуаций базируется на актуальном использовании информационных технологий, предусматривает сбор и обработку экологической информации, прогнозирования развития чрезвычайных ситуаций и оценку рисков, интеграцию и консолидацию данных экологического мониторинга в режиме реального времени, создание экспертных систем и баз знаний, координацию действий и информационную поддержку при организации взаимодействия сил и средств.

Предложено математический аппарат обработки поточковых данных с целью реализации функций управления в системах экологической безопасности. Представлен в онтологической системе диаграмму потоков данных, реализованных в ходе развертывания информационной инфраструктуры управления экологической безопасностью.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, информационно-аналитическая система, экологическая безопасность, потоки данных.

Tkachenko V.V.

**USE OF IT-TECHNOLOGIES TO SOLVE ENVIRONMENTAL SAFETY
MANAGEMENT PROBLEMS DURING PLACEMENT OF CONSEQUENCES
OF EMERGENCY SITUATIONS**

The article is devoted to studying ways to solve the scientific and practical problem of increasing the efficiency of information and analytical decision support systems in emergency situations by reducing the processing time of monitoring data, as well as increasing the ability of information subsystems and components to interact and ensure the deployment of a single information infrastructure.

The organization of the environmental safety management process in the event of emergencies provides for the implementation of a number of specific tasks inherent in traditional expert systems. First of all, this is the task of fixing in real time the behavior of the ecological system in an emergency, the formation and implementation of decisions in accordance with the dynamics of changes in its state. One of the most important tasks is the visual display of the current state of the object and the environment as a result of their stay in an emergency. The current state of the environment, as a rule, changes almost by accident, since it depends on many random factors.

Modern management of the consequences of various types of emergencies is based on the current use of information technology, provides for the collection and processing of environmental information, forecasting the development of emergencies and risk assessment, integrating and consolidating environmental monitoring data in real time, creating expert systems and knowledge bases, coordinating actions and information support in organizing the interaction of forces and means.

A mathematical apparatus is proposed for processing streaming data in order to implement control functions in environmental safety systems. An ontological system presents a diagram of data flows implemented during the deployment of the environmental safety management information infrastructure.

Keywords: emergency, information and analytical system, environmental safety, data flows.

Головенко В.О., к.техн.н., доцент, Калініченко О.О., к.техн.н., доцент,
Роєнко К.В., к.техн.н., доцент, Сніжко Л.О. д-р.хім.н., проф.

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ НАНЕСЕННЯ ВОЛЬФРАМУ НА ОКСИДНО-КЕРАМІЧНІ НОСІЇ

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпро

Ключові слова: плазмове електролітичне оксидування, екстракційно-піролітичний метод, каталітично активні покриття, електроліт, натрій вольфрамвокислий.

Забруднення атмосфери відходами, що утворюються при спалюванні органічного палива, є важливою екологічною проблемою. У зв'язку з розробкою і введенням нових екологічних стандартів все більша увага приділяється створенню ефективних каталізаторів знешкодження автомобільних паливних газів. В якості активного компонента використовують один або кілька металів: Zn, Cr, Ni [1], Mo [2–4], Cu [1–6, 10], W [7–8], Mn [1, 9], Co [9–10], Ce, La [9], Nb [11].

Активні компоненти каталізаторів наносять на керамічні матеріали і металеві поверхні різними способами. Для утворення міцного зв'язку каталізатора з металом застосовують, як правило, оксидний прошарок (Al_2O_3 , SiO_2), який наносять напиленням, однак це створює певні труднощі для рівномірного розподілу активного шару на виробках складної багатоканальної форми, якими є автомобільні сажові фільтри. У роботах [6, 9] каталітичні покриття формували двома способами: безпосередньо плазмове-електролітичним (ПЕО) та двостадійним екстракційно-піролітичним методом, при якому ПЕО спочатку наносили порувату основу, а потім – просочуванням та подальшим піролізом – каталітично активний шар.

Метою даної роботи було порівняння ефективності обох методів щодо впровадження активних металів у поверхню каталізатору та встановлення оптимальних технологічних параметрів процесів нанесення каталітично активних покриттів.

Методика експерименту

Нанесення покриттів

Каталізатори отримували двома способами. Перший спосіб полягав в безпосередньому нанесенні вольфрам-вмісних покриттів на алюміній методом ПЕО. Анодом служила алюмінієва пластина площею $2,45\text{ см}^2$. Перед електролізом зразки протравлювали спочатку у водному розчині NaOH $100\text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$ і освітлювали у 20 % азотній кислоті. Процес вели на позитивних імпульсах в режимі одно-напівперіодного випрямлення (частота 50 Гц) при дійсному середньоквадратичному значенні густини струму $1000\text{ А}\cdot\text{м}^{-2}$. Струм вимірювали цифровим прибором UNI-T UT61D, що працює по системі RMC. Вану охолоджували проточною водою, температура електроліту була у межах $22\text{--}28\text{ }^\circ\text{C}$. Час ПЕО змінювався від 3 до 37 хвилин. Після електролізу зразки промивали дистильованою водою та сушили на повітрі. Електроліт складався з двох компонентів, $\text{г}\cdot\text{л}^{-1}$: $Na_2WO_4\cdot 2H_2O$ – 1-11 та силікат натрію ($Na_2O\cdot 3SiO_2$, $\rho = 1.4\text{--}1.5\text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$) – 1.6–18. Для всіх електролітів вимірювали pH (pH-150MI) та електропровідність (UP-9831C).

У відповідності зі вторим способом каталітичні покриття отримували у дві стадії: спочатку наносили шар методом ПЕО з силікатного електроліту ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2$, $\rho = 1.4\text{--}1.5 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$) концентрацією $1.6\text{--}18 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$, а потім покриття просочували у водних розчинах натрію вольфрамовокислого концентрацію $5\text{--}207 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$. Час електролізу варіювали у тих же межах, що і в першому способі – ($3\text{--}37 \text{ хв}$). Просочені зразки сушили при 105°C протягом 30 хв та прожарювали при 550°C 30 хв .

Електропровідність для розчинів рідкого скла була у межах $0.4\text{--}3.8 \text{ мС}$, а при додаванні до складу електроліту натрію вольфрамовокислого збільшувалась до $3\text{--}8.2 \text{ мС}$. Всі електроліти мали рН у межах $10\text{--}11$.

Дослідження покриттів

На всіх зразках вимірювали товщину отриманого покриття вихрострумовим товщиноміром FMP 10. Прямі вимірювання пористості виконували за допомогою скануючої електронної мікроскопії (JEOL JSM 6400). Одержані зображення обробляли за допомогою програми Image J версії 1.46. Вимірювали площу відкритих пор і вираховували відношення площі поверхні пор до загальної видимої поверхні. Прямі вимірювання масової частки (концентрації) вольфраму у покритті проводили методом неруйнівного енергодисперсійного рентгено-флуоресцентного аналізу (ЕДР-ФА) без використання еталонів. Вимірювання проводили на мультиелементному експрес-аналізаторі «Expert 02L»

Методика планування експериментальних досліджень

Порівняння методів нанесення каталітичних покриттів на сплави алюмінію проводили за такими технологічними факторами:

- концентрація $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в електроліті ПЕО (C_1);
- концентрація $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в просочувальному розчині (C_2);
- концентрація рідкого скла (c);
- час електролізу (t).

Відгук системи виміряли за:

- вмістом вольфраму покриттях $Y_w = f(C, c, t)$
- товщиною $Y_\delta = f(C, c, t)$
- пористістю $Y_p = f(C, c, t)$

Планування експерименту проводили за центральним композиційним рототабельним планом (ЦКРП). При ЦКРП інформаційна поверхня наближається до сферичної, тобто точність Y по всім напрямках на однаковій відстані від центру планування є практично однаковою. ЦКРП дозволяє мінімізувати помилки у визначенні Y , пов'язані з неадекватністю представлення результатів у вигляді полінома 2-го порядку. Це досягається тим, що віддалені від центру плану «зіркові» точки на осях координат доповнюються інформацією з центру плану, що представляє собою сферу з нульовим радіусом, тобто інформацією точною у всіх напрямках. Значимість цієї інформації в загальному обсязі інформації збільшується за рахунок збільшення числа дослідів (m_0) в центрі плану.

При реалізації рототабельних планів можна відмовитися від паралельних дослідів для оцінки відтворюваності експериментів, що зменшить загальне число дослідів в порівнянні з центральним композиційним ортогональним планом. Дисперсія експериментальних значень Y в паралельних дослідях може бути оцінена в цьому випадку по експериментам в центрі плану. [12]

Експерименти проводили за матрицею, яка містила три групи:

- повний факторний експеримент 2^k ;
 - дослід у «зіркових» точках;
 - дослід у центрі плану експерименту.
- Загальна кількість дослідів N залежить від числа факторів

$$N = 2^k + 2k + m_0, \quad (1)$$

де k – кількість факторів; m_0 – кількість дослідів у центрі плану експерименту.

В нашому випадку для трьох факторів експерименту $k = 3$ і $m_0 = 6$ [12] загальна кількість дослідів становить $N = 2^3 + 2 \cdot 3 + 6 = 20$.

Щоб композиційний план був рототабельним, величина «зіркового» плеча вибирається з умов [12]:

$$\alpha = 2^{\frac{3}{4}} \text{ при } k < 5. \quad (2)$$

Для трьох факторного експерименту отримаємо величину «зіркового» плеча $\alpha = 2^{\frac{3}{4}} = 1,682$.

Центральне композиційне планування експерименту проводять на п'яти кодованих рівнях: $-\alpha$; -1 ; 0 ; $+1$; $+\alpha$.

Технологічні параметри процесу ПЕО – незалежні змінні фактори (C, s, t) мають різні розмірності, а їх числові значення – різні величини.

Для спрощення розрахунків при визначенні коефіцієнтів рівняння регресії та її оцінки здійснюють перехід від натуральних значень факторів до кодованих.

Кодовані значення i -го фактору x_i розраховували за формулою [12]

$$x_i = \frac{\tilde{x}_i - x_{i0}}{\Delta x_i}, \quad (3)$$

де $\tilde{x}_i$ – натуральне значення фактора на верхньому (нижньому) рівні; x_{i0} – натуральне значення фактора на нульовому рівні; Δx_i – інтервал (півінтервал) варіювання натурального значення фактора відносно його нульового рівня.

Нульовий рівень натурального значення i -го фактора визначали за формулою

$$x_{i0} = \frac{\tilde{x}_{\max i} - \tilde{x}_{\min i}}{2}, \quad (4)$$

де $\tilde{x}_{\max i}$ – максимальне натуральне значення i -го фактора (верхній рівень); $\tilde{x}_{\min i}$ – мінімальне натуральне значення i -го фактора (нижній рівень).

Інтервал варіювання (пів інтервал) натуральних значень i -го фактора розраховували за формулою

$$\Delta x_i = \frac{\tilde{x}_{\max i} - \tilde{x}_{\min i}}{2}. \quad (5)$$

Основні параметри процесу плазмового електролітичного оксидування, що були вибрані як змінні фактори при створенні плану експерименту:

x_1 – концентрація $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в електроліті (C_1) або в розчині просочування (C_2) ($\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$);

x_2 – концентрації рідкого скла в електроліті (c , $\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$);

x_3 – час плазмового електролітичного оксидування (t , хв.).

Вибрані технологічні параметри процесу ПЕО відповідають всім вимогам, які ставляться до факторів планування експерименту. Інтервал та межі варіювання факторів експерименту наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – кодування факторів та рівні їх варіювання при проведенні експериментів згідно центрального композиційного рототабельного плану

Рівні факторів	Кодовані значення			Натуральні значення			
	x_1	x_2	x_3	концентрації $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$		концентрації рідкого скла в електроліті, $\text{г} / \text{л}$	часу ПЕО, хв.
				в електроліті	в розчині просочування		
Нульовий рівень	0	0	0	6	106	10	20
Інтервал варіювання	1	1	1	3	60	5	10
Верхній рівень	+1	+1	+1	9	166	15	30
Нижній рівень	-1	-1	-1	3	46	5	10
Зіркові точки (+)	+1,682	+1,682	+1,682	11	207	18	37
Зіркові точки (-)	-1,682	-1,682	-1,682	1	5	1,6	3

Повна матриця центрального композиційного рототабельного плану експерименту в кодованому вигляді представлена в табл. 2.

Для опису функції відклику (параметра оптимізації) досліджуваного технологічного процесу ПЕО використали поліном другого порядку:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i \neq j}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2, \quad (6)$$

де b_0 , b_i , b_{ij} , b_{ii} – коефіцієнти рівняння регресії.

Оцінку значимості коефіцієнтів рівнянь регресії перевіряли при рівні ризику 0,05 за допомогою t-критерію Стюдента. Статистично не значимі коефіцієнти були відкинуті. Після цього значимі коефіцієнти рівнянь регресії другого порядку були підставлені у формулу (6).

Функції відклику, які відображають залежність вмісту вольфраму в покритті Y_w , товщини Y_δ та пористості Y_n покриття в залежності від концентрації $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в

електроліті або в розчині просочування, концентрації рідкого скла в електроліті та від часу плазмового електролітичного оксидування за результатами проведеного рототабельного центрального композиційного планування експерименту в кодованих значеннях змінних факторів набули такого вигляду:

1) при додавання $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в електроліт:

– вміст вольфраму у покритті, %

$$Y_{W_1} = 0.09272 + 0.09825x_1 - 0.05009x_2 + 1.0095x_3 + 0.1006x_1x_2 + 0.12369x_1x_3 + 0.04012x_2x_3 + 0.04623x_1^2 + 0.73854x_2^2 + 0.60281x_3^2; \quad (7)$$

– товщина покриття, мкм

$$Y_{\delta_1} = 9.8125 + 0.7033x_1 + 3.33129x_2 + 5.1868x_3 - 0.41667x_1x_3 + 2.77381x_2x_3 + 0.28699x_2^2 - 0.35125x_3^2; \quad (8)$$

– пористість покриття, %

$$Y_{P_1} = 76.3176 + 4.6845x_3 - 7.0642x_3^2. \quad (9)$$

Таблиця 2 – План-матриця проведення експериментів центрального композиційного рототабельного плану

Групи дослідів	Номер дослідів	Рівні факторів				Параметр оптимізації, Y
		x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	
повний факторний експеримент	1	+1	-1	-1	-1	Y ₁
	2	+1	+1	-1	-1	Y ₂
	3	+1	-1	+1	-1	Y ₃
	4	+1	+1	+1	-1	Y ₄
	5	+1	-1	-1	+1	Y ₅
	6	+1	+1	-1	+1	Y ₆
	7	+1	-1	+1	+1	Y ₇
	8	+1	+1	+1	+1	Y ₈
досліди у «зіркових» точках	9	+1	+1,682	0	0	Y ₉
	10	+1	-1,682	0	0	Y ₁₀
	11	+1	0	+1,682	0	Y ₁₁
	12	+1	0	-1,682	0	Y ₁₂
	13	+1	0	0	+1,682	Y ₁₃
	14	+1	0	0	-1,682	Y ₁₄
досліди у центрі плану експерименту	15	+1	0	0	0	Y ₁₅
	16	+1	0	0	0	Y ₁₆
	17	+1	0	0	0	Y ₁₇
	18	+1	0	0	0	Y ₁₈
	19	+1	0	0	0	Y ₁₉
	20	+1	0	0	0	Y ₂₀

2) при просочення отриманого покриття ПЕО:

– вміст вольфраму у покритті, ppm

$$Y_{W_1} = 29 + 19.5x_1 + 4.25x_3 + 5.75x_1x_3 + 13x_2x_3 + 5.5x_1x_2x_3; \quad (10)$$

– товщина покриття, мкм

$$Y_{\delta_2} = 8.6375 + 1.2125x_2 + 4.1375x_3; \quad (11)$$

– пористість покриття, %

$$Y_{\Pi_2} = 63.199 + 5.4398x_2. \quad (12)$$

Після перекодування значень технологічних параметрів процесу плазмового електролітичного оксидування (табл. 1) проведення перетворень і спрощень рівняння регресії для Y_W , Y_{δ} , Y_{Π} в натуральних величинах набувають такого вигляду:

1) при додавання $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в електроліт:

– вміст вольфраму у покритті, %

$$Y_{W_1} = 4.58536 - 0.17842 \cdot C_1 - 0.65714 \cdot c - 0.17294 \cdot t + 0.00671 \cdot C_1 \cdot c + 0.00412 \cdot C_1 \cdot t + \\ + 0.0008 \cdot c \cdot t + 0.00514 \cdot C_1^2 + 0.02954 \cdot c^2 + 0.00603 \cdot t^2; \quad (13)$$

– товщина покриття, мкм:

$$Y_{\delta_1} = 0.54124 + 0.51221 \cdot C_1 - 0.667286 \cdot c + 0.18775 \cdot t - \\ - 0.01389 \cdot C_1 \cdot t + 0.055482 \cdot C_1 \cdot t + 0.0008 \cdot c \cdot t + 0.01148 \cdot c^2 - 0.00351 \cdot t^2; \quad (14)$$

– пористість покриття, %:

$$Y_{\Pi_1} = 38.6918 + 3.29413 \cdot t - 0.070642 \cdot t^2. \quad (15)$$

2) при просочення отриманого покриття ПЕО:

– вміст вольфраму у покритті, ppm:

$$Y_{W_2} = 19.5 + 0.5 \cdot C_2 - 1.3133 \cdot c - 1.2475 \cdot t - 0.0367 \cdot C_2 \cdot c - 0.00875 \cdot C_2 \cdot t + \\ + 0.06567 \cdot c \cdot t + 0.00183 \cdot C_2 \cdot c \cdot t; \quad (16)$$

– товщина покриття, мкм:

$$Y_{\delta_2} = -2.0625 + 0.2425 \cdot c + 0.41375 \cdot t; \quad (17)$$

– пористість покриття, %:

$$Y_{P_2} = 52.3194 + 1.08796 \cdot c. \quad (18)$$

Після перевірки адекватності отриманих моделей даному технологічному процесу ПЕО за F-критерієм Фішера виявилось, що розрахований критерій F_p менше табличного $F_{tab.}$, що дозволяє вважати гіпотезу про адекватність рівнянь регресії адекватною.

Результати та обговорення

При отримання покриттів першим способом – безпосередньою обробкою методом ПЕО з додаванням в електроліт солей вольфраму – на товщину та пористість покриття впливали усі три фактори, що досліджувалися. При другому способі – нанесення вольфраму просоченням на оксид, отриманий ПЕО, – на товщину та пористість покриття впливали тільки два фактори: концентрація рідкого скла в електроліті та час ПЕО.

Графічна обробка рівнянь регресії (18) та (15), показана на рис. 1. Видно, що при використанні в якості електроліту рідкого скла, пористість покриття росте зі збільшенням його концентрації (рис. 1а). Концентрація $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ та рідкого скла в електроліті практично не впливає на пористість покриття. З рівняння (15) видно, що пористість покриття залежить тільки від часу ПЕО. При цьому залежність носить екстремальний характер з максимумом при 20–25 хв (рис. 1б).

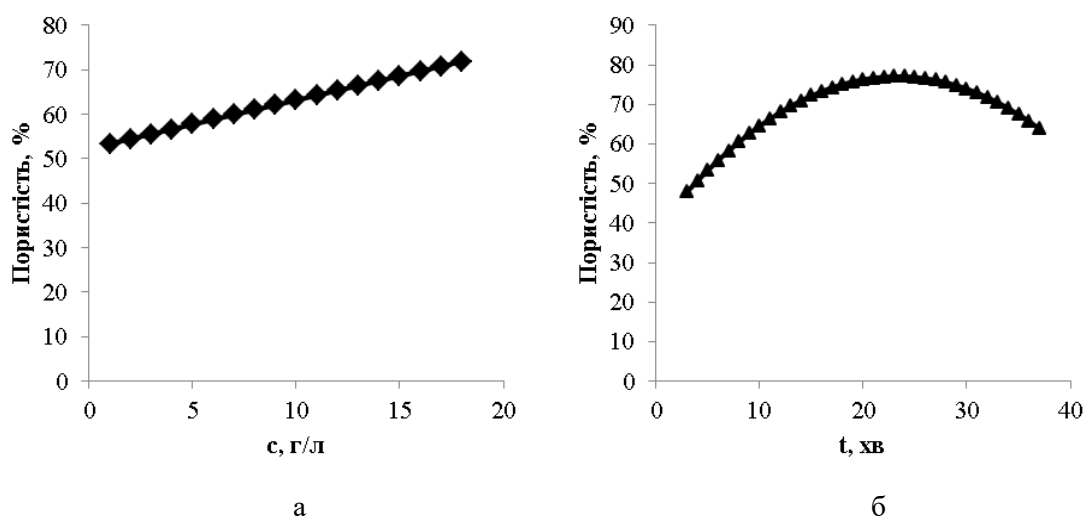


Рисунок 1 – Залежність пористості покриття від концентрації рідкого скла в електроліті (а), від часу ПЕО (б):

а – в електроліті тільки рідке скло; б – в електроліті $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ та рідке скло

Концентрація рідкого скла в електроліті та час плазмового електролітичного оксидування впливає на товщину покриття і описується поліномом першого порядку (17).

З рівняння (17) та рис. 2 видно, що при збільшенні концентрації рідкого скла в електроліті та часу ПЕО товщина покриття зростає, причому вплив часу значніший, ніж концентрація електроліту.

При додаванні до складу електроліту $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ товщина покриття залежала від трьох факторів: концентрації натрію вольфрамівокислого в електроліті (C_1 , $\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$), концентрації рідкого скла в електроліті (c , $\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$) та часу плазмового електролітичного оксидування (t , хв.) (рівняння 14, рис. 3). Враховуючи, що поверхню відгуку можна по-

будувати в залежності тільки від двох факторів, один з факторів фіксували на основному (нульовому) рівні. Аналізуючи результати, представленні на рис. 3, можна зробити висновок, що товщина покриття від концентрації $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в електроліті практично не залежить (рис. 3 б, в). Слід також відмітити, що при низькій концентрації рідкого скла в електроліті, збільшення часу ПЕО не призводить до збільшення товщини покриття. У той же час при малому часі плазмового електролітичного оксидування, збільшення концентрації рідкого скла в електроліті не призводить до збільшення товщини покриття (рис. 3 а).

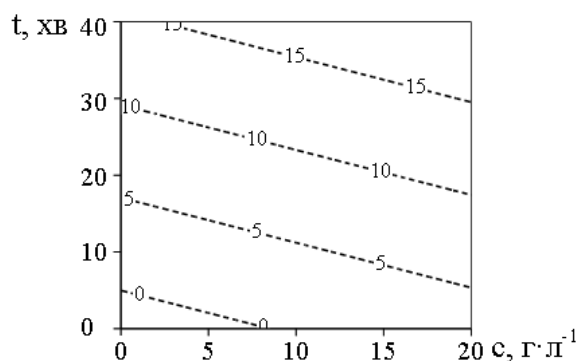


Рисунок 2 – Залежність товщини покриття (мкм) від концентрації рідкого скла в електроліті та часу плазмового електролітичного оксидування

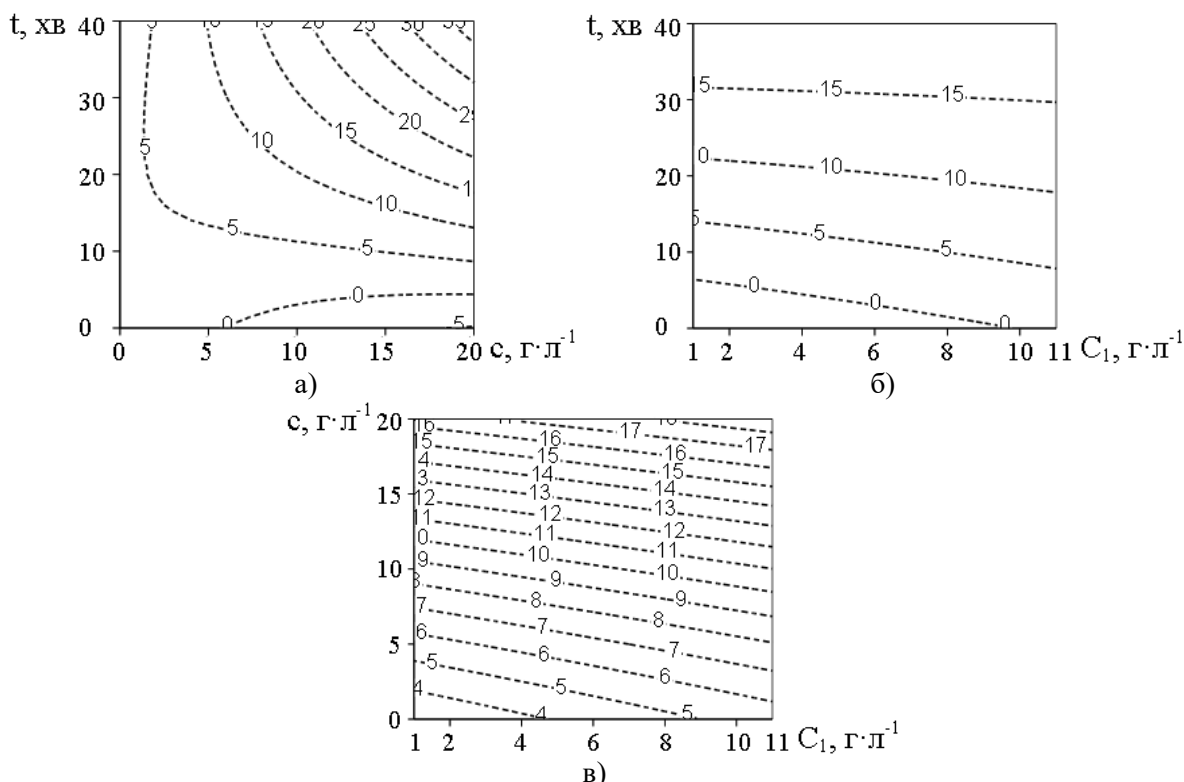


Рисунок 3 – Залежність товщини покриття (мкм) від параметрів процесу ПЕО при додаванні у склад електроліту $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:
 а – $C = 6 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$, c , t ; б – C , $c = 10 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$, t ; в – C , c , $t = 20 \text{ хв}$

Вміст вольфраму в покритті в залежності від способу його нанесення та досліджуваних факторів представлено рівняннями (13), (16) та на рис. 4–5.

Рівняння (16) та рис. 4 відображають залежність вмісту вольфраму у покритті, яке було отримано методом ПЕО з наступним просоченням, від концентрації $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в розчині просочування (C_2 , г/л), концентрації рідкого скла в електроліті (c , г/л) та від часу плазмового електролітичного оксидування (t , хв.). Чим більше концентрація натрію вольфраматового в розчині просочування, тим більше вольфраму вводиться у покриття для одного і того ж зразка, тобто незалежно при яких умовах ПЕО отримували покриття (рис. 4 б, в). Але слід відмітити, що отриманні покриття просочуються по-різному. Якщо плазмове електролітичне оксидування проводити від 3 до 20 хвилин в розчині рідкого скла, здатність отриманих покриттів до просочення зменшується зі збільшенням концентрації Na_2SiO_3 у електроліті. При проведенні процесу від 20 до 37 хв. збільшення концентрації рідкого скла у електроліті підвищує здатність отриманих покриттів до просочення. Також слід зазначити, що при використанні в якості електроліту рідкого скла концентрацією 1,6–8 г/л з збільшенням часу проведення ПЕО просочувальна здатність отриманих зразків зменшується. При використанні електроліту з концентрацією рідкого скла 8–18 г/л зі збільшенням часу ПЕО просочувальна здатність покриттів збільшується (рис. 4 а).

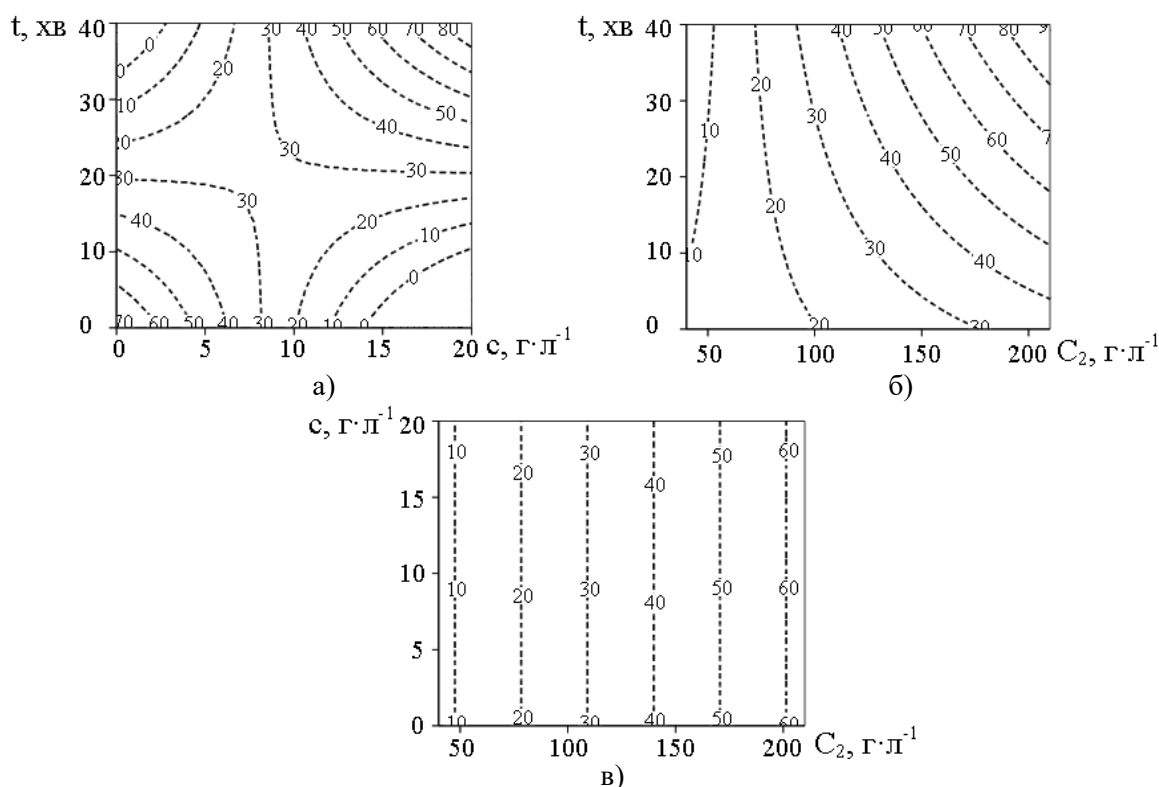


Рисунок 4 – Залежність вмісту вольфраму у покритті (ppm) від параметрів процесу при отриманні покриття ПЕО у електроліті рідкого скла з наступним просоченням зразків у розчині $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

а – $C_2 = 106$ г·л⁻¹, c , t ; б – C_2 , $c = 10$ г·л⁻¹, t ; в – C_2 , c , $t = 20$ хв

Вплив факторів процесу ПЕО, а саме концентрація $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в електроліті (C_1 , г·л⁻¹), концентрації рідкого скла в електроліті (c , г·л⁻¹) та час плазмового електролітичного оксидування (t , хв.) на вміст вольфраму в покриттях представлено рівнянням

(13) та на рисунку 5. Підвищення концентрації натрію вольфрамовокислого у електроліті підвищує вміст вольфраму у покритті, але цей фактор не так суттєво впливає на даний показник (рис. 5 б, в). Більш активно впливає на цей показник концентрація рідкого скла в електроліті та час плазмового електролітичного оксидування. Вміст вольфраму в покритті суттєво підвищується з подовженням часу ПЕО через 15 хв. після початку процесу (рис. 5 а, б). Залежність вмісту вольфраму у покритті від концентрації рідкого скла в електроліті носить екстремальний характер з мінімумом при $10 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$. З підвищенням концентрації Na_2SiO_3 у електроліті від 1,6 до $10 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ вміст вольфраму у покритті зменшується при будь-якій концентрації $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в електроліті та при будь-якій тривалості процесу ПЕО. Збільшення вмісту рідкого скла у електроліті від 10 до $18 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ підвищує вміст вольфраму у покритті при будь-якій тривалості процесу (рис. 5 а).

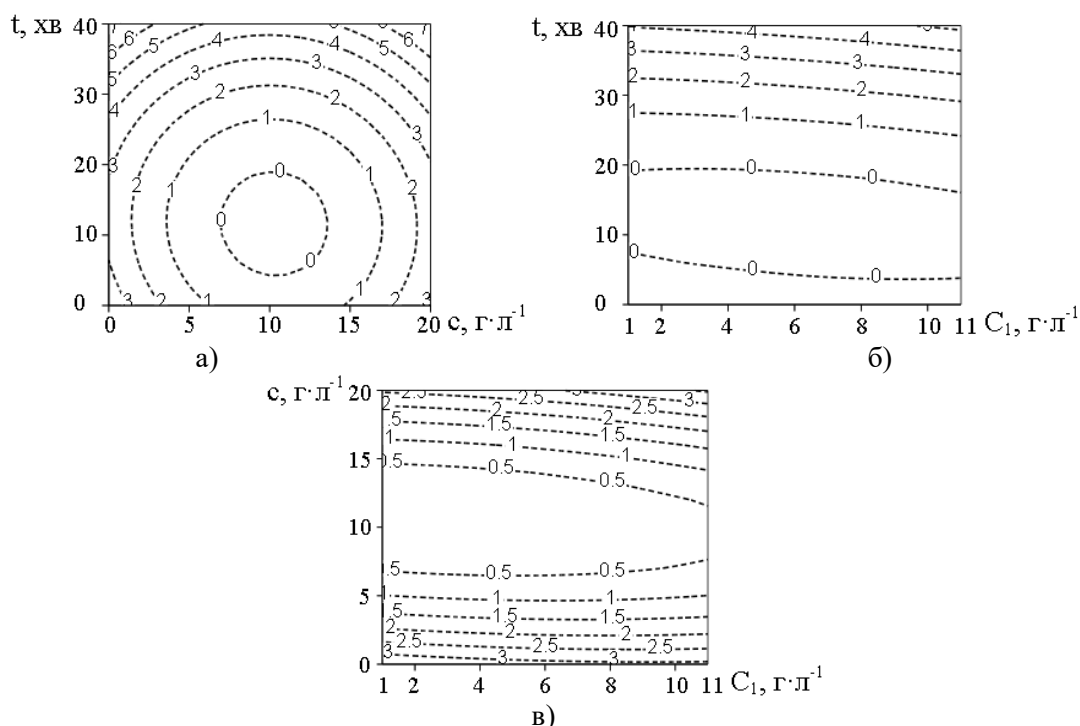


Рисунок 5 – Залежність вмісту вольфраму у покритті (%) від параметрів процесу ПЕО при додаванні у склад електроліту $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:
 а – $C_1 = 6 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$, c , t ; б – C_1 , $c = 10 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$, t ; в – C_1 , c , $t = 20 \text{ хв}$

Висновки. Показано, що при проведенні ПЕО у розчині рідкого скла пористість покриття прямо пропорційно зростає з концентрацією скла у електроліті. При додаванні до електроліту натрію вольфрамовокислого пористість залежить тільки від часу процесу і має екстремальну залежність з максимумом при 25 хв.

Встановлено, що товщина покриття при проведенні ПЕО у розчині рідкого скла зростає більше при подовженні часу процесу, ніж при підвищенні концентрації скла у електроліті у 1,7 рази. При додаванні до електроліту натрію вольфрамовокислого покриття практично не росте з часом при концентрації скла до $5 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$.

Додавання натрію вольфрамовокислого безпосередньо в електроліт ПЕО дозволяє ввести у покриття в середньому в 50 разів більше вольфраму (до 6 %), ніж при отриманні оксидного покриття методом ПЕО з наступним просоченням його у водному розчині $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (до 120 ppm або 0,12 %). При цьому слід відмітити, що при до-

давання в електроліт $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ його концентрація значно менше ($1\text{--}11 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$), ніж концентрація натрію вольфрамвокислого у розчинах просочення ($5\text{--}207 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$).

Література

1. Ефремов В.Н., Моисеев М.М., Леонов В.Т., Бесков В.С., Соболевский В.С. Оптимизация состава Zn-Cr-Mn-Ni-Cu-Al многокомпонентного катализатора селективного восстановления оксидов азота // Журнал прикладной химии. 1998. т. 71. вып. 3 С. 427–431.
2. Лебухова Н.В., Карпович Н.Ф., Макаревич К.С., Чигирин П.Г. Каталитическое горение сажи в присутствии медно-молибдатных систем, полученных разными методами. // Катализ в промышленности. 2008. №6. С. 35–40.
3. Чигирин П.Г. Кинетика и механизм каталитического окисления углерода в присутствии медно-молибдатных систем: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.04. Владивосток, 2012. 21 с.
4. Способ получения катализатора дожига дизельной сажи: пат. Российская федерация: МПК В01J37/025, В01J37/03, В01D53/94, В01J23/885, В01J21/06 № 2455069С1; заявл. 10.07.11; опубл. 10.07.12, Бюл. №19. 9с.
5. Макаревич К.С., Лебухова Н.В., Чигирин П.Г., Карпович Н.Ф. Каталитические свойства CuMoO_4 с добавками Co, Ni и Ag // Неорганические материалы. 2010. том 46. №12. С. 1–6.
6. Лебухова Н.В., Руднев В.С., Чигирин П.Г., Макаревич К.С., Лукиянчук И.В., Карпович Н.Ф. Композиции $\text{Li}_2\text{Cu}_2(\text{MoO}_4)_3/\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Ti}$ для каталитического дожига дизельной сажи // Катализ в промышленности. 2011. №2. С. 47–52.
7. Lukiyanchuk I.V., Rudnev V.S., Andenko N.A., Kaidalova T.A., Panin E.S., Gordienko P.S. Anodic-Spark oxidation of aluminium alloy in tungstate electrolytes // Russian Journal of Applied Chemistry. Vol. 75. 2002. №4. pp. 573-578
8. Руднев В.С., Кондриков Н.Б., Тырина Л.М., Богута Д.Л., Васильева М.С., Лукиянчук И.В. Каталитически активные структуры на металлах // Критические технологии. Мембраны. 2005. №4 (28). С. 63–67.
9. Тырина Л.М., Руднев В.С., Устинов А.Ю., Лукиянчук И.В., Недозоров П.М., Черных И.В., Дмитриева Е.Э. Модифицированные переходными и редкоземельными металлами оксидные покрытия на алюминии и их активность в реакции окисления СО // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2014. том 50. №4. С. 420–427.
10. Лукиянчук И.В., Черных И.В., Руднев В.С., Устинов А.Ю., Тырина Л.М., Недозоров П.М., Дмитриева Е.Э. Каталитически активные кобальтмедные оксидные слои на алюминии и титане // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2014. том 50. №2. С. 183–191.
11. Руднев В.С., Богута Л.Д., Яровая Т.П., Недозоров П.М. Покрития из оксидов и фосфатов ниобия на сплаве ниобия // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2014. том 50. №3. С. 313–315.
12. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии, М.: Химия, 1985. 448 с.

Bibliography (transliterated)

1. Yefremov V.N., Moiseyev M.M., Leonov V.T., Beskov V.S., Sobolevskiy V.S. Optimizatsiya sostava Zn-Cr-Mn-Ni-Cu-Al mnogokomponentnogo katalizatora selektivnogo vosstanovleniya oksidov azota // Zhurnal prikladnoy khimii. 1998. t. 71. vyp. 3 P. 427–431.

2. Lebukhova N.V., Karpovich N.F., Makarevich K.S., Chigirin P.G. Kataliticheskoye gorenije sazhi v prisutstvii medno-molibdatnykh sistem, poluchennykh raznymi metodami. // Kataliz v promyshlennosti. 2008. №6. P. 35–40.
3. Chigirin P.G. Kinetika i mekhanizm kataliticheskogo okisleniya ugleroda v prisutstvii medno-molibdatnykh sistem: avtoref. dis. ... kand. khim. nauk: 02.00.04. Vladivostok, 2012. 21 p.
4. Sposob polucheniya katalizatora dozhiga dizel'noy sazhi: pat. Rossiyskaya federatsiya: MPK B01J37/025, B01J37/03, B01D53/94, B01J23/885, B01J21/06 № 2455069S1; zayavl. 10.07.11; opubl. 10.07.12, Byul. №19. 9 p.
5. Makarevich K.S., Lebukhova N.V., Chigirin P.G., Karpovich N.F. Kataliticheskiye svoystva CuMoO_4 s dobavkami Co, Ni i Ag // Neorganicheskiye materialy. 2010. tom 46. №12. P. 1–6.
6. Lebukhova N.V., Rudnev V.S., Chigirin P.G., Makarevich K.S., Lukiyanchuk I.V., Karpovich N.F. Kompozitsii $\text{Li}_2\text{Cu}_2(\text{MoO}_4)_3/\text{TiO}_2+\text{SiO}_2/\text{Ti}$ dlya kataliticheskogo dozhiga dizel'noy sazhi // Kataliz v promyshlennosti. 2011. №2. P. 47–52.
7. Lukiyanchuk I.V., Rudnev V.S., Andenko N.A., Kaidalova T.A., Panin E.S., Gordienko P.S. Anodic-Spark oxidation of aluminium alloy in tungstate electrolytes // Russian Journal of Applied Chemistry. Vol. 75. 2002. №4. pp. 573–578.
8. Rudnev V.S., Kondrikov N.B., Tyrina L.M., Boguta D.L., Vasil'yeva M.S., Lukiyanchuk I.V. Kataliticheskiy aktivnyye struktury na metallakh // Kriticheskiye tekhnologii. Membrany. 2005. №4 (28). P. 63–67.
9. Tyrina L.M., Rudnev V.S., Ustinov A.YU., Lukiyanchuk I.V., Nedorozov P.M., Chernykh I.V., Dmitriyeva Ye.E. Modifitsirovannyye perekhodnymi i redkozemel'nymi metallami oksidnyye pokrytiya na alyuminii i ikh aktivnost' v reaktsii okisleniya CO // Fizikokhimiya poverkhnosti i zashita materialov. 2014. tom 50. №4. P. 420–427.
10. Lukiyanchuk I.V., Chernykh I.V., Rudnev V.S., Ustinov A.YU., Tyrina L.M., Nedorozov P.M., Dmitriyeva Ye.E. Kataliticheskiy aktivnyye kobaltmednyye oksidnyye sloi na alyuminii i titane // Fizikokhimiya poverkhnosti i zashchita materialov. 2014. tom 50. №2. P. 183–191.
11. Rudnev V.S., Boguta L.D., Yarovaya T.P., Nedorozov P.M. Pokrytiya iz oksidov i fosfatov niobiya na splave niobiya // Fizikokhimiya poverkhnosti i zashchita materialov. 2014. tom 50. №3. P. 313–315.
12. Kafarov V.V. Metody kibernetiki v khimii i khimicheskoy tekhnologii, M.: Khimiya, 1985. 448 p.

УДК 620.197.5:544.651.1:542.973

Головенко В.О., к.техн.н., доцент, Калініченко О.О., к.техн.н., доцент,
Роєнко К.В., к.техн.н., доцент, Сніжко Л.О. д-р.хим.н., проф.

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ НАНЕСЕННЯ ВОЛЬФРАМУ НА ОКСИДНО-КЕРАМІЧНІ НОСІЇ

Забруднення атмосфери відходами, що утворюються при спалюванні органічного палива, є важливою екологічною проблемою. У зв'язку з розробкою і введенням нових екологічних стандартів все більша увага приділяється створенню ефективних ката-

лізаторів знешкодження автомобільних паливних газів. Активні компоненти каталізаторів наносять на керамічні матеріали і металеві поверхні різними способами.

З використанням планування експерименту порівняно ефективність плазмово-електролітичного оксидування (ПЕО) та екстракційно-піролітичного методів щодо впровадження металів в аніонній формі у поверхню каталізатору та встановлено оптимальні технологічні параметри процесів нанесення каталітично активних покриттів. За допомогою центрального композиційного рототабельного плану знайдено функції відклику, які відображають залежність товщини Y_{δ} , пористості Y_p та вмісту вольфраму Y_w в покритті в залежності від технологічних умов ПЕО. Речовину, яка отримувала активний компонент W ($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), додавали безпосередньо в електроліт, або використовували для подальшого просочування покриттів. Встановлено, що в першому випадку вміст активного компонента в покритті в середньому в 50 разів більше, ніж при просоченні попередньо отриманого покриття. Крім того, концентрація $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в електроліті має бути значно нижчою, ніж у розчині просочення. Показано, що при проведенні ПЕО у розчині рідкого скла пористість покриття прямо пропорційно зростає з концентрацією скла у електроліті. При додаванні до електроліту натрію вольфрамово-кислого пористість залежить тільки від часу процесу і має екстремальну залежність з максимумом при 25 хв. Встановлено, що товщина покриття при проведенні ПЕО у розчині рідкого скла зростає більше при подовженні часу процесу, ніж при підвищенні концентрації скла у електроліті у 1,7 рази. При додаванні до електроліту натрію вольфрамово-кислого покриття практично не росте з часом при концентрації скла до $5 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$.

Ключові слова: плазмове електролітичне оксидування, екстракційно-піролітичний метод, каталітично активні покриття, електроліт, натрій вольфрамово-кислий.

Головенко В.А., к.техн.н., доцент, Калиниченко О.А., к.техн.н., доцент,
Роенко К.В., к.техн.н., доцент, Снежко Л.А. д-р.хим.н., проф.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ НАНЕСЕНИЯ ВОЛЬФРАМА НА ОКСИДНО-КЕРАМИЧЕСКИЕ НОСИТЕЛИ

Загрязнение атмосферы отходами, образующимися при сжигании органического топлива, является важной экологической проблемой. В связи с разработкой и введением новых экологических стандартов все большее внимание уделяется созданию эффективных катализаторов обезвреживания автомобильных топливных газов. Активные компоненты катализаторов наносят на керамические материалы и металлические поверхности различными способами.

С использованием планирования эксперимента по сравнению эффективность плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО) и экстракционно-пиролитического методов по внедрению металлов в анионной форме на поверхность катализатора и установлены оптимальные технологические параметры процессов нанесения каталитически активных покрытий. С помощью центрального композиционного рототабельного плана найдены функции отклика, отражающие зависимость толщины Y_{δ} , пористости Y_p и содержания вольфрама Y_w в покрытии в зависимости от технологических условий ПЭО. Вещество, которое получала активный компонент W ($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), добавляли непосредственно в электролит, или использовали для дальнейшего пропитывания покрытий. Установлено, что в первом случае содержание активного компонента в покрытии в среднем в 50 раз больше, чем при пропитке предва-

рительно полученного покрытия. Кроме того, концентрация $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в электролите должна быть значительно ниже, чем в растворе пропитки. Показано, что при проведении ПЭО в растворе жидкого стекла пористость покрытия прямо пропорционально возрастает с концентрацией стекла в электролите. При добавлении в электролит натрия вольфрамвокислого пористость зависит только от времени процесса и имеет экстремальную зависимость с максимумом при 25 мин. Установлено, что толщина покрытия при проведении ПЭО в растворе жидкого стекла растет интенсивней при увеличении времени процесса, чем при повышении концентрации стекла в электролите в 1,7 раза. При добавлении в электролит натрия вольфрамвокислого покрытия практически не растет со временем при концентрации стекла до $5 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$.

Ключевые слова: плазменное электролитическое оксидирование, экстракционно-пиролитический метод, каталитически активные покрытия, электролит, натрий вольфрамвокислый.

Holovenko V.O., Kalinichenko O.O., Roienko K.V., Snizhko L.O.

RESEARCH OF CONDITIONS OF APPLICATION OF TUNGSTEN ON OXIDE-CERAMIC CARRIERS

Atmospheric pollution by the waste generated by the combustion of organic fuel is an important environmental problem. With the development and introduction of new environmental standards, increasing attention is being paid to the creation of effective catalysts for the elimination of car fuel gases. The active components of the catalysts are applied to ceramic materials and metal surfaces in various ways.

Using the experimental design, the efficiency of plasma electrolytic oxidation (PEO) and extraction-pyrolytic methods for the introduction of anionic metals into the catalyst surface was compared and the optimal technological parameters of the processes of deposition of catalytically active coatings were established. With the help of a central composite rotatable plan, response functions were found that show the dependence of the thickness Y_δ , the porosity Y_p , and the content of tungsten Y_w in the coating, depending on the technological conditions of plasma PEO. The substance with the active ingredient W ($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) was added directly to the electrolyte or used for further impregnation of the coatings. In the first case, the content of the active component in the coating is found to be on average 50 times greater than after the impregnation of the previously obtained coatings. In addition, the concentration of $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ in the electrolyte should be much lower than in the solution for impregnation. It is shown that when conducting PEO in a liquid glass solution, the porosity of the coating increases directly in proportion with the glass concentration in the electrolyte. When added to the electrolyte of sodium tungsten porosity depends only on the time of the process and has an extreme dependence with a maximum at 25 min. It was found that the thickness of the coating when conducting PEO in solutions of liquid glass increases more with the lengthening of the process time than with increasing the concentration of glass in the electrolyte 1.7 times. When added to the electrolyte, the tungsten coating does not increase over time with a glass concentration of up to $5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$.

Keywords: plasma electrolytic oxidation, extraction-pyrolytic method, catalytically active coatings, electrolyte, sodium tungsten.

Кобець О.В., к. техн. н., доцент, Загребельна Л.І., к. техн. н., доцент

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РЕАКТИВНОГО ПАЛЬНИКА, ЩО ПРАЦЮЄ НА КОКСОВОМУ ГАЗІ ТА СТИСНЕНОМУ ПОВІТРІ

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Українська інженерно-педагогічна академія, Харків*

Ключові слова: реактивний пальник, сопло, горіння, надзвукова швидкість, швидкість витікання, теплотворність газу, температура згоряння.

У коксовій промисловості впроваджено безперервні процеси переробки хімічних продуктів коксування вугілля. Комбінування коксохімічних заводів з металургійними та хімічними заводами забезпечує більш раціональне використання коксового газу.

Одним зі способів одержання порошків у порошковій металургії є спосіб газодинамічного розпилювання рідкого металу або сплаву газовим струменем реактивного пальника за рахунок кінетичної енергії струменя газу, що рухається з надзвуковою швидкістю.

Реактивний пальник, залежно від призначення, повинен забезпечувати певну теплову ефективність газового струменя на виході з реактивного сопла з оптимальним розподілом наявної енергії на теплову й кінетичну.

Термодинамічні параметри робочого тіла реактивного пальника, що працює на коксовому газі, досліджуються за тими ж значеннями коефіцієнта надлишку повітря та тиску у камері згоряння, що й у випадку роботи пальника на шебелинському газі.

У роботі наведено результати теоретичних досліджень температури газу в камері згоряння T_k і на виході із сопла T_a , а також швидкості його витікання W_a залежно від тиску в пальнику P_k і коефіцієнта надлишку повітря α_t . Тиск у камері згоряння змінювався від $T_{k\text{ хв}}$ ($\sim 0,18$ МПа), за якого на зрізі сопла досягається швидкість звуку, і досягав 2,5 МПа. Коефіцієнт надлишку повітря змінювався від 0,7 до 3,0. Термодинамічний розрахунок пальника проводився без обліку дисоціації. Деякі результати наведено в табл. 1, 2 і на рисунку.

Характер зміни температури газу на зрізі сопла T_a і швидкості витікання газу W_a , залежно від коефіцієнта надлишку повітря α_t (див. рисунок) у разі спалювання коксового газу, є такими ж як у випадку спалювання природного газу або бензину (гасу) і пояснюється тими ж факторами [1]. Однак є й деякі особливості, які зводяться до такого. Теплотворність коксового газу $H = 14\div 18$ МДж/м³ суттєво менше теплотворності бензину (гасу) або шебелинського газу. Однак температури згоряння коксового газу, бензину та шебелинського газу практично однакові (див. табл. 1). Це, в першу чергу, пояснюється тим, що у разі спалювання коксового газу кількість повітря, що припадає на одиницю палива, є значно меншою.

Температура газу на зрізі сопла та швидкість його витікання у разі використання коксового газу трохи вище. Збільшення швидкості витікання газу тут пояснюється не тільки деяким підвищенням температури згоряння, але й збільшенням газової постійної R (див. табл. 1) за рахунок меншої молекулярної маси продуктів згоряння.

Таблиця 1 – Параметри газу в камері згоряння реактивної горілки

$P_{\text{к}}$ МПа	Коксовий газ					Шебелинський газ					Бензин (керосин)				
	$T_{\text{к}}$, К	R , Дж/кгК	K	$P_{\text{к хв}}$, МПа	M , кг пов/кг пал	$T_{\text{к}}$, град. К	R , Дж/кгК	K	$P_{\text{к хв}}$, МПа	M , кг пов/кг пал	$T_{\text{к}}$, град. К	R , Дж/кгК	K	$P_{\text{к хв}}$, МПа	M , кг пов/кг пал
0,7	2094	0,35	1,27	0,181	8,52	1959	0,33	1,27	0,181	12,60	2016	0,31	1,27	0,181	11,30
1,0	2400	0,32	1,25	0,180	11,75	2328	0,20	1,24	0,179	17,58	2391	0,29	1,25	0,180	15,70
1,5	1890	0,31	1,27	0,181	17,12	1788	0,30	1,27	0,181	25,86	1812	0,29	1,28	0,182	23,05
3,0	1190	0,31	1,32	0,181	33,24	1137	0,29	1,32	0,184	50,73	1146	0,29	1,32	0,184	45,10

Таблиця 2 – Параметри газових струменів на виході зі сопла реактивного палиника

$P_{\text{к}}$ МПа	Коксовий газ					Шебелинський газ					Бензин (керосин)				
	5		15		25	5		15		25	5		15		25
$\alpha_{\text{г}}$	$T_{\text{а}}$, К	$W_{\text{а}}$, м³/сек	$T_{\text{а}}$, К	$W_{\text{а}}$, м³/сек	$T_{\text{а}}$, К	$T_{\text{а}}$, К	$W_{\text{а}}$, м³/сек	$T_{\text{а}}$, К	$W_{\text{а}}$, м³/сек	$T_{\text{а}}$, К	$T_{\text{а}}$, К	$W_{\text{а}}$, м³/сек	$T_{\text{а}}$, К	$W_{\text{а}}$, м³/сек	$T_{\text{а}}$, К
0,7	1487	1407	1177	1730	1056	1391	1325	1101	1628	988	1425	1318	1126	1601	1013
1,0	1739	1446	1396	1783	1261	1704	1395	1378	1721	1249	1726	1378	1382	1687	1240
1,5	1342	1266	1063	1555	953	1269	1202	1005	1477	901	1280	1197	996	1481	886
3,0	805	983	617	1200	545	769	941	589	1149	521	773	942	581	1146	507
					1273					1219					1213

Незважаючи на те, що у разі спалювання коксового газу термодинамічні параметри газового струменя практично такі ж, як і у разі спалювання природного газу або бензину (гасу), слід пам'ятати, що кількість робочого тіла в першому випадку значно менша.

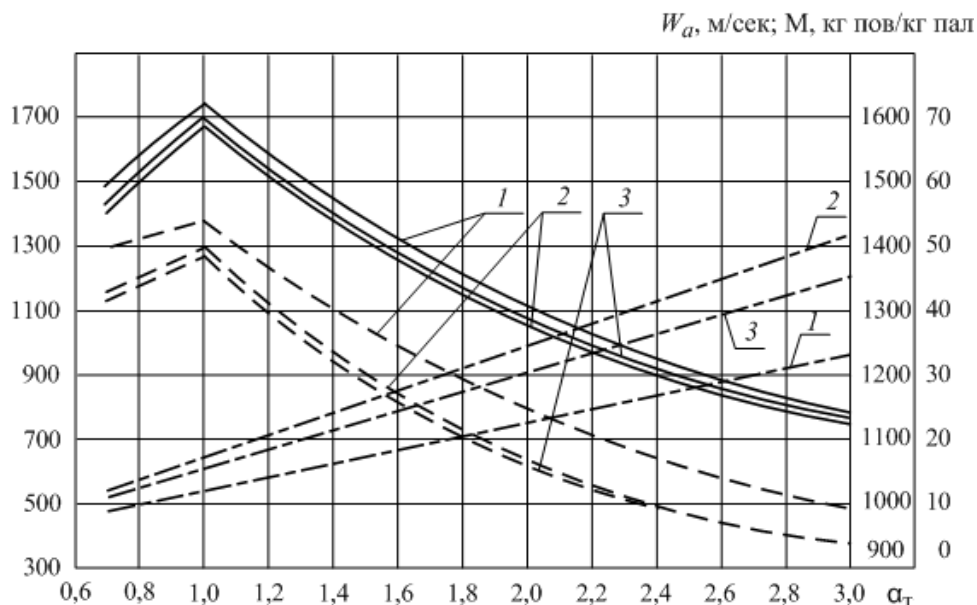


Рисунок 3 – Залежність T_a , W_a та M від α_T за $P_k = 0,5$ МПа:
1 – коксовий газ, 2 – шебелинський газ; 3 – бензин (керосин)
— T_a — — W_a — — — M

Як видно з табл. 1, показники адіабати K та тиск у пальнику P_k зв'язно від коефіцієнта надлишку повітря α_T змінюються в дуже вузьких межах і в розглянутому випадку мало залежать від виду застосовуваного палива.

Зі сказаного випливає, що використання в повітряно-реактивному пальнику коксового газу, що є невід'ємною частиною металургійного виробництва, дозволяє набагато знизити собівартість виконаних робіт.

Крім того, термодинамічні параметри газових струменів реактивних пальників, що працюють на стисненому повітрі й коксовому газі, практично такі ж, як параметри газу пальників, що працюють на природному газі або бензині (гасі). Кількість робочого тіла, що припадає на одиницю палива, у разі спалювання коксового газу значно менша, ніж при спалюванні природного газу або бензину (гасу).

Висновки. Характер зміни термодинамічних параметрів робочого тіла, що залежать від коефіцієнта надлишку повітря α_T і тиску P_k у пальнику для реактивних пальників, що працюють на коксовому й шебелинському газі, аналогічний.

Основні термодинамічні параметри робочого тіла реактивних пальників, що працюють на коксовому й шебелинському газі практично однакові.

Енергетичні можливості газових струменів у разі використання в пальниках коксового газу нижче, тому що в цьому випадку, незважаючи на деяке підвищення температури й швидкості витікання, кількість робочого тіла на 1 кг пального на 33–35 % менше, ніж у разі використання шебелинського газу.

Література

1. Загребельна Л.І. Джерело енергії для руйнування мінеральних середовищ / Л.І. Загребельна, О.В. Кобець // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – №1. – с. 10–13.
2. Загребельна Л.І. Дослідження термодинамічних параметрів газоструминного генератора з попереднім підігрівом повітря / Л.І. Загребельна, О.В. Кобець // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – №1. – с. 46–52.
3. Zagredtlnaj L.I. Reactive burner as power in the technological processes of hard rock dislocation / L.I. Zagredtlnaj // Annals of University of Petrosani – Romania. Mechanical Engineering. – 2002. – vol 1.
4. Кириллов В.В. Метод расчета течения газа в каналах газоструйных систем / В.В. Кириллов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2014, том 14, №2.
5. Квасников И.А. Термодинамика и статическая физика / И.А. Квасников. – М. : – МГУ, 2016. – 430 с.
6. Загребельная Л.И. Теоретическое исследование термодинамических параметров газоструйного генератора, работающего на сжиженном газе и воздухе / Загребельная Л.И. Кобець Е.В., Мироненко А.Л. // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – №1.
7. Иванов Ю.В. Основы расчета и проектирования газовых горелок / Ю.В. Иванов. – М. : Гостоптехиздат, 1968.
8. Льюис Б., Горение, пламя и взрывы в газах / Льюис Б., Эльбе Г. – М. : Изд. «Мир», 1968.
9. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей / Гахун Г.Г., Баулин В.И. и др. – М. : Машиностроение, 1989.
10. Палеев И.А. Теория и практика сжигания газа / И.А. Палеев, А.С. Иссерлин. – М. : Изд. «Недра», 1968.
11. Раушенбах Б.В. Физические основы процесса в камерах сгорания воздушно-реактивных двигателей / Б.В. Раушенбах, С.А. Белый. – М. : Машиностроение, 1964.
12. Загребельная Л.И. Теоретическое исследование параметров рабочего тела реактивных горелок, работающих на природном газе и газообразном окислителе / Л.И. Загребельная, Л.Ф. Яльницкий // Самолетостроение и техника воздушного флота. – Харків : ХГУ, 1969. – №15.

Bibliography (transliterated)

1. Zagrebelna L.I. Dzherelo energiyi dlya ruynuvannya mineralnih seredovisch / L.I. Zagrebelna, O.V. Kobets // Integrovani tehnologiyi ta energozberezhennya. – Harkiv : NTU «HPI», 2011. – #1. – p. 10–13.
2. Zagrebelna L.I. Doslidzhennya termodinamichnih parametriv gazostruminnoho generatora z poperednim pidigrivom povitrya / L.I. Zagrebelna, O.V. Kobets // Integrovani tehnologiyi ta energozberezhennya. – Harkiv : NTU «HPI», 2017. – #1. – p. 46–52.
3. Zagredtlnaj L.I. Reactive burner as power in the technological processes of hard rock dislocation / L.I. Zagredtlnaj // Annals of University of Petrosani – Romania. Mechanical Engineering. – 2002. – vol 1.
4. Kirillov V.V. Metod rascheta techeniya gaza v kanalah gazostruynyih sistem / V.V. Kirillov // Vestnik YuUrGU. Seriya «Energetika». – 2014, tom 14, #2.

5. Kvasnikov I.A. Termodinamika i staticheskaya fizika / I.A. Kvasnikov. – M. : – MGU, 2016. – 430 p.
6. Zagrebelnaya L.I. Teoreticheskoe issledovanie termodinamicheskikh parametrov gazostruynogo generatora, rabotayuschego na szhizhenom gaze i vozduhe / Zagrebelnaya L.I. Kobets E.V., Mironenko A.L. // Integrovani tehnologii ta energozberezheniya. – Harkiv : NTU «HPI», 2019. – #1.
7. Ivanov Yu.V. Osnovy rascheta i proektirovaniya gazovyih gorelok / Yu.V. Ivanov. – M. : Gostoptehizdat, 1968.
8. Lyuis B., Gorenje, plamya i vzryivyi v gazah / Lyuis B., Elbe G. – M. : Izd. «Mir», 1968.
9. Konstruktsiya i proektirovanie zhidkostnyih raketnyih dvigateley / Gahun G.G., Baulin V.I. i dr. – M. : Mashinostroenie, 1989.
10. Paleev I.A. Teoriya i praktika szhiganiya gaza / I.A. Paleev, A.S. Isserlin. – M. : Izd. «Nedra», 1968.
11. Raushenbah B.V. Fizicheskie osnovy protsessa v kamerah sgoraniya vozdušno-reaktivnyih dvigateley / B.V. Raushenbah, S.A. Belyiy. – M. : Mashinostroenie, 1964.
12. Zagrebelnaya L.I. Teoreticheskoe issledovanie parametrov rabocheho tela reaktivnyih gorelok, rabotayuschih na prirodnom gaze i gazoobraznom okislitele / L.I. Zagrebelnaya, L.F. Yalnitkiy // Samoletostroenie i tehnika vozdušnogo flota. – Harkiv : HGU, 1969. – #15.

УДК 629.7.036.22

Кобец Е.В., к. техн. н., доцент, Загребельная Л.И., к. техн. н., доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РЕАКТИВНОЙ ГОРЕЛКИ, РАБОТАЮЩЕЙ НА КОКСОВОМ ГАЗЕ И СЖАТОМ ВОЗДУХЕ

При получении порошков в порошковой металлургии используется способ газодинамического распыления жидкого металла или сплава газовой струей реактивной горелки за счет кинематической энергии струи газа, движущегося со сверхзвуковой скоростью.

При проектировании и выборе режимов работы реактивной горелки необходимо знать термодинамические параметры рабочего тела. Аналитически определены и теоретически исследованы параметры рабочего тела внутри горелки и на выходе из нее.

Термодинамические параметры рабочего тела реактивной горелки, работающей на коксовом газе, исследуются при тех же значениях коэффициента избытка воздуха и давлений в камере сгорания, что и в случае работы горелки на шебелинском газе. Термодинамический расчет выполнен без учета диссоциации продуктов сгорания.

Максимальная температура сгорания газа в атмосфере сжатого воздуха в камере сгорания горелки при стехиометрических соотношениях топливных компонентов не превышает $T_a = 2300\text{--}2400$ °С. При таких значениях температуры диссоциация продуктов сгорания невелика и ею можно пренебречь. В состав продуктов сгорания, помимо основных компонентов CO_2 , H_2O , SO_2 и N_2 , при недостатке воздуха входят продукты реакции газа CO и H_2 , а при избытке воздуха – свободный кислород O_2 . Следовательно, состав продуктов сгорания зависит от соотношения топливных компонентов перед сгоранием.

Характер изменения температуры газа на срезе сопла T_a и скорости истечения газа W_a в зависимости от коэффициента избытка воздуха α_t при сжигании коксового газа аналогичен случаю сжигания природного газа или бензина.

Энергетические возможности газовых струй при использовании в реактивных горелках коксового газа ниже, т.к. количество рабочего тела, приходящегося на один килограмм горючего меньше, чем при использовании шебелинского газа.

Ключевые слова: реактивная горелка, коэффициент избытка окислителя, камера сгорания, соотношение топливных компонентов, коэффициент избытка воздуха.

Кобець О.В., к. техн. н., доцент, Загребельна Л.І., к. техн. н., доцент

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РЕАКТИВНОГО ПАЛЬНИКА, ЩО ПРАЦЮЄ НА КОКСОВОМУ ГАЗІ ТА СТИСНЕНОМУ ПОВІТРІ

Під час одержання порошків у порошковій металургії використовується спосіб газодинамічного розпилення рідкого металу або сплаву газовим струменем реактивного пальника за рахунок кінематичної енергії струменя газу, що рухається з надзвуковою швидкістю.

Під час проектування та вибору режимів роботи реактивного пальника необхідно знати термодинамічні параметри робочого тіла. Аналітично визначено та теоретично досліджено параметри робочого тіла усередині пальника та на виході з нього.

Термодинамічні параметри робочого тіла реактивного пальника, що працює на коксовому газі, досліджуються за тих же значень коефіцієнта надлишку повітря та тисках у камері згоряння, що й у випадку роботи пальника на шебелинському газі. Термодинамічні розрахунки виконано без обліку дисоціації продуктів згоряння.

Максимальна температура згоряння газу в атмосфері стисненого повітря в камері згоряння пальника у разі стехіометричних співвідношень паливних компонентів не перевищує $T_a = 2300\text{--}2400$ °С. За такими значеннями температури дисоціація продуктів згоряння невелика й нею можна знехтувати. До складу продуктів згоряння, крім основних компонентів CO_2 , H_2O , SO_2 і N_2 , у разі нестачі повітря входять продукти реакції газу CO і H_2 , а у разі надлишку повітря – вільний кисень O_2 . Отже, склад продуктів згоряння залежить від співвідношення паливних компонентів перед згорянням.

Характер зміни температури газу на зрізі сопла T_a та швидкості витікання газу W_a залежно від коефіцієнта надлишку повітря α_t у разі спалювання коксового газу такий же як у випадку спалювання природного газу або бензину.

Збільшення швидкості витікання газу слід пояснити не тільки підвищенням температури згоряння T_k на 3–7 %, але й збільшенням газової постійної на 4–5% за рахунок меншої молекулярної ваги продуктів згоряння внаслідок наявності в них великої кількості пари води, що має меншу молекулярну масу, ніж вуглекислий газ.

Енергетичні можливості газових струменів у разі використання в реактивних пальниках коксового газу є меншими, тому що кількість робочого тіла, що припадає на один кілограм пального, менше ніж у разі використання шебелинського газу.

Ключові слова: реактивний пальник, коефіцієнт надлишку окиснювача, камера згоряння, співвідношення паливних компонентів, коефіцієнт надлишку повітря.

Kobets E.V., Zagrebelnaja L.I.

RESEARCH OF THE WORK OF A JET BUSNER, RUNING OF CORE GAS AND COMPRESSED AIR

At the receipt of powders in powder-like metallurgy the method of gas-dynamic dispersion of liquid metal or alloy is used by the gas stream of reactive gas-ring due to kinematics energy of stream of gas locomotive with supersonic speed. At planning and choice of the modes of operations of reactive gas-ring it is necessary to know the thermodynamics parameters of working body. Analytically certain and in theory the parameters of working body are investigational into a gas-ring and on an exit from her. The thermodynamics parameters of working body of reactive gas-ring working on coke gas are investigated at the same values of coefficient of surplus of air and pressures in a combustion chamber, what in case of work of gas-ring on Shebelinsky gas. Thermodynamics a calculation is executed case-insensitive dissociation of products of combustion. The maximal temperature of combustion of gas in the atmosphere of the compressed air in a combustion of gas-ring chamber at stoichiometrical correlations of fuel components does not exceed $T_a = 2300\text{--}2400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

At such values of temperature dissociation of products of combustion is small and her it is possible to ignore. In the complement of products of combustion, besides the basic components of CO_2 , H_2O , SO_2 and N_2 , the products of reaction of gas of CO and H_2 enter at the lack of air, and at surplus of air is free oxygen of O_2 . Consequently, composition of products of combustion depends on correlation of fuel components before combustion. Character of change of gas temperature on the cut of nozzle T_a and speeds of expiration of gas of W_a depending on the coefficient of surplus of air α_r of ton at incineration of coke gas is analogical to the case incinerations of natural gas or petrol.

Power possibilities of gas streams at the use in the reactive gas-rings of coke gas below, as an amount of working body, being on one kilogram of fuel less than, than at the use of Shebelinsky gas.

Keywords: reactive gas-ring, coefficient of surplus of oxidant, combustion chamber, correlation of fuel components, coefficient of surplus of air.

Півень О.М., к.техн.н., проф., Мольченко С.М., к.техн.н., старш.викл.

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ НОВОГО ЛІКЕРО-ГОРІЛЧАНОГО НАПОЮ «ЗОРЯНА НІЧ»

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків

Ключові слова: лікero-горілчані вироби, напої, червоне вино, натуральні соки, екстракт, поліпшені якісні показники

Постановка проблеми. На сьогоднішній день галузь алкогольних напоїв має високу рентабельність і темпи приросту виробництва з кожним роком збільшуються. Українські виробники алкогольних напоїв довели свою конкурентоспроможність: більша частина імпоротної продукції замінена на українські товари, а конкуренція всередині галузі лише покращує якість продукції [1].

Лікero-горілчана промисловість є перспективною галуззю харчової промисловості України, яка дуже швидко розвивається та має велику конкуренцію, через що на ринку алкогольних напоїв існує гостра потреба в нових продуктах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням покращення якості та розширення асортименту лікero-горілчаної продукції присвячено роботи, в яких доведено перспективність використання різних композицій інгредієнтів, нових харчових добавок із підвищеним вмістом біологічно активних речовин, які сприяють підвищенню захисних функцій організму від несприятливої дії алкоголю [2, 3]. На споживчому ринку з'являється значна кількість багатокomпонентних алкогольних напоїв, до рецептурного складу яких внесено інгредієнти, які формують смак і аромат виробів [4]. Але сучасний споживач, маючи широкий вибір конкретного найменування лікero-горілчаного напою, звертає увагу не лише на зовнішній вигляд і смакові характеристики продукту, але й надає особливого значення безпеці та наслідкам, пов'язаним із його вживанням [5]. Ефективним для зниження токсичної дії етилового спирту на організм людини є: по-перше, очищення водно-спиртової суміші за допомогою сорбентів, по-друге, використання рослинних компонентів, органічних солей, кислот, вітамінних і мінеральних комплексів, антиоксидантів рослинного та синтетичного походження, біологічно активних і харчових добавок, які мають достатньо стійкий лікувально-профілактичний ефект та мінімальну побічну дію [6].

Для приготування різних типів лікero-горілчаних напоїв використовують понад 100 різних видів плодово-ягідної та пряно-ароматичної рослинної сировини, ефірні олії, харчові есенції, натуральні барвники та інші основні інгредієнти. Під час створення різних композицій лікero-горілчаних напоїв необхідно забезпечити таку комбінацію інгредієнтів, які беруть участь у формуванні їх смаку та аромату, яка найбільш повно та гармонічно виражає характерні властивості, притаманні кожному напою [7]. При цьому особливу увагу слід звернути на недопущення виділення різкого аромату, пекучості, підвищеної солодкості та присмаку окремих інгредієнтів, що порушують загальний тон композиції напою[8].

На сьогодні є актуальним удосконалення технології одержання напоїв для отримання продукту з поліпшеними якісними показниками. Саме для цього був розроблений

новий десертний лікєро-горілочаний напій з додаванням натуральних соків та цитрусового екстракту. Десертний напій «Зоряна ніч» на основі вина застосовують у промисловості виготовлення слабоалкогольної продукції та реалізують через торговельну мережу. Особливістю нового напою є використання в рецептурі тільки натуральних компонентів, а саме: цедри апельсину, м'якоті апельсину, стиглих ягід вишні та журавлини.

Мета і основні задачі дослідження. Мета даної роботи – розробка рецептури нового десертного лікєро-горілочаного напою «Зоряна ніч» на основі червоного вина, з додаванням натуральних соків та цитрусового екстракту, вдосконалення методу фільтрації нового напою для отримання продукту з поліпшеними якісними показниками.

Для реалізації зазначеної мети поставлено задачі:

- провести пошук доступної сировини для одержання екстракту;
- визначення оптимальних технологічних режимів для отримання найкращих результатів з визначення екстрактивності цедри апельсину;
- розробити рецептуру нового лікєро-горілочаного десертного напою з використанням отриманого цитрусового екстракту;
- дослідити вплив фільтрувального матеріалу на прозорість готового напою.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виробництво лікєро-горілочаної продукції повинно відбуватися відповідно до [9–11] у певних умовах. Ці умови мають вплив на якість готового продукту.

На першому етапі дослідження визначено раціональні технологічні режими вилучення ароматичних речовин для отримання цитрусового екстракту. На підставі літературного огляду обрано як ефіро-олійну сировину – цедру апельсину. Цедра апельсина містить в своєму складі флавоноїди, вітамін С, вітаміни групи В, клітковину (пектин), фітонциди і калій. Крім цього, апельсинова цедра містить комплекс вітамінів А, Е, РР, кальцій, магній, фосфор і залізо. Як екстрагент використано водно-етанольний розчин, який відомий як речовина, що використовується у харчовій промисловості для вилучення ароматичних і фенольних сполук із рослинної сировини. Основною задачею при розробці технології екстрагування з рослинної сировини корисних речовин є визначення технологічних параметрів, що забезпечують максимальне вилучення екстрактивних речовин.

Попередніми дослідженнями було встановлено [12], що найбільш важливими технологічними факторами, що впливають на екстракцію ароматичних речовин є: температура (x_1), тривалість екстрагування (x_2) та концентрація етилового спирту (x_3). Для визначення залежності екстрактивності (y) від цих факторів був складений трьохфакторний композиційний план експерименту, який наведений у табл. 1.

Визначення оптимальних технологічних режимів відбувалося на основі регресійного аналізу. Після обробки результатів дослідження було отримано математичний опис процесу екстракції у виді регресійного рівняння, що зв'язує параметри цього процесу (температуру екстрагування, тривалість екстрагування та концентрацію етилового спирту) з екстрактивністю. Рівняння регресії має вид:

$$y = 0.10714 \cdot x_2 + 0.041071 \cdot x_3 + -0.00059524 \cdot x_2 \cdot x_3 + 19.107. \quad (1)$$

Таким чином, визначено раціональні технологічні параметри одержання цитрусового екстракту, що забезпечують максимальне вилучення ароматичних та фенольних

речовин з цедри (екстрактивність): температура екстракції – 40 °С; тривалість – 60 хвилин; концентрація спирту 96 %об.

Таблиця 1 – Матриця плану експерименту

№ досліджу	Температура екстрагування, x_1		Тривалість екстрагування, x_2		Концентрація спирту, x_3		Екстрактивність, y
	умов.	°С	умов.	хв.	умов.	% об.	
1	1	40	1	60	1	96	26,1
2	1	40	1	60	-1	40	25,8
3	1	40	-1	30	1	96	24,6
4	1	40	-1	30	-1	40	23,3
5	-1	20	1	60	1	96	26,0
6	-1	20	1	60	-1	40	25,7
7	-1	20	-1	30	1	96	24,5
8	-1	20	-1	30	-1	40	23,2

До органолептичних показників лікero-горілочаної продукції відносять: прозорість, колір, аромат і смак, повноту наливання, міцність, масову концентрацію загального екстракту, масову концентрацію цукру, масову концентрацію кислот [13, 14].

Для таких показників, як прозорість і колір, аромат та смак проведено органолептичний аналіз. У лікero-горілочаній промисловості органолептичну оцінку якості виробів проводять за 10-бальною системою. Органолептична оцінка зазначених показників проведена відповідно до вимог 8 експертами. Результати органолептичної експертизи використано для проведення регресійного аналізу з метою визначення рецептури виготовлення напою.

Найбільш поширеними для дослідження композицій сумішей є симплекс-гратчасті плани Шеффе [15]. Вони забезпечують рівномірне розташування експериментальних точок за $(q-1)$ -мірним симплексом. Експериментальні точки становлять $\{q, n\}$ –решітку на симплексі, де q – кількість компонентів суміші, n – ступінь поліному, за допомогою якого буде описано залежність функції відгуку від факторів (звичайно – концентрацій компонентів). Симплекс-гратчасті плани є насиченими. З кожного компонента є $(n+1)$ однаково розташованих рівнів $x_i=0, 1/n, 2/n, \dots, 1$ і беруться усі можливі комбінації із такими значеннями концентрацій компонентів. Так, для квадратичної ґратки $\{q, 2\}$ для факторів використовуються наступні рівні: $0, 1/2$ і 1 , для кубічної відповідно $0, 1/3, 2/3$ і 1 .

Для визначення залежності органолептичної оцінки (y) від концентрації рослинних екстрактів був реалізований факторний експеримент третього порядку (матриця плану експерименту наведена в таблиці 2).

Як незалежні змінні x_1, x_2, x_3 були розглянуті складові нового напою (x_1 – об. частка соку вишні, x_2 – об. частка соку апельсину, x_3 – об. частка соку журавлини).

Рівняння регресії (зі статистично значущим коефіцієнтами), яке пов'язує склад речовин-факторів x_1, x_2, x_3 у напої із якістю його органолептичних показників, має вигляд:

$$Y = 7,15 \cdot x_1 + 4,55 \cdot x_2 + 7,27 \cdot x_3 + 0,045 \cdot x_1 \cdot x_2 - 1,62 \cdot x_1 \cdot x_3 + 5,1525 \cdot x_2 \cdot x_3 + 3,6 \cdot x_1 \cdot x_2 (x_1 - x_2) - 21,06 \cdot x_1 \cdot x_3 (x_1 - x_3) + 0,5175 \cdot x_2 \cdot x_3 (x_2 - x_3) + 29,9475 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (2)$$

Таблиця 2 – Матриця плану експерименту “склад – властивість”

№ досліду	Концентрація компонентів, об. частка			Функція відгуку, у, балл
	x_1	x_2	x_3	
1	1	0	0	7,15
2	0	1	0	4,55
3	0	0	1	7,27
4	0,66	0,33	0	6,56
5	0,33	0,66	0	5,16
6	0	0,66	0,33	6,64
7	0	0,33	0,66	7,47
8	0,66	0	0,33	5,27
9	0,33	0	0,66	8,43
10	0,33	0,33	0,33	7,83

Після перевірки регресійної моделі на адекватність за критерієм Фішера було побудовано діаграму (рис. 1), яка дозволяє графічно визначити у будь-якій її області залежність органолептичної оцінки напою «Зоряна ніч» від складу соків, що входять до рецептури.

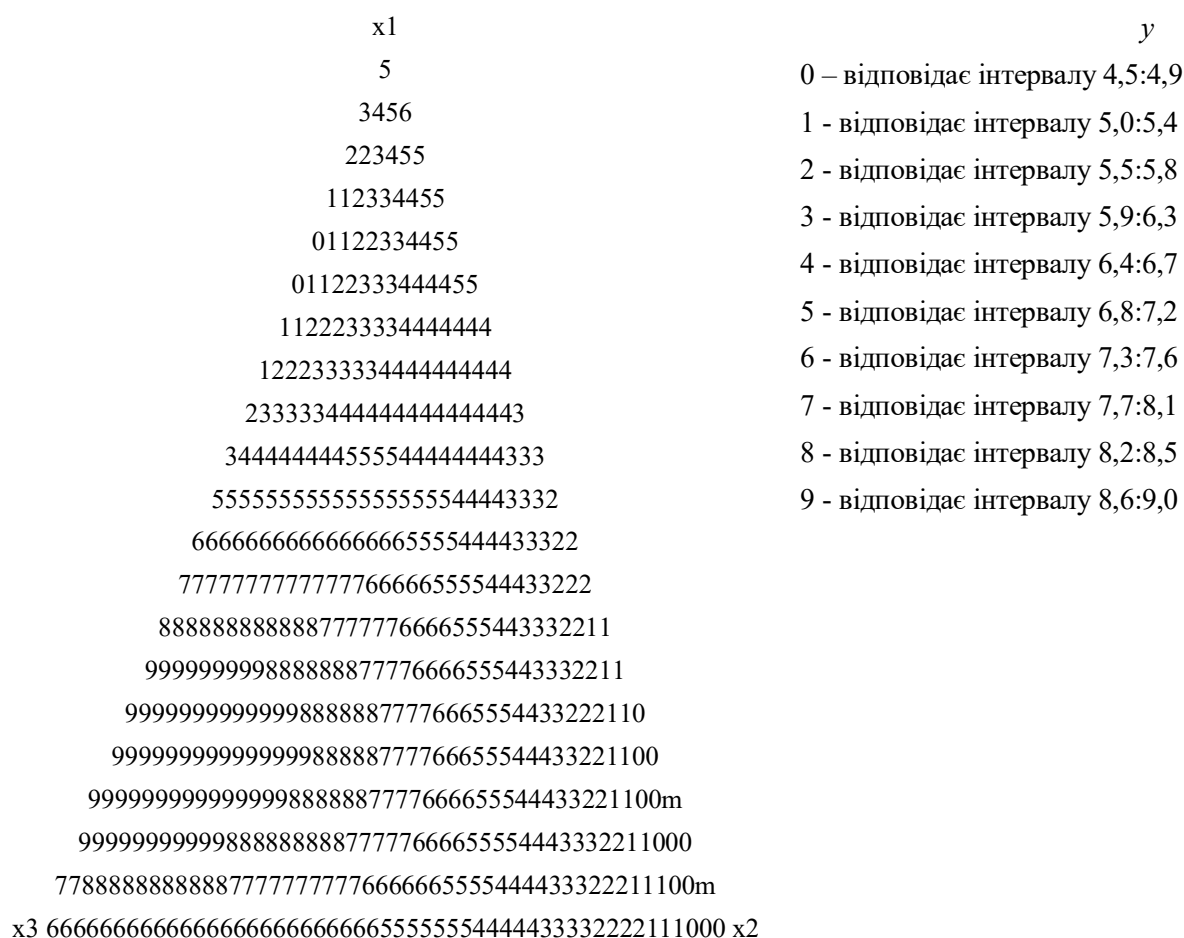


Рисунок 1 – Діаграма залежності органолептичної оцінки напою «Зоряна ніч» від концентрації соків

Розраховано значення y_{max} при значеннях: $x_1 = 20 \%$; $x_2 = 3 \%$; $x_3 = 77 \%$ у трьох-компонентній системі. В цій точці y_{max} для перевірки адекватності отриманого рівняння регресії був проведений експеримент, який підтвердив, що при розрахованому співвідношенню соків в напої органолептична оцінка його найвища.

Наступним етапом роботи було вдосконалення методу фільтрації лікоро-горілочного напою для отримання продукту з поліпшеними якісними показниками. Завданнями даної роботи – визначення каламутності десертного лікоро-горілочного напою «Зоряна ніч». На КФК-2 були досліджені два зразка напоїв – фільтрованого та нефільтрованого та порівнянні з дистильованою водою. Отримані дані наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Довжина хвилі світлового шляху фільтрованого та нефільтрованого напою

Довжина хвилі, λ (нм)	590		
D, довжина світлового шляху нефільтрованого напою	1,6	1,59	1,59
D ₁ , довжина світлового шляху фільтрованого напою	1	0,99	0,98

На підставі отриманих даних (табл. 3), можна зробити висновок, що використаний фільтр використаний у роботі забезпечив гарну фільтрацію готового напою, чим і обумовлений вибір фільтру Петрянова.

Висновки. Формування продукту з поліпшеними якісними показниками обумовлюється використаною сировиною та особливостями технології приготування. Підбір рослинних інгредієнтів для десертного лікоро-горілочного напою дозволяє створювати не тільки оригінальний смак та аромат напою, але й збагачує їх біологічно активними речовинами та антиоксидантами.

Під час розробки рецептури нового напою було визначено залежність ступеню вилучення екстрактивних речовин з цедри апельсину від температури і тривалості екстрагування, а також концентрації етилового спирту; та отримано математичний опис цього процесу у вигляді регресійного рівняння. Експериментально встановлено кількісне співвідношення соків з апельсину, журавлини та вишні у рецептурі нового напою та отримано рівняння регресії, яке пов'язує склад речовин-факторів у напої із якістю його органолептичних показників.

Таким чином, розроблена рецептура нового десертного лікоро-горілочного напою «Зоряна ніч» на основі червоного вина, з додаванням натуральних соків та цитрусового екстракту, вдосконалено метод фільтрації нового напою для отримання продукту з поліпшеними якісними показниками

Література

1. Божко. Т.В. Потребительские предпочтения на украинском рынке ликеров // Инженерия, наука и технология. 2014. № 12. С. 14–24.
2. Головки М. П., Пенкіна Н.М., Колесник В.В. Товарознавча оцінка якості настоїв спиртових із рослинної сировини для лікоро-горілочного виробництва // Товарознавчий вісник: зб. наук. пр. Луцьк: ЛНТУ, 2016. Вип. 9. С.107–112.

3. Головка М.П., Пенкіна Н.М., Колесник В.В. Антиоксидантні властивості деяких видів рослинної сировини // Східноєвропейський журнал передових технологій. 2011. № 4/6 (52). С. 9–11.
4. Рахімова М.Ф., Левін Б.Д., Крымкова В.Р. Розробка рецептур лікерів на базі рослинної сировини URL: <http://www.kgau.ru/new/all/konferenc/onferenc/2014/f7.pdf>.
5. Сарафанова Л.А. Применение пищевых добавок в индустрии напитков. СПб: Профессия, 2007. 240 с.
6. Макаров П.П., Бурмістров Р.П., Мулина Н.А. Напої для раціонального харчування населення // Пиво та напої. 2011. № 5. С. 12–13.
7. Поляков В.А., Бурачевский И.И., Тихомиров А.В., Зайнуллин Р.А., Кунакова Р.В., Абрамова Л.М., Абрамова И.М., Анищенко И.Е. Плодово-ягодное и растительное сырье в производстве напитков. М.: ДеЛи плюс, 2011. 523 с.
8. Олійник С.І., Ковальчук В.П., Острик О.М., Петросян С.А. Особливості стабілізації лікєро-горілочаних напоїв на основі натуральних напівфабрикатів // Цукор України. 2018. № 7–8. С. 11–14.
9. ДСТУ 4257:2003. Напої лікєро-горілочані. Технічні умови.
10. ДСТУ 4164-2003. Напої лікєро-горілочані. Правила приймання і методи вивчення.
11. ДСТУ 4705:2006. Настояї спиртові з рослинної сировини для лікєро-горілочаного виробництва. Загальні технічні умови.
12. Piven O.M., Chunikhina T.V., Papchenko V.Y., Kumpitskaya V.V. Estimation of the measurements' accuracy during the production of the new liquor "Mentina" 27th International scientific symposium: Metrology and metrology assurance 2017, September 8–12, 2017, Sozopol, Bulgaria.
13. Позняківський В. М. Експертиза напоїв. Якість і безпека. Новосибірськ: Сиб. унів. вид-во, 2007. 40 с.
14. Кисла Л. В. Енергетична та харчова цінність лікєро-горілочаних виробів // Харчова промисловість. К.: УДУХТ, 2011. Вип. 43-44. С.176–179.
15. Блохин А.В. Теория эксперимента: Курс лекций в 2 ч. Ч.1. Минск: центр «Электронная книга БГУ», 2003. 68 с.

Bibliography (transliterated)

1. Bozhko. T.V. Potrebiteľskie predpochtheniya na ukrainskom rynke likerov // Inzheneriya, nauka i tehnologiya. 2014. № 12. P. 14–24.
2. Holovko M. P., Penkina N.M., Kolesnyk V.V. Tovaroznavcha otsinka yakosti nasto-yiv spyrtovykh iz roslynnoi syrovyny dlia likero-horilchanoho vyrobnytstva // Tovaroznav-chyi visnyk: zb. nauk. pr. Lutsk: LNTU, 2016. Vyp. 9. P.107–112.
3. Holovko M.P., Penkina N.M., Kolesnyk V.V. Antyoksydantni vlastyvoli de-yakyykh vydiv roslynnoi syrovyny // Skhidnoievropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii. 2011. № 4/6 (52). P. 9–11.
4. Rakhimova M.F., Levin B.D., Krynukova V.R. Rozrobka retseptur likeriv na bazi ro-slynnoi syrovyny URL: <http://www.kgau.ru/new/all/konferenc/onferenc/2014/f7.pdf>.
5. Sarafanova L.A. Primenenie pischevyih dobavok v industrii napitkov. SPb: Professiya, 2007. 240 p.
6. Makarov P.P., Burmistrov R.P., Mulya N.A. Napoi dlia ratsionalnoho kharchu-

vannia naselennia // Pyvo ta napoi. 2011. № 5. P. 12–13.

7. Polyakov V.A., Burachevskiy I.I., Tihomirov A.V., Zaynullin R.A., Kunakova R.V., Abramova L.M., Abramova I.M., Anischenko I.E. Plodovo-yagodnoe i rastitelnoe syire v proizvodstve napitkov. M.: DeLi plyus, 2011. 523 p.

8. Oliinyk S.I., Kovalchuk V.P., Ostryk O.M., Petrosian S.A. Osoblyvosti stabilizatsii likero-horilchanykh napoiv na osnovi naturalnykh napivfabrykativ // Tsukor Ukrainy. 2018. № 7–8. P. 11–14.

9. DSTU 4257:2003. Napoi likero-horilchani. Tekhnichni umovy.

10. DSTU 4164-2003. Napoi likero-horilchani. Pravyla prymannia i metody vyprobovuvannia.

11. DSTU 4705:2006. Nastoi spytovi z roslynnoi syrovyny dlia likero-horilchanoho vyrobnytstva. Zahalni tekhnichni umovy.

12. Piven O.M., Chunikhina T.V., Papchenko V.Y., Kumpitskaya V.V. Estimation of the measurements' accuracy during the production of the new liquor "Mentina" 27th International scientific symposium: Metrology and metrology assurance 2017, September 8-12, 2017, Sozo-pol, Bulgaria.

13. Pozniakivskiy V. M. Ekspertyza napoiv. Yakist i bezpeka. Novosybirsk: Syb. univ. vyd-vo, 2007. 40 p.

14. Kysla L. V. Enerhetychna ta kharchova tsinnist likero-horilchanykh vyrobiv // Khar-chova promyslovist. K.: UDUKht, 2011. Vyp. 43-44. P.176–179.

15. Blohin A.V. Teoriya eksperimenta: Kurs lektsiy v 2 ch. Ch.1. Minsk: tsentr «Elektronnaya kniga BGU», 2003. 68 p.

УДК 663.834

Півень О.М., к.техн.н., проф., Мольченко С.М., к.техн.н., старш.викл.

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ НОВОГО ЛІКЕРО-ГОРІЛЧАНОГО НАПОЮ «ЗОРЯНА НІЧ»

Український ринок лікero-горілчаних виробів активно розвивається. До складу лікero-горілчаних виробів можуть входити натуральні компоненти рослин, які здатні впливати на організм і пом'якшувати негативну дію етанолу. В останні роки переваги споживачів зміщуються у бік натуральних продуктів, і виробники включають до складу алкогольних напоїв натуральні компоненти, що містять біологічно активні сполуки. Це дозволяє не лише розширити асортименти продукції, але й збагатити напої корисними нутрієнтами. На сьогодні є актуальним удосконалення технологій одержання напоїв для отримання продуктів з поліпшеними якісними показниками. Саме для цього був розроблений новий десертний лікero-горілчаний напій «Зоряна ніч» з додаванням тільки натуральних компонентів а саме: цедри апельсина, м'якоті апельсину, стиглих ягод вишні та журавлини.

В роботі визначено залежність ступеню вилучення екстрактивних речовин з цедри апельсину від температури і тривалості екстрагування, а також концентрації етилового спирту; та отримано математичний опис цього процесу у вигляді регресійного рівняння. Експериментально встановлено кількісне співвідношення соків з апельсину, журавлини та вишні у рецептурі нового напою та отримано рівняння регресії, яке пов'язує склад речо-

вин-факторів у напої із якістю його органолептичних показників. Формування продукту з поліпшеними якісними показниками обумовлюється використаною сировиною та особливостями технології приготування. Підбір рослинних інгредієнтів для десертного лікорогорілчаного напою дозволяє створювати не тільки оригінальний смак та аромат напою, але й збагачує їх біологічно активними речовинами та антиоксидантами. Для фільтрації обрано фільтр Петрянова, завдяки особливостям фільтрувального матеріалу він дозволяє отримати максимально прозорий продукт, що характеризує якість готового напою.

Ключові слова: лікоро-горілчані вироби, напої, червоне вино, натуральні соки, екстракт, поліпшені якісні показники.

Пивень Е.Н., к.техн.н., проф., Мольченко С.Н., к.техн.н., старш. препод.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ НОВОГО ЛИКЕРОВОДОЧНОГО НАПИТКА «ЗВЕЗДНАЯ НОЧЬ»

Украинский рынок ликероводочных изделий активно развивается. В состав ликероводочных изделий могут входить натуральные компоненты растений, которые способны влиять на организм и смягчать негативное воздействие этанола. В последние годы предпочтения потребителей смещаются в сторону натуральных продуктов, и производители включают в состав алкогольных напитков натуральные компоненты, содержащие биологически активные соединения. Это позволяет не только расширить ассортимент продукции, но и обогатить напитки полезными нутриентами. На сегодняшний день является актуальным совершенствование технологий получения напитков для получения продуктов с улучшенными качественными показателями. Именно для этого был разработан новый десертный ликероводочный напиток «Звездная ночь» с добавлением только натуральных компонентов, а именно: цедры апельсина, мякоти апельсина, спелых ягод вишни и клюквы.

В работе определена зависимость степени извлечения экстрактивных веществ из цедры апельсина от температуры и продолжительности экстрагирования, а также концентрации этилового спирта; и получено математическое описание этого процесса в виде регрессионного уравнения. Экспериментально установлено количественное соотношение соков с апельсина, клюквы и вишни в рецептуре нового напитка и получены уравнения регрессии, которое связывает состав веществ-факторов в напитке с качеством его органолептических показателей. Формирование продукта с улучшенными качественными показателями определяется использованным сырьем и особенностями технологии приготовления. Подбор растительных ингредиентов для десертного ликероводочного напитка позволяет создавать не только оригинальный вкус и аромат напитка, но и обогащает их биологически активными веществами и антиоксидантами. Для фильтрации выбран фильтр Петрянова, благодаря особенностям фильтрующего материала он позволяет получить максимально прозрачный продукт, характеризующий качество готового напитка.

Ключевые слова: ликероводочные изделия, напитки, красное вино, натуральные соки, экстракт, улучшенные качественные показатели.

Piven O.M., Molchenko S.M.

DEVELOPMENT OF A RECIPE FOR A NEW ALCOHOLIC BEVERAGE "STARRY NIGHT"

The Ukrainian alcoholic beverages market is actively developing. The composition of alcoholic beverages may contain natural plant components that can affect the body and mitigate the negative effects of ethanol. In recent years, consumer preferences have shifted towards natural products, and manufacturers include natural ingredients containing biologically active compounds in alcoholic beverages. This allows not only to expand the range of products, but also to enrich the drinks with useful nutrients. Today, it is important to improve technologies for producing drinks to obtain products with improved quality indicators. For this purpose, a new dessert alcoholic beverage "Starry Night" was developed with the addition of only natural ingredients, namely: orange peel, orange pulp, ripe cherries and cranberries.

The work determined the dependence of the degree of extraction of extractives from orange peel on the temperature and duration of extraction, as well as the concentration of ethyl alcohol; and a mathematical description of this process was obtained in the form of a regression equation. The quantitative ratio of juices from orange, cranberry and cherry in the formulation of a new drink was experimentally established and regression equations were obtained, which links the composition of factor substances in the drink with the quality of its organoleptic indicators. Formation of a product with improved quality indicators is determined by the raw materials used and the characteristics of the cooking technology. The selection of herbal ingredients for a dessert alcoholic beverage allows you to create not only the original taste and aroma of the drink, but also enriches them with biologically active substances and antioxidants. For filtration, a Petryanov filter was chosen, due to the peculiarities of the filtering material, it allows you to obtain the most transparent product that characterizes the quality of the finished drink.

Keywords: alcoholic beverages, drinks, red wine, natural juices, extract, improved quality indicators.

¹Путятін Б.В., ²Левчук І.В., д.техн.н., с.н.с.

АСПЕКТИ ВИБОРУ ЕМУЛЬГАТОРІВ ДЛЯ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ У ВИГЛЯДІ СПРЕЙ-ПІНИ

¹ТОВ ВТФ «Фармаком», Харків²ДП «Укрметртестстандарт», Київ

Ключові слова: косметичні емульсії, косметичні засоби, емульгатори, жирова, водна фаза.

Вступ

Косметичні емульсії є основою ряду різних косметичних продуктів [1]. Головна причина популярності емульсій полягає у можливості поєднання полярної і неполярної фази в одному продукті. Це забезпечує свободу вибору компонентів при складанні косметичної композиції. Своєрідність емульсій проявляється в тому, що залежно від умов їх отримання будь-яка з двох рідин, що утворюють дисперсну систему, може виявитися як дисперсною фазою, так і дисперсійним середовищем. Найпоширенішими косметичними емульсіями є косметичні креми, скраби, лосьйони, маски різного призначення, в тому числі для обличчя та тіла [2–3].

Сучасні технологічні процеси виробництва емульсійної косметики залежать від характеру сировини, типу емульсії готового продукту та його призначення. Технології косметичних кремових мас не відрізняються складністю і великою різноманітністю, критерієм їхнього успіху є отримання стабільних емульсій. Вибір технології тісно пов'язаний з правильним вибором сировинної бази, зокрема емульгаторів, і наявністю у технологів виробничого обладнання, що забезпечує ефективну гомогенізацію. Крім цього, особливу увагу слід приділити факторам економії часу процесу до досягнення успішного результату і енергетичним витратам, а також відповідності способу отримання міжнародним нормам Good Manufacturing Practice.

В загальному вигляді [4] технологічний процес одержання косметичного засобу можна описати наступними послідовними стадіями: приготування жирової основи засобу; приготування водних розчинів водорозчинних компонентів; емульгування гарячим або холодним способом; охолодження та парфумування; фасування й упакування.

Косметичні засоби у вигляді емульсії мають виняткове значення, цінне в дерматологічному відношенні. Заемульговані жири, при нанесенні на порівняно вологу поверхню шкіри, не перешкоджають її нормальному функціонуванню та швидко всмоктуються поверхневим шаром [5]. Співвідношення в складі косметики жирової і водної фаз та їх комбінація обирається виробником залежно від конкретних завдань і типу косметики. Наприклад, крем-гелі містять близько 3–5 % олій, в той час як захисні креми можуть містити до 70 % жирових речовин [6]. Таким чином, прямі емульсії є одним з найважливіших об'єктів косметичної промисловості. Розробники косметичних засобів повинні мати можливість отримувати композиції із заданим складом, що забезпечує доцільний розподіл коштів і бажаний споживчий вигляд. В даний час відомості про поведінку

нку косметичних емульсій, їх склад та вміст компонентів практично відсутні. Це пов'язано як з тим, що рецептури косметичних композицій підбираються емпірично і є комерційною таємницею кожної компанії. Однією з важливих проблем, з якими стикаються технологи при розробці нових рецептур є проблема збереження стійкості емульсії косметичного засобу.

Мета та основні задачі дослідження

В статті об'єктом дослідження є властивості косметичних засобів з використанням комбінації емульгаторів.

Метою даної роботи є дослідження фізико-хімічних властивостей косметичних засобів, виготовлених із застосуванням комбінації емульгаторів. Для досягнення поставленої мети треба вирішити наступні задачі:

- проаналізувати показники якості косметичних засобів такі як піноутворююча стійкість і висота стовпчика піни в залежності від кількісного вмісту кожного емульгатора в косметичному засобі;
- запропонувати технологічні рішення щодо створення рецептури косметичного засобу з комбінацією емульгаторів у складі засобу для оптимізації показників якості виробу.

Матеріали та методи досліджень

В якості емульгаторів для косметичного засобу, властивості яких досліджують при внесенні у модельну косметичну систему, пропонуються комбінація наступних: Lanette SX, PEG-7 Glyceryl Cocoate, Eumulgin B2 і лауретсульфат натрію.

За результатами попередніх досліджень було встановлено, що оптимальною кількістю емульгатора в косметичному засобі є 5,17 %. В якості модельних систем було виготовлено зразки косметичного засобу з сумарною масовою кількістю емульгатора 5,17 %. Рецептурний склад косметичного засобу наведено у [7].

Всі дослідження проводились у трикратному повторюванні. Методами математичної статистики оброблено отримані результати та визначено довірчий інтервал значень при довірчій імовірності $P = 95 \%$.

Визначення фізико-хімічних показників (піноутворююча стійкість і висота стовпчика піни) зразків модельних косметичних засобів з різним кількісним вмістом кожного емульгатора у складі визначали у відповідності до Регламент (ЄС) № 1223/2009 COSMETIC PRODUCT SAFETY REPORT, зміни до Косметичної директиви ЄС 655/2013, ГОСТ 29188.0 – 2014 «Изделия парфюмерно-косметические. Правила приемки, отбор проб, методы органолептических испытаний», ГОСТ 22567.1 – 77 «Средства моющие синтетические. Метод определения пенообразующей способности».

Дослідження існуючих рішень проблеми

За способом виробництва косметичних емульсій можна відокремити дві технології: стандартну і низькотемпературну. Стандартним є так званий «гарячий/гарячий» метод, при якому жирову фазу нагрівають до 75–90 °С, повністю розплавляють її та об'єднують з водною фазою, також нагрітою до 75–90 °С. Оскільки за підвищеної температури більшість мікроорганізмів гине, особливих заходів асептики звичайно не потрібно. Термостабільні активні речовини або консерванти розчиняють до початку емульгування у відповідних фазах з максимальною спорідненістю. Для уникнення явища пе-

рекристалізації через зниження розчинності під час необхідних періодів охолодження, слід враховувати температурні профілі розчинності інгредієнтів, щоб отримати сенсорно привабливий продукт.

Сучасною і менш енергозатратною технологією одержання косметичних емульсій є низькотемпературний «гарячий / холодний» метод. За цією технологією жирову фазу з температурою 75–90°C гомогенізують з холодною водною фазою, а процес відбувається за кімнатної температури. Застосування водної фази без її попереднього нагрівання дає можливість скоротити процес охолодження. При цьому, водну фазу необхідно вводити невеликими порціями, щоб уникнути різкого охолодження, що може призвести до небажаної кристалізації жирових компонентів. В процесі об'єднання фаз необхідним є застосування ефективних гомогенізуючих пристроїв. Крім того, при використанні методу «гарячий / холодний» необхідно звертати особливу увагу на мікробіологічний статус застосовуваної сировини. Поряд з цим необхідно враховувати, що при низькотемпературному способі виробництва емульсій перевагу слід надавати жировим компонентам з низькою температурою плавлення [8].

В косметичній промисловості застосовують два способи створення емульсії: механічний і емульгування за допомогою ультразвуку. Більш прогресивним методом виготовлення емульсій є метод із застосуванням ультразвуку. Ультразвукове поле може створюватися за допомогою різних за конструкцією гідродинамічних перетворювачів, що генерують хвилі з частотами 20–50 кГц, які і утворюють тонкодисперсну систему. В основі технології лежить застосування пристрою, який створює акустичні коливання в рідкому проточному середовищі і поєднує потужний генератор гідроакустичних коливань, ефективний змішувач-гомогенізатор і високопродуктивний насос. В результаті впливу гідроакустичних коливань отримують монодисперсні емульсійні частинки субмікронних розмірів без небезпеки термічного руйнування біологічно активних компонентів рецептури. Уникнути термічної деструкції вдається також при застосуванні методу холодного емульгування, коли температурні режими змішування не перевищують 20°C, що дозволяє максимально зберегти всі цілющі властивості компонентів [9].

Поверхнева активність ПАР, що належать до різних груп, визначається по-різному. Для істинно розчинних ПАР вона дорівнює максимальному значенню похідної:

$$G_{\max} = -\frac{\partial \sigma}{\partial c} = RT \cdot (\Gamma / c), \quad (1)$$

і вимірюється по початковій ділянці ізотерми адсорбції s при $c \rightarrow 0$ (Γ – число молей ПАР, адсорбованих одиницею поверхні, R – газова стала, T – абсолютна температура). Для колоїдних ПАР поверхнева активність:

$$G_{\min} = \frac{(\sigma_0 - \sigma_{\min})}{c_{\min}}, \quad (2)$$

де σ – поверхневий натяг чистого розчинника, $\sigma_{\min}$ – найменше (постійне) значення σ , c – відповідна цьому значенню концентрація ПАР. Подальше введення в розчин ПАР призводить до збільшення числа мицелл, а концентрація молекулярно-диспергованого ПАР залишається постійною.

На даний момент для теоретичного вибору ПАР чи не єдиною можливістю є система ГЛБ (гідрофільно-ліпофільний баланс). Шкала ГЛБ була розроблена на початку 60-х років ХХ ст. Д. Девісом і містить значення від 0 до 40. ПАР з ліпофільними властивостями мають низькі значення ГЛБ, з гідрофільними – високі. Кожній групі атомів, що входить в молекулу ПАР, приписується групове число, при складанні цих чисел отримують ГЛБ за формулою:

$$\text{ГЛБ} = \Sigma \text{гідрофільних групових чисел} + 4 - \Sigma \text{гідрофобних групових чисел} + 7.$$

Хоча поняття про ГЛБ є досить формальним, воно дозволяє визначати області застосування ПАР. Так, для утворення емульсій «вода в жирі» ГЛБ лежить в межах 3–6, емульсій «жир у воді» – 8–16, для змочувачів – 7–9, для мийних засобів – 13–15. Змінюючи природу емульгатора і його концентрацію, можна домогтися обернення фаз емульсії. Відомо, що ізомери ПАР з розгалуженими аліфатичними ланцюгами стабілізують зворотні емульсії, а з нормальними – прямі. Однак ця система дозволяє передбачити лише тип одержуваної емульсії і тільки з енергетичних позицій, тобто не враховує особливості будови ПАР [10]. В табл. 1. наведено деякі з найбільш популярних емульгаторів в порядку зростання гідрофільно-ліпофільного балансу [11].

Таблиця 1 – ГЛБ деяких емульгаторів

Назва продукту	Найменування INCI	ГЛБ
Сорбітантриолеат	SORBITAN TRIOLEATE	1,8
Глицерилмоностеарат	GLYCERYL STEARATE	3,5
Сорбітанмоноолеат	SORBITAN OLEATE	4,3
Сорбітанмоностеарат	SORBITAN STEARATE	4,7
Умульфарма PG 20	POLYGLYCERIL-2 DIISOSTEARATE	6,0
Сорбітанмонопальмитат	SORBITAN PALMITATE	6,7
Сорбітанмонолаурат	SORBITAN LAURATE	8,6
Полісорбат 85	POLYSORBATE 85	10,0
Емульфарма ST 8	PEG-8 STEARATE	11,0
ПЕГ-7 глицерилкокоат	PEG-7 GLYCERYL COCOATE	11
Емульфарма LA 8	PEG-8 LAURATE	12,8
RESASSOL BPE	PEG-18 PALM GLYCERIDES	13,0
RESASSOL HR	PEG-40 HYDROGENATED CASTOR OIL	14,0
Емульфарма 9 EM	LAURETH-9	14,0
Полісорбат 60	POLYSORBATE 60	14,8
Полісорбат 80	POLYSORBATE 80	15,0
RESASSOL VS	DECETH-7, RESASSOL HR, PPG-26 BUTETH-26	15,5
Полісорбат 40	POLYSORBATE 40	15,7
Полісорбат 20	POLYSORBATE 20	16,7
Eumulgin B2	CETEARETH-20	16,8
Lanette SX	CETEARYL ALCOHOL (AND) SODIUM LAURYL SULFATE (AND) SODIUM CETEARYL SULFATE	18
SLES 70	SODIUM LAURETH SULFATE	40

Відповідно до вимог, сформульованими Коббом [12], емульгатори повинні:

1) зменшувати поверхневий натяг до 0,005 Н/м для емульсій, які готують перемішуванням, і до 0,0005 Н/м для емульсій, які не потребують інтенсивного перемішування;

2) досить швидко адсорбуватися на краплях, створюючи тонкий шар, що не змінюється при зіткненнях крапель і перешкоджає коагуляції і коалесценції;

3) мати специфічну молекулярну структуру з полярними і неполярними групами;

4) добре розчинятися в дисперсійному середовищі;

5) надавати емульсії певний електрокінетический потенціал;

6) впливати на в'язкість емульсії;

7) мати емульгуючі властивості навіть при малих кількостях;

8) бути дешевими;

9) бути безпечними в обігу і нетоксичними.

Ряд традиційних косметичних емульгаторів наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Емульгатори косметичної галузі та їх властивості

Найменування INCI	Опис
GLYCERYL STEARATE	Традиційний емульгатор для засобів догляду за шкірою (креми, молочко). Вміст моноацилгліцеринів > 40 %.
GLYCERYL MONOSTEARATE	Традиційний емульгатор для засобів догляду за шкірою (креми, лосьйони). Вміст моноацилгліцеринів не менше 60 %.
GLYCERYL STEARATE SE	Самоемульгуючий гліцерил стеарат.
TRIOLEIN (GLYCERYL TRI-OLEATE)	Неіоногенна ПАР, ліпофільний емульгатор «жир у воді», зволожувач.
GLYCERYL MONOOLEATE	Неіоногенна ПАР, ліпофільний емульгатор «вода в жирі», зволожувач.
SORBITAN MONO LAURATE	Диспергуючий агент, модифікатор в'язкості.
SORBITAN MONO PALMITATE	Диспергуючий агент, модифікатор в'язкості.
SORBITAN MONO STEARATE	Диспергуючий агент, модифікатор в'язкості.
SORBITAN MONO OLEATE	Диспергуючий агент, модифікатор в'язкості.
PEG-7 GLYCERYL COCOATE	Ефективний емомент, сумісний і синергізм дії з аніонними і амфотерними ПАР, стабілізатор піни, є коемульгатором, що підтримує емульгатор, відповідальний за створення емульсії, стабілізує емульсії типу олія у воді, біорозкладається і добре переноситься шкірою та слизовими оболонками
CETEARETH-20	Сумісний з катіонними ПАР; дозволяє створювати легкі консистенції, які залишають приємні сенсорні відчуття; отримання стабільної водно-олійної емульсії; стабілізація рецептурних сумішей.
CETEARYL ALCOHOL (AND) SODIUM LAURYL SULFATE (AND) SODIUM CETEARYL SULFATE	Емульгатор для створення прямих емульсій, самоемульгуючий компонентом для емульсій «олія-вода»
SODIUM LAURETH SULFATE	Поверхнево-активна речовина, являє собою амфіфільну речовину, що застосовується при виробництві більшості миючих засобів, шампунів, зубної пасти, косметики для утворення піни.

Результати дослідження

З метою створення рецептури косметичного засобу з комбінацією емульгаторів у складі засобу для оптимізації показників якості виробу було обрано наступні товарні форми емульгаторів: Lanette SX, PEG-7 Glyceryl Cocoate, Eumulgin B2 і лауретсульфат натрію. Проведені попередні дослідження показали, що використання окремо кожного емульгатора не забезпечує необхідних фізико-хімічних показників косметичного засобу. Тому було прийнято рішення провести дослідження з комбінацією емульгаторів для оптимізації показників якості косметичного засобу.

EumulginB2 – емульгатор, що дозволяє отримувати стабільні емульсії типу «жир у воді», створений з натуральних олій. Рекомендації по введенню в рецептури – додавати в масляну фазу крему, спрею і нагрівати до цілковитого розчинення. Температура плавлення – 43 °С, що дає можливість використовувати його як при економічному холодному процесі, так і (в комбінації з гідрофільними восками, жирними спиртами і ацилгліцеридами) при гарячому процесі виробництва.

Lanette SX відноситься до категорії самоемульгуючої аніонної бази з метою виробництва косметичної продукції, створення «прямих емульсій». Робочий рівень рН – 6.5–8.0. Кількість сульфатів жирних кислот – 8–10 %, гідроксильне значення – 180–200. Хімічний склад: цетеариловий спирт, лаурил сульфат натрію, цетеарил сульфат натрію. Вміст води – менше 1,4 %; кислотне число – менше 2 %; йодне число – менше 3 %.

PEG-7 GlycerylCocoate – синтетичний полімер на основі поліетиленгліколю (ПЕГ) і жирних кислот, що одержують з кокосової олії, масляниста низков'язка рідина. М'яка поверхнево-активна речовина, що має миючу здатність. Володіє пінорегулюючими властивостями, може бути використана як солубілізатор, емульгатор і пережирюючий агент.

Лауретсульфат натрію є аніонним миючим засобом і поверхнево-активною речовиною, що зустрічається у багатьох косметичних засобах. SLES – недорогий і дуже ефективний піноутворювач.

Для оцінки впливу емульгаторів та їх комбінації на показники якості косметичного засобу «GYDERLIFE-INTENSIVE» було проаналізовано 10 зразків косметичного засобу з різним кількісним вмістом кожного емульгатора в суміші. Кількісне співвідношення емульгаторів в модельних зразках наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Кількісне співвідношення емульгаторів в модельних зразках

№ Зразку	Вміст емульгатору в косметичному засобі, мас. частки			
	Lanette SX	PEG-7 Glyceryl Cocoate	Eumulgin B2	Лауретсульфат натрію
Зразок 1	1,65	1,16	2,28	0,08
Зразок 2	1,7	1,14	2,21	0,12
Зразок 3	1,75	1,12	2,14	0,16
Зразок 4	1,8	1,1	2,07	0,2
Зразок 5	1,85	1,08	2,00	0,24
Зразок 6	1,9	1,06	1,93	0,28
Зразок 7	1,95	1,04	1,86	0,32
Зразок 8	2	1,02	1,79	0,36
Зразок 9	2,05	1	1,72	0,4
Зразок 10	2,1	0,98	1,65	0,44

У досліджуваних зразках за методиками були визначені піноутворююча здатність і стійкість піни (рис. 1, 2).

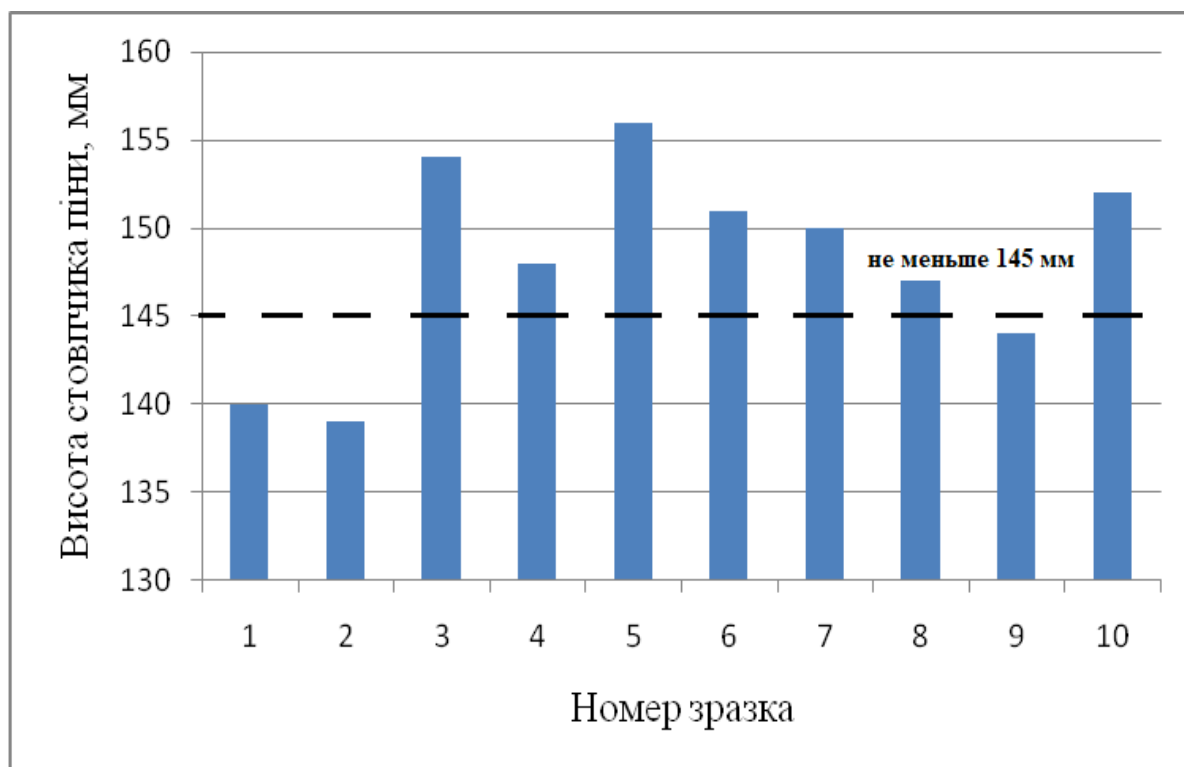


Рисунок 1 – Піноутворююча здатність модельних зразків косметичного засобу

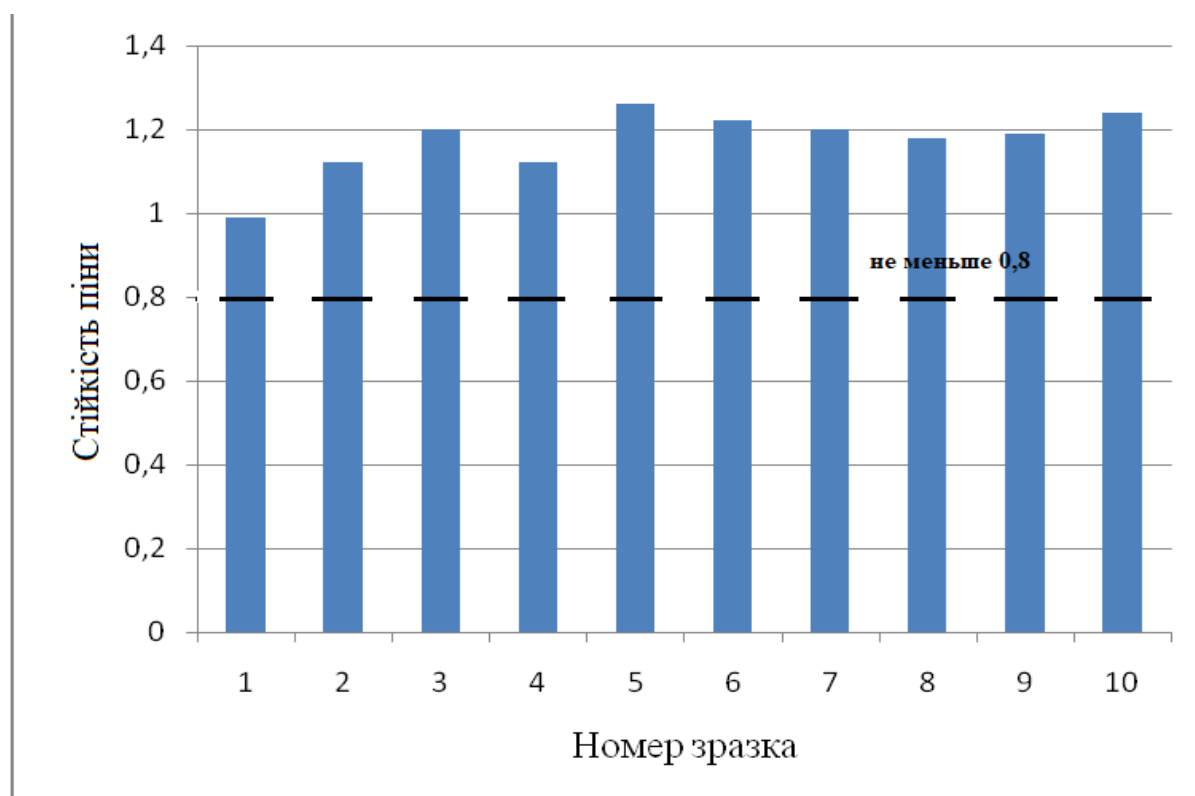


Рисунок 2 – Стійкість піни модельних зразків косметичного засобу

В ході дослідження (рис. 1) було виявлено, що піноутворююча здатність модельних зразків 3–8 і 10 відповідають показникам нормативних документів. Зразки з композицією емульгатора під номерами 1, 2 і 9 не відповідають за показником піноутворююча здатність. Найкраща стійкість піни (рис. 2) у всіх зразків відповідає вимогам нормативного документу.

Таким чином, відповідно до одержаних результатів можна рекомендувати для рецептурного складу наступну комбінацію емульгаторів (модельний зразок 5), мас. частки: Lanette SX – 1,85, PEG-7 Glyceryl Cocoate – 1,08, Eumulgin B2 – 2,00 і лауретсульфат натрію – 0,24.

Висновки

За результатами аналітичного огляду наукової літератури та проведених досліджень зроблено висновки щодо можливості використання композиції емульгаторів як компоненту косметичного засобу у вигляді спреї-піни.

На підставі проведених досліджень колоїдно-хімічних властивостей піноутворюючих систем косметичного призначення визначені концентраційні межі введення емульгуючих компонентів в рецептурному складі косметичного засобу «GYDERLIFE-INTENSIVE».

За результатами дослідження висоти стовпа піни і її стійкості в косметичному продукті «GYDERLIFE-INTENSIVE» встановлено оптимальне співвідношення емульгаторів у рецептурному складі, яке забезпечує високі показники якості косметичного засобу, а саме: Lanette SX – 1,85, PEG-7 Glyceryl Cocoate – 1,08, Eumulgin B2 – 2,00 і лауретсульфат натрію – 0,24 (мас. частки).

Показана можливість визначення висоти стовпа піни і її активності в досліджуваному косметичному продукті згідно діючих методик і застосування їх в якості МКЯ косметичного продукту «GYDERLIFE-INTENSIVE».

Література

1. Чудинова, Н. Н. Синтез и коллоидно-химические характеристики косметических эмульсий, стабилизированных ПАВ: дис. ... канд. хим. наук : 02.00.11 / Чудинова Наталья Николаевна; Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева; науч. рук. Киенская К.И. – Москва, 2014. – 133 с.
2. Тимофеев, В. А. Разработка рецептурного состав и совершенствование технологий, обеспечивающих создание инновационного косметического продукта anti-age направленности : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.06 «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов» / В.А. Тимофеев. – Москва, 2013. – 29 с.
3. Тихонова, С.О. Розробка складу сонцезахисного крему з нанокристалічним діоксином церію / С.О. Тихонова, Л.І. Котович, О.О. Ковальова // Запорозький медичинський журнал. – 2013. – № 4 (79). – С. 54–55.
4. Каспаров, Г.Н. Основы производства парфюмерии и косметики / Г.Н. Каспаров. – М.: Агропромиздат, 1988. – 287 с.

5. Кутц, Г. Косметические кремы и эмульсии: состав, получение, методы испытаний / Г. Кутц // Косметика и медицина, 2004. – 267 с.
6. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / Под. ред. Б. МакКенна; пер. с англ. под ред. Ю.Г. Базарновой. – М.; С-Пб.: Профессия, 2008. – 480 с.
7. Путятин, Б.В. Заявка на патент на полезную модель № u202002506 Косметическая аэрозольная композиция в форме спрея для кожи «Gyderlife–Intensive», 2020. – 3 с.
8. Технология косметических и парфюмерных средства / А.Г. Башура, Н.П. Половко, Е.В. Гладух и др. – Харьков: Изд-во НФАУ: Золотые страницы, 2002. – 272 с.
9. Оборудование производств косметических средств / Г.Г. Абдуллазянова, А.А. Князев, А.О. Эбель, Ю.Г. Галяметдинов. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 99 с.
10. Паронян, В.Х. Алгоритм создания эмульсионных продуктов питания. / В. Х. Паронян // Масложировая промышленность. – 2006. – №3. – С. 46.
11. Основы кремоварения. Эмульгаторы. [Электронный ресурс] / Ярмарка мастеров // Режим доступа: <http://www.livemaster.ru/topic/64153-osnovy-kremovareniya-emulgatory>. – Название с экрана.
12. Tadros, Th.F. Applied Surfactants: Principles and Applications / Th.F. Tadros // Weinheim: Wiley-VCH, 2005. – 634 p.

Bibliography (transliterated)

1. Chudynova, N.N. Syntez y kolloydno-khymycheskye kharakterystyky kosmetycheskykh emulsiy, stabylyzirovannykh PAV: dys. ... kand. khym. nauk : 02.00.11 / Chudynova Natalya Nikolaevna; Rossyyskiy khymiko-tekhnolohycheskiy unyversytet ym. D. Y. Mendeleeva; nauch. ruk. Kyenskaia K.Y. – Moskva, 2014. – 133 p.
2. Tymofeev, V.A. Razrabotka retsepturnoho sostav y sovershenstvovanye tekhnolohiy, obespechivaiushchykh sozdanye ynnovatsyonnoho kosmetycheskoho produkta anti-age napravlennoy : avtoref. dys. na soyskanye nauch. stepeny kand. tekhn. nauk : spets. 05.18.06 «Tekhnolohiya zhyrov, efyrnykh masel y parfiumerno-kosmetycheskykh produktov» / V.A. Tymofeev. – Moskva, 2013. – 29 p.
3. Tykhonova, S.O. Rozrobka skladu sontsezakhysnoho kremu z nanokrystalichnym dioksynom tseriiu / S.O. Tykhonova, L.I. Kotovych, O.O. Kovalova // Zaporozhskiy medytsynskiy zhurnal. – 2013. – № 4 (79). – P. 54–55.
4. Kasparov, G.N. Osnovy proy'zvodstva parfumeriy y kosmetyky' / G.N. Kasparov. – M.: Agropromy'zdat, 1988. – 287 p.
5. Kutcz, G. Kosmety'chesky'e kremy y'emul'sy'y': sostav, polucheny'e, metody y'spytany'j / G. Kutcz // Kosmety'ka y'medy'cy'na, 2004. – 267 p.
6. Struktura y'tekstura py'shevykh produktov. Produkty'emul'sy'onnoj pry'rody / Pod. red. B. MakKenna; per. s angl. pod red. Yu. G. Bazarnovoj. – M.; S-Pb.: Professy'ya, 2008. – 480 p.

7. Putyatyn, B.V. Zayavka na patent na poleznuyu model' № u202002506 Kosmety`cheskaya aэrozol'naya kompozy`sy`ya v forme spreya dlya kozhy` «Gyderlife–Intensive», 2020. – 3 p.

8. Texnologiy`ya kosmety`chesky`x y` parfyumernyx sredsta / A.G. Bashura, N.P. Polovko, E.V. Gladux y` dr. – Хар`kov: Y`zd-vo NFAU: Zolotye strany`czy, 2002. – 272 p.

9. Oborudovany`e proy`zvodstv kosmety`chesky`x sredstv / G.G. Abdullazyanova, A.A. Knyazev, A.O. Эbel`, Yu.G. Galyametdy`nov. – Kazan`: Y`zd-vo Kazan. gos. texnol. un-ta, 2009. – 99 p.

10. Paronyan, V.X. Algory`tm sozdany`ya emul`sy`onnyx produktov py`tany`ya. / V. X. Paronyan // Maslozhy`rovaya promyshlennost`. – 2006. – #3. – P. 46.

11. Osnovy kremovareny`ya. Эmul`gatory. [Эlektronnyj resurs] / Yarmarka masterov // Rezhy`m dostupa: <http://www.livemaster.ru/topic/64153-osnovy-kremovareniya-emulgatory>. – Nazvany`e s эkrana.

12. Tadros, Th.F. Applied Surfactants: Principles and Applications / Th.F. Tadros // Weinheim: Wiley-VCh, 2005. – 634 p.

УДК 665.58:615.26

Путятін Б.В., Левчук І.В., д.техн.н., доцент

АСПЕКТИ ВИБОРУ ЕМУЛЬГАТОРІВ ДЛЯ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ У ВИГЛЯДІ СПРЕЙ-ПІНИ

Сучасними тенденціями в технологіях косметичних засобів є розробка косметичних композицій з урахуванням основних вимог до даних продуктів (гіпоалергенність, натуральність основи, відсутність штучних барвників, певного значення рН, ефективності фотопротекторної дії, спеціальні вимоги до полімерної тари і упаковки та ін.). При цьому в першу чергу слід звернути увагу на основні інгредієнти практично кожного косметичного засобу для шкіри – амфіфільні сполуки (поверхнево-активні речовини), які не повинні дратувати або пошкоджувати шкіру і шкірні покриви. В очищувальні і регенеративні засоби повинні входити безпечні ПАР. З метою зниження подразнювальної дії на шкіру багато виробів містять суміші декількох ПАР аніонного типу. Для використання у відновлювальній косметичці запропоновано розглянути ряд ПАР і їх композицій, а також визначити найбільш оптимальну комбінацію обраних емульгаторів в складі косметичного засобу.

За результатами аналітичного огляду наукової літератури та проведених досліджень зроблено висновки щодо можливості використання композиції емульгаторів як компоненту косметичного засобу у вигляді спреї-піни. На підставі проведених досліджень колоїдно-хімічних властивостей піноутворюючих систем косметичного призначення визначені концентраційні межі введення емульгуючих компонентів в рецептурному складі косметичного засобу «GYDERLIFE-INTENSIVE». За результатами дослідження висоти стовпа піни і її стійкості в косметичному продукті «GYDERLIFE-

INTENSIVE» встановлено оптимальне співвідношення емульгаторів у рецептурному складі, яке забезпечує високі показники якості косметичного засобу, а саме: Lanette SX – 1,85, PEG-7 Glyceryl Cocoate – 1,08, Eumulgin B2 – 2,00 і лауретсульфат натрію – 0,24 (мас. частки). Показана можливість визначення висоти стовпа піни і її активності в досліджуваному косметичному продукті згідно діючих методик і застосування їх в якості МКЯ косметичного продукту «GYDERLIFE-INTENSIVE».

Ключові слова: косметичні емульсії, косметичні засоби, емульгатори, жирова, водна фаза.

Путятин Б.В., Левчук И.В., д.техн.н., доцент

АСПЕКТЫ ВЫБОРА ЭМУЛЬГАТОРОВ ДЛЯ КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ВИДЕ СПРЕЙ-ПЕНЫ

Современными тенденциями в технологиях косметических средств является разработка косметических композиций с учетом основных требований к данным продуктам (гипоаллергенность, натуральность основы, отсутствие искусственных красителей, определенного значения pH, эффективности фотопротекторного действия, специальные требования к полимерной таре и упаковке и др.). При этом в первую очередь следует обратить внимание на основные ингредиенты практически каждого косметического средства для кожи – амфифильные соединения (поверхностно-активные вещества), которые не должны раздражать или повреждать кожу и кожные покровы. В очищающие и регенеративные средства должны входить безопасные ПАВ. С целью снижения раздражающего действия на кожу много изделий содержат смеси нескольких ПАВ анионного типа. Для использования в восстановительной косметике предложено рассмотреть ряд ПАВ и их композиций, а также определить наиболее оптимальную комбинацию выбранных эмульгаторов в составе косметического средства.

По результатам аналитического обзора научной литературы и проведенных исследований сделаны выводы о возможности использования композиции эмульгаторов как компонента косметического средства в виде спрей-пены. На основании проведенных исследований коллоидно-химических свойств пенообразующих систем косметического назначения определены концентрационные пределы введения эмульгирующих компонентов в рецептурном составе косметического средства «GYDERLIFE-INTENSIVE». По результатам исследования высоты столба пены и ее устойчивости в косметическом продукте «GYDERLIFE-INTENSIVE» установлено оптимальное соотношение эмульгаторов в рецептурном составе, которое обеспечивает высокие показатели качества косметического средства, а именно: Lanette SX – 1,85, PEG-7 Glyceryl Cocoate – 1,08 Eumulgin B2 – 2,00 и лауретсульфат натрия – 0,24 (масс. доли). Показана возможность определения высоты столба пены и ее активности в исследуемом косметическом продукте согласно действующих методик и применения их в качестве МКК косметического продукта «GYDERLIFE-INTENSIVE».

Ключевые слова: косметические эмульсии, косметические средства, эмульгаторы, жировая, водная фаза.

Putyatin B.V., Levchuk I.V.

ASPECTS OF CHOICE OF EMULSINATORS FOR COSMETIC PRODUCTS IN THE FORM OF SPRAY FOAM

Modern trends in the technology of cosmetics is the development of cosmetic compositions taking into account the basic requirements for these products (hypoallergenicity, naturalness of the base, the absence of artificial colors, a certain pH value, the effectiveness of photoprotective action, special requirements for polymer containers and packaging, etc.). In this case, first of all, attention should be paid to the main ingredients of almost every cosmetic product for the skin – amphiphilic compounds (surfactants), which should not irritate or damage the skin and skin. Cleansing and regenerative agents should include safe surfactants. In order to reduce the irritating effect on the skin, many products contain mixtures of several surfactants of the anionic type. For use in restorative cosmetics, it is proposed to consider a number of surfactants and their compositions, as well as to determine the most optimal combination of selected emulsifiers in the composition of a cosmetic product.

Based on the results of the analytical review of the scientific literature and studies, conclusions are drawn about the possibility of using the composition of emulsifiers as a component of a cosmetic product in the form of spray foam. On the basis of the studies carried out on the colloidal-chemical properties of foaming systems for cosmetic purposes, the concentration limits for the introduction of emulsifying components in the formulation of the "GYDERLIFE-INTENSIVE" cosmetic product have been determined. According to the results of the study of the height of the column of foam and its stability in the cosmetic product "GYDERLIFE-INTENSIVE", the optimal ratio of emulsifiers in the formulation was established, which ensures high quality indicators of the cosmetic product, namely: Lanette SX – 1.85, PEG-7 Glyceryl Cocoate – 1, 08 Eumulgin B2 – 2.00 and sodium laureth sulfate — 0.24 (mass fraction). The possibility of determining the height of the foam column and its activity in the studied cosmetic product according to current methods and their use as the MCC cosmetic product "GYDERLIFE-INTENSIVE" is shown.

Keywords: cosmetic emulsions, cosmetics, emulsifiers, fatty, water phase.

¹Honcharov Ye.V., PhD, Assoc. Prof., ¹Polyakov I.V., PhD, Assoc. Prof.,
¹Markov V.S., PhD, Assoc. Prof., ¹Kryukova N.V., PhD,
¹Boykov D.A., ¹Skrebtsov N.K., ²Tsebriuk I.V., PhD, Assoc. Prof.

ANALYSIS OF MODERN POWER EFFICIENT SYSTEMS DEVELOPMENT STRATEGIES

¹National technical university "Kharkiv politechnic institute", Kharkiv
²National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Keywords: grid technologies, information management systems, computer technologies, energy savings.

Introduction. Development of computer technologies and Internet capabilities, emergence of achievements in the field of information and grid technologies, information and control systems based on microprocessor and power electronics, and on the other hand – the development of market relations in the economy caused a qualitative leap in energy efficiency and became a prerequisite for the development of a new kind of energy – intellectual. The concept of “smart efficiency”, which reflects the intelligent interaction of pricing, production processes and efficient use of resources, has become widespread, embodied in the energy concept of “Smart Grid”. Instead of the extensive development that Ukraine’s economy has been moving through for decades, the energy sector should move to effectively ensure sustainable economic development. [1].

The purpose of the article. The purpose of the article is to analyze modern strategies for the development of existing information and energy systems. The task of the work is to review the methods of development and problems of theoretical research on ways to improve information and energy systems and grids.

Analysis of the power system of Ukraine. Ukraine’s Unified Energy System (UUES) is the backbone of electricity that provides domestic and foreign electricity supply outside the country.

The UUES combines generating capacity and distribution grids of regions connected by 220–750 kV transmission power lines (TPL). The production of electricity in the UUES is carried out by 14 thermal and eight hydraulic power plants, which are part of 6 state and private joint-stock power generating companies subordinated to the Ministry of Fuel and Energy of Ukraine, and four nuclear power plants (NPPs), which are part of NNEGC “Energoatom”. The management of the UUES and the regimes of the grid is carried out centrally by the state-owned enterprise of NEC “Ukrenergo”.

Developments in the information and energy sector of Ukraine can be divided into two classes:

a) channel solutions – which involve the use of separate components for the joint transmission of information and energy. They provide only joint information and energy transmission without intelligent management and redistribution of energy resources;

b) grid solutions – which, in addition to transmission functions, provide for intelligent control and redistribution of both information and energy flows, which are actually geoinformation-energy systems of the highest level.

The first group includes HomePlug and HomePNA standards based communication systems for the transmission of ~ 220V AC power lines.

These standards can provide savings on the creation of information grids due to the absence of the need to create a physical medium of information transmission.

An “intelligent” electricity grid is a fully automated system that provides two-way flow of electricity and information between energy sites throughout the area (as defined by the US Department of Energy) [2, 3].

The “intelligent” electrical grid combines two grids – electrical and information-control, which interact and function at the same time. At the same time, the control of each of this electrical grid devices is carried out with the help of intelligent devices, integrated into a single information and control grid [4–6].

Basic principles of building intelligent grids. The key principles for building and further expanding smart grids are plug-and-play and peer-to-peer integration of smart metering devices for the regulation, electricity storage and consumption of loads and cloud computing devices.

Plug and Play (PnP, “on” and “off”) is a technology designed to quickly identify and configure devices on your computer and other technical devices.

UPnP (Universal Plug and Play) technology, a universal automatic setup for grid devices, is gaining ground. This is a peer-to-peer architecture between PCs and smart devices that automatically connects such devices to each other, making more grid accessible to more users.

Peer-to-peer (P2P) is a variant of system architecture that is based on grid of equitable nodes. Elements of a P2P computer grid can communicate directly with each other, unlike traditional architecture, when only certain categories can provide certain services to others. There is no concept of clients or servers in the P2P grid, only the level nodes that function simultaneously with other nodes in the grid.

Cloud technology is the technology of online access to server resources and the use of software by Internet users. Cloud computing is increasingly evolving.

The integration of information technology and management systems makes it possible to create new forms based on the provisions of Smart Grid:

- equipment Health Center – Generation of fixed assets management systems;
- substation self-renewal – a unified system of managing the fixed assets of the enterprise, mobile repair crews, distribution of electricity and automation of the substation;
- Intelligent Grid Management Center is a system based on the D-SCADA infrastructure (or SCADA system for the electricity distribution grid), incorporating modern control systems.

•

Perspective forms and directions of development of technologies “Smart Grid”.
Basic technologies of “intelligent” electricity:

- Monitoring and diagnostic systems (WAMS);
- Unified power flow control systems (UPFC);
- Flexible transmission technologies on alternating current (FACTS, FACDS);

- Flexible AC distribution systems (FACDS);
- High-voltage direct current systems (HVDC) or with superconducting materials.

Creation of energy clusters – energy districts, which have common features, which, according to the modes of operation of the power system, provide remote flexible control of parameters by control of switching devices, which change the grid topology and conduct an assessment of the technical condition.

The scope of CE devices designed to generate predetermined levels of active and reactive power and improve power quality is being extended. The scope of the first device group is FACTS-based supply systems. The scope of the second group of devices, known as the Custom Power System (CUPS), focuses on end-user electricity distribution systems.

Electricity distribution systems can be distributed using CE devices:

- devices for ensuring compliance of parameters and connection of dispersed sources with transmission lines, for regulating the levels of electricity generation;
- devices for ensuring compliance of parameters and connection of power storage systems with transmission lines to control the exchange of electricity between them;
- devices for improving the quality of electricity supply and electromagnetic compatibility (compensation for voltage fluctuations, asymmetry, compensation for distortion of the voltage signal, phase shift).

Microgrid local systems include multiple sources and distribution substations, energy conservation complexes, and electricity flow regulators. This allows you to operate both off-line and external power. Microgrid improves the reliability of energy supply by managing the rapid switching of consumers between local and central grids in the event of overloads and overvoltages.

A FREEDM-based architecture for the microgrid is also being developed, based on the concept of building a versatile ENERGYRouter device that dynamically distributes energy.

Smart Grid 2.0 technology is useful when installed smart counters are providing new pricing features and applications like Green Button.

Provide uninterrupted power supply to the facilities and integrate any power source capable transformers with an electronic chip.

Main constructing directions of intellectual grids in Ukraine. In Ukraine, serious technological modernization of power grids is required, with the use of voltage regulators and power flows. Therefore, it is important to develop appropriate regulatory and technical support for the integration of dispersed energy sources, together with the creation of the Smart Grid concept in Ukraine. Components of “intelligent” power grids in Ukraine: information interaction of control systems; unification of energy clusters, creation of intelligent electricity grid of Ukraine.

It is stated that the “intelligent” power grid must operate in real time. This is ensured by a certain organization of the information grid, the topology of which is shown in Fig. 1, where you can see that the information grid consists of two levels – local and global.

Each of these levels can also be divided into sublevels. The control center implemented at each of the levels must have sufficient computing power. After all, the main task of any control center is to ensure the smooth operation of the SCADA system (Supervisory Control and Data Acquisition) and other auxiliary software and hardware systems [7].

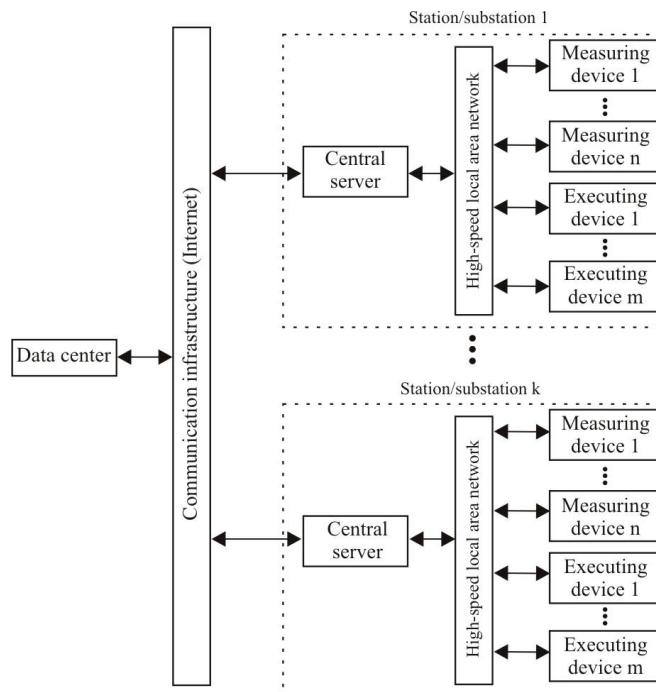


Figure 1 – Topology of information grid according to the concept of “Smart Grid”

Practical implementation of the concept “Smart Grid”. The topology of the distributed “Smart Grid” electric power system of the city in is presented in Fig. 2.

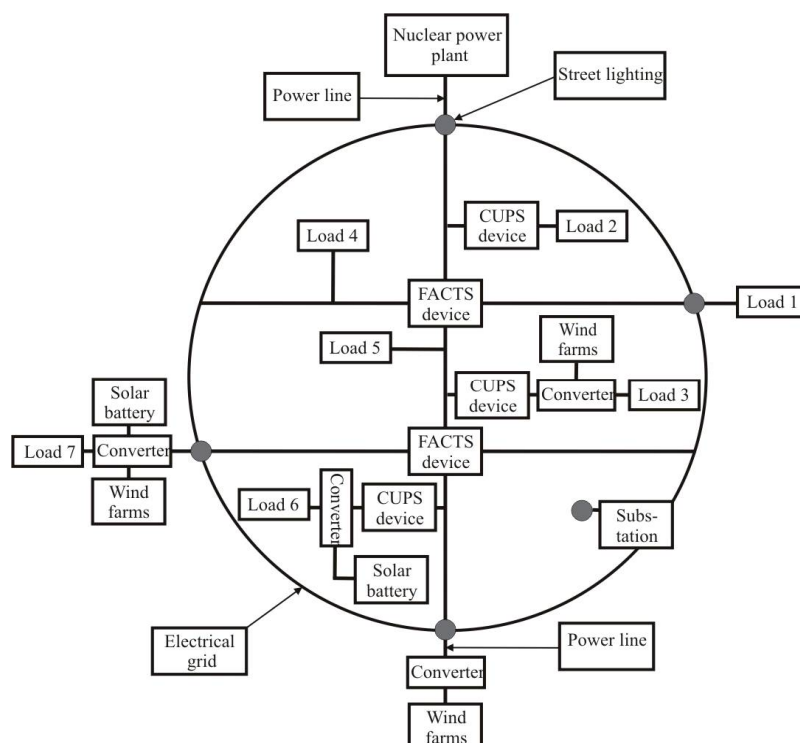


Figure 2 – Topology of the intellectual power system

Such a power system is different from the approaches that existed prior to the emergence of the “Smart Grid” concept. Any electrical grid (and the grid as a whole) was designed to be focused and peer-to-peer. This meant that there were two large classes of devices in such

a grid: power sources and consumers of various sizes (load 1-3: big city utilities; load 4-6: smaller suburban; load 7: countryside). In such grids, electricity was only transmitted from sources to consumers, with one source supplying energy to several consumers. With the use of reconciliation devices, all power sources are combined into a single grid [8].

The topology of the “intellectual” grid, which is shown in Fig. 2, in contrast to the above, allows to integrate renewable sources of electric power of different power, as well as a large number of consumers with different nature of load (inductive, capacitive) into a single grid.

Thus, the main issue of practical implementation of the “intelligent” energy system with the specified topology is the development of equipment that would allow to connect any passive and active components to the electrical grid, to control their modes of operation, to process large amounts of information about the state of their functioning [9].

Microprocessor subsystems can simultaneously connect to an information grid to provide the operator with the necessary information in real time. The generalized structure of FACTS devices is presented in Fig. 3. From Fig. 3 implies that the reactive power exchange between the device and the power system is two-way. The FACTS is more commonly connected to one of the substation transformer phases. The scheme of measurement of electrical parameters determines the nature of the load, and such measurements are made at very short intervals.

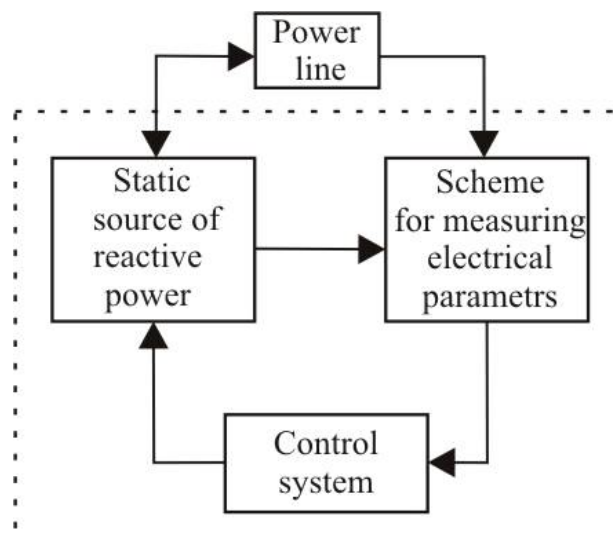


Figure 3 – Generalized structure of devices FACTS systems

Depending on the measurement results, the control system switches to the transmission line the source of reactive power of the opposite nature [10]. Genetic algorithms can be used as algorithms for the operation of such systems, because they allow us to find the optimal value for the function of variables of many grid parameters [11].

Alternative algorithms for functioning may be “fuzzy logic” algorithms, which can be executed using artificial neural networks, which will simplify their configuration and increase performance [12]. The use of FACTS devices significantly enhances the controllability of traditional power lines in real time: regulation of voltage levels; power factor correction; reactive power compensation; regulation of transmission line capacity.

Conclusions. Thus, it should be noted that the use of sources of distributed generation can reduce the load on the electrical grid, and be located as close as possible to consumers,

which will reduce transmission losses. In accordance with the concept of “Smart Grid”, modern rechargeable energy storage devices, such as superconducting inductors, can be used.

Література

1. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В., Денисюк С.П. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні // Технічна електродинаміка. 2012. №5. С. 52–67.
2. «Grids 2030». A National Vision for Electricity's Second 100 years. Office of Electric Transmission and Distribution of USA Department of Energy, 2003.
3. European Commission Directorate-General for Research Information and Communication Unit European Communities: «European Technology Platform Smart Grids, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the future», European Communities, 2006.
4. The National Energy Technology Laboratory: «A vision for the Modern Grid», March 2007.
5. News and analysis for the modernization and automation of electric power [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.smartgridnews.com>.
6. Moldernik A., Bakker V., Bosman M. G. C., Hurink J. L., Smit C. G. M. Management and Control of Domestic Smart Grid Technology // IEEE Transactions on Smart Grid. 2010. № 2. P. 375–381.
7. Забезпечення надійності функціонування та стійкої роботи інтелектуальних енергетичних систем / С.П. Денисюк, П.Й. Тарасевич, О.В. Сподинський та ін. // Праці ІЕД НАНУ. 2010. № 27. С. 27–33.
8. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення // Технічна електродинаміка. 2010. № 6. С. 44–50.
9. Khosrow Moslehi, Ranjit Kumar Smart Grid – A Reliability Perspective // Innovative Smart Grid Technologies. 2010. № 2. P. 375–381.
10. Dapeng Wu, Chi Zhou Fault-Tolerant and Scalable Key Management for Smart Grid // IEEE Transactions on Smart Grid. 2010. №2. P. 375–381.
11. Ramaswamy P.C., Deconick G. Relevance of voltage control, grid reconfiguration and adaptive protection in smart grids and genetic algorithm as an optimization tool in achieving their control objectives // Networking, Sensing and Control. 2011. № 1. P. 26–31.
12. Yanmei Li, Jingmin Wang, Shuangtao Li The Fuzzy Neural Network Model of Smart Grid Risk Evaluation Based on Bayes // Journal of Computers. 2011. № 1. P. 90–97.

Bibliography (transliterated)

1. Stognij B.S., Ky'ry'lenko O.V., Praxovny'k A.V., Deny'syuk S.P. Evolyuciya intelektual'ny'x elektry'chny'x merezh ta yixni perspekty'vy' v Ukrayini // Texnichna elektrodynamika. 2012. № 5. P. 52–67.
2. «Grids 2030». A National Vision for Electricity's Second 100 years. Office of Electric Transmission and Distribution of USA Department of Energy, 2003.
3. European Commission Directorate-General for Research Information and Communication Unit European Communities: «European Technology Platform Smart Grids, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the future», European Communities, 2006.
4. The National Energy Technology Laboratory: «A vision for the Modern Grid», March 2007.

5. News and analysis for the modernization and automation of electric power [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.smartgridnews.com>.
6. Moldernik A., Bakker V., Bosman M. G.C., Hurink J.L., Smit C.G.M. Management and Control of Domestic Smart Grid Technology // IEEE Transactions on Smart Grid. 2010. № 2. P. 375–381.
7. Zabezpechennya nadijnosti funkcionuvannya ta stijkoyi roboty` intelektual`ny`x energety`chny`x sy`stem / S.P. Deny`syuk, P.J. Tarasevy`ch, O.V. Spody`ns`ky`j ta in. // Works of the IED of the NASU. 2010. № 27. P. 27–33.
8. Stogniy B.S., Kirilenko O.V., Denisyuk S.P. Intelektualni elektrichni merezhi elektroenergetichnih sistem ta yihnye tehnologichne zabezpechennya // Texnichna elektrodynamika. 2010. № 6. P. 44–50.
9. Khosrow Moslehi, Ranjit Kumar Smart Grid – A Reliability Perspective // Innovative Smart Grid Technologies. 2010. № 2. P. 375–381.
10. Dapeng Wu, Chi Zhou Fault-Tolerant and Scalable Key Management for Smart Grid // IEEE Transactions on Smart Grid. 2010. №2. P. 375–381.
11. Ramaswamy P.C., Deconick G. Relevance of voltage control, grid reconfiguration and adaptive protection in smart grids and genetic algorithm as an optimization tool in achieving their control objectives // Networking, Sensing and Control. 2011. № 1. P. 26–31.
12. Yanmei Li, Jingmin Wang, Shuangtao Li The Fuzzy Neural Network Model of Smart Grid Risk Evaluation Based on Bayes // Journal of Computers. 2011. № 1. P. 90–97.

УДК 621.316.9

Гончаров Є.В., к.техн.н., доцент, Поляков І.В., к.техн.н., доцент,
Марков В.С., к.техн.н., доцент, Крюкова Н.В., к.техн.н., доцент,
Бойков Д.О., Скребцов М.К., Цебрюк І.В., к.техн.н., доцент

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СТРАТЕГІЙ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

У статті проведено аналіз існуючих методів розвитку і вдосконалення інформаційно-енергетичних систем. Проаналізовано низку питань щодо перспектив розвитку інформаційно-енергетичних систем та ліній електропередачі. Визначено, що основою електроенергетики є об'єднана енергетична система, яка здійснює централізоване забезпечення електроенергією внутрішніх споживачів, взаємодіє з енергосистемами суміжних країн, забезпечує експорт та імпорт електроенергії. Зроблено висновок, що за останні роки все більшої популярності набувають так звані “хмарні технології”. З аналізу сучасного стану електроенергетичної галузі слідує, що є необхідність її модернізації та вдосконалення. Відповідно, у зв'язку з переходом світової електроенергетичної галузі на енергоефективні технології, основна увага має бути спрямована на вивчення зв'язку процесів передачі та розподілу електроенергії, а також пов'язаних з цим “інтелектуальними” вимірами, питаннями роботи енергетичних ринків та дії регулюючих норм. Відзначено, що зі створенням концепції “інтелектуальних мереж” важливо розробити відповідне нормативно-правове та технічне забезпечення інтеграції розосереджених джерел енергії з використанням наявних сучасних пристроїв силової електроніки та накопичувачів, що обумовить створення платформи керування потужностями на

основі сучасних технологій. Відзначено, що можливість функціонування в режимі реального часу забезпечується за рахунок певної організації інформаційної мережі, а не електричної, що забезпечується за рахунок певної організації саме інформаційної мережі. Отримані результати аналізу свідчать, що інформаційний центр керування повинен мати достатню обчислювальну потужність та пропускну спроможність обчислювальної мережі, а також резервні обчислювальні потужності для забезпечення безперешкодного функціонування.

Ключові слова: мережеві технології, інформаційно-керуючі системи, комп'ютерні технології, енергоощадність.

Гончаров Е.В., к.техн.н., доцент, Поляков И.В., к.техн.н., доцент,
Марков В.С., к.техн.н., доцент, Крюкова Н.В., к.техн.н., доцент,
Бойков Д.А., Скребцов Н.К., Цебрюк И.В., к.техн.н., доцент

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В статье проведен анализ существующих методов развития и совершенствования информационно-энергетических систем. Проанализирован ряд вопросов относительно перспектив развития информационно-энергетических систем и линий электропередачи. Определено, что основой электроэнергетики является объединенная энергетическая система, которая осуществляет централизованное обеспечение электроэнергией внутренних потребителей, взаимодействует с энергосистемами сопредельных стран, обеспечивает экспорт и импорт электроэнергии. Сделан вывод, что за последние годы все большую популярность приобретают так называемые “облачные технологии”. Из анализа современного состояния электроэнергетической отрасли следует, что существует необходимость ее модернизации и совершенствования. Соответственно, в связи с переходом мировой электроэнергетической отрасли на энергоэффективные технологии, основное внимание должно быть направлено на изучение связи процессов передачи и распределения электроэнергии, а также связанных с этим “интеллектуальными” измерениями, вопросами работы энергетических рынков и действия регулирующих норм. Отмечено, что с созданием концепции “интеллектуальных сетей” важно разработать соответствующее нормативно-правовое и техническое обеспечение интеграции распределенных источников энергии с использованием имеющихся современных устройств силовой электроники и накопителей, что обусловит создание платформы управления мощностями на основе современных технологий. Отмечено, что возможность функционирования в режиме реального времени обеспечивается за счет определенной организации информационной сети, а не электрической, что обеспечивается за счет определенной организации именно информационной сети. Полученные результаты анализа свидетельствуют, что информационный центр управления должен иметь достаточную вычислительную мощность и пропускную способность вычислительной сети, а также резервные вычислительные мощности для обеспечения беспрепятственного функционирования.

Ключевые слова: сетевые технологии, информационно-управляющие системы, компьютерные технологии, энергосбережение.

Honcharov Ye.V., PhD, Assoc. Prof., Polyakov I.V., PhD, Assoc. Prof.,
Markov V.S., PhD, Assoc. Prof., Kryukova N.V., PhD, Assoc. Prof.,
Boykov D.A., Skrebtsov N.K., Tsebriuk I.V., PhD, Assoc. Prof.

ANALYSIS OF MODERN POWER EFFICIENT SYSTEMS DEVELOPMENT STRATEGIES

The article analyzes the existing methods and ways of developing and improving information and energy systems and grids. A number of questions are analyzed regarding the prospects for the development of information and energy systems and power lines. It has been determined that the basis of the electric power industry is the integrated energy system, which provides centralized energy supply to domestic consumers, interacts with the energy systems of neighboring countries, and ensures the export and import of electric power. It is concluded that in recent years, the so-called “cloud technologies” have become increasingly popular. From an analysis of the current state of the electric power industry, it follows that the need for its modernization and improvement. Accordingly, in connection with the transition of the world electric power industry to energy-efficient technologies, the main attention should be directed to studying the connection between the processes of transmission and distribution of electric power, as well as the related “smart” measurements, issues of the operation of energy markets and the operation of regulatory standards.. It was noted that with the creation of the concept of “smart grids”, it is important to develop appropriate regulatory and technical support for the integration of dispersed energy sources using existing modern power electronics devices and storage devices, which will lead to the creation of a capacity management platform based on modern technologies. It is noted that the possibility of functioning in real time is provided due to the specific organization of the information grid, rather than an electric grid, which is provided due to the specific organization of the information grid. The results of the analysis indicate that the control information center must have sufficient computing power and bandwidth of the computing grid as well as spare computing power capacities to permanent operability assurance.

Keywords: grid technologies, information management systems, computer technologies, energy savings.

Наукове видання

Щоквартальний науково-практичний журнал

ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

3'2020

Технічний редактор *К. О. Горбунов*

Підп. до друку 02.04.2020 р. Формат 60 × 84 1/8. Папір офсетний.
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 5,2. Наклад 300 пр. 1-й з-д 1–60.
Зам. № 170. Ціна договірна.

Видавець і виготовлювач
Видавничий центр НТУ «ХП»,
вул. Кирпичова, 2, м. Харків-2, 61002

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.