

УДК 004.93'1

О. С. Меняйленко, д-р техн. наук,

О. І. Захожай, канд. техн. наук

КОМБІНОВАНІ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ ПРИ АНАЛІЗІ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРИ КОКСОВОГО ПИРОГА

***Анотація.** Розглянуто питання використання комбінованих систем розпізнавання образів для аналізу просторового розподілу температури коксового пирога. Запропоновані технічні рішення дозволяють реалізувати інформаційну систему контролю просторового розподілу температури та підвищити якість виготовлення коксу.*

***Ключові слова:** комбінована система розпізнавання образів, просторовий розподіл температури, інформаційна система аналізу*

A. S. Menyaylenko, ScD.,

O. I. Zakhogay, PhD.

COMBINED SYSTEMS OF PATTERNS RECOGNITION IN MONITORING OF TEMPERATURE'S SPATIAL DISTRIBUTION FOR COKE PIE

***Abstract.** Considered the question of combined systems of patterns recognition in spatial distribution monitoring of temperature for coke pie. The proposed technical solutions allow implementation of information system for monitoring of the spatial distribution of temperature and increasing manufacturing quality for coke.*

***Keywords:** the combined system of patterns recognition, spatial distribution of temperature, the information system for monitoring of the spatial distribution of temperature*

A. S. Menyaylenko, д-р техн. наук,

O. I. Zakhogay, канд. техн. наук

КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КОКСОВОГО ПИРОГА

***Аннотация.** Рассмотрен вопрос применения комбинированных систем распознавания образов для анализа пространственного распределения температуры коксового пирога. Предложенные технические решения позволяют реализовать информационную систему контроля пространственного распределения температуры и повысить качество изготовления кокса.*

***Ключевые слова:** комбинированная система распознавания образов, пространственное распределение температуры, информационная система анализа*

Вступ. На сьогодні розвиток коксохімічного виробництва є стратегічним напрямком промислової політики України. Це пов'язано з тим, що значна доля українського експорту припадає на продукцію металургійної та коксохімічної промисловості. При цьому для забезпечення конкурентоспроможності, необхідне вдосконалення виробничих технологій шляхом підвищення якості виробництва та зниження його енергоємності [1 – 3].

Серед можливих напрямків вдосконалення технологічного процесу коксопікання можна назвати такі:

– зниження енерговитрат на процес коксування;

– підвищення якості коксу, що виготовляється, через впровадження нових ефективних

методів контролю якості сировини (шихти) і технологічного процесу.

З названих напрямів вдосконалення процесу виготовлення коксу слід відокремити необхідність вдосконалення технологічного процесу коксопікання через впровадження нових методів і засобів контролю і управління основними технологічними параметрами.

Серед значної кількості технологічних параметрів, що впливають на якість виготовлення коксу, особливу увагу слід приділити контролю температури коксового пирога у процесі спікання.

Аналіз питання і постановка завдання

Відповідно до встановлених норм на проведення технологічного процесу коксування [4 – 5] для отримання якісного коксу потрібно утримувати коксовий пиріг упродовж 13 – 18 годин при температурі 1100 – 1200 °С. Від рівномірності прогрівання усьо-

го об'єму коксового пирога залежить рівномірність якості коксу.

На рис. 1 показано загальний вигляд коксової батареї з боку завантаження шихти та вигляд відчиненої коксової печі з боку вивантаження коксу.



а



б

Рис. 1. Загальний вигляд коксової батареї з боку завантаження шихти (а) та вивантаження коксу (б)

Як видно з рис. 1, коксова батарея являє собою сукупність послідовно розташованих коксових печей, прогрів яких здійснюється газом, що проходить у простінках.

Для нормального ходу процесу коксування потрібен стабільний температурний режим в обігрівальних простінках. Контроль температурного режиму можливий

лише в процесі вивантаження готового коксу, оскільки нема можливості встановлення будь-яких датчиків у робочій зоні печі для безпосереднього контролю. Для контролю температури використовуються система пірометрів, що встановлюється на різних рівнях по висоті коксового пирога. Кількість пірометрів може становити від 3 (як правило, на коксохімічних підприємствах України та ряду інших держав) до 20 – 30 [6]. Використання такого підходу має декілька технічних та економічних обмежень, пов'язаних з високою вартістю пірометрів такого класу (ціна 45–60 тис. грн. з урахуванням необхідного устаткування). Використання малої кількості пірометрів зменшує економічні витрати, проте не дає змогу отримати повну інформацію про просторовий розподіл температури, а велика кількість – призводить до значних капітальних витрат. Крім цього, встановлення великої кількості пірометрів ускладнює доступ персоналу до технологічного обладнання та його обслуговування.

Фактично використання малої кількості пірометрів дозволяє здійснювати не повний моніторинг просторового розподілу температури, а лінійний розподіл уздовж осей встановлених пірометрів.

З іншого боку, відомо [1], що просторовий розподіл температури забезпечує непрямий моніторинг стану коксової печі та наявності дефектів. Проте аналіз стану коксової печі здійснюється лише за певним графіком під час візуального огляду, який потребує зупинки технологічного процесу, що значно збільшує економічні витрати і знижує продуктивність виготовлення коксу.

На рис. 2 проілюстровано метод контролю температурного режиму коксових печей з використанням пірометричних датчиків. Як приклад, показано два пірометричних датчики, що встановлюються з обох боків коксового пирога.

Під час виштовхування готового коксового пирога пірометричні датчики фіксують лінійний розподіл температури уздовж осі, обумовленої рівнем встановлення пірометрів.

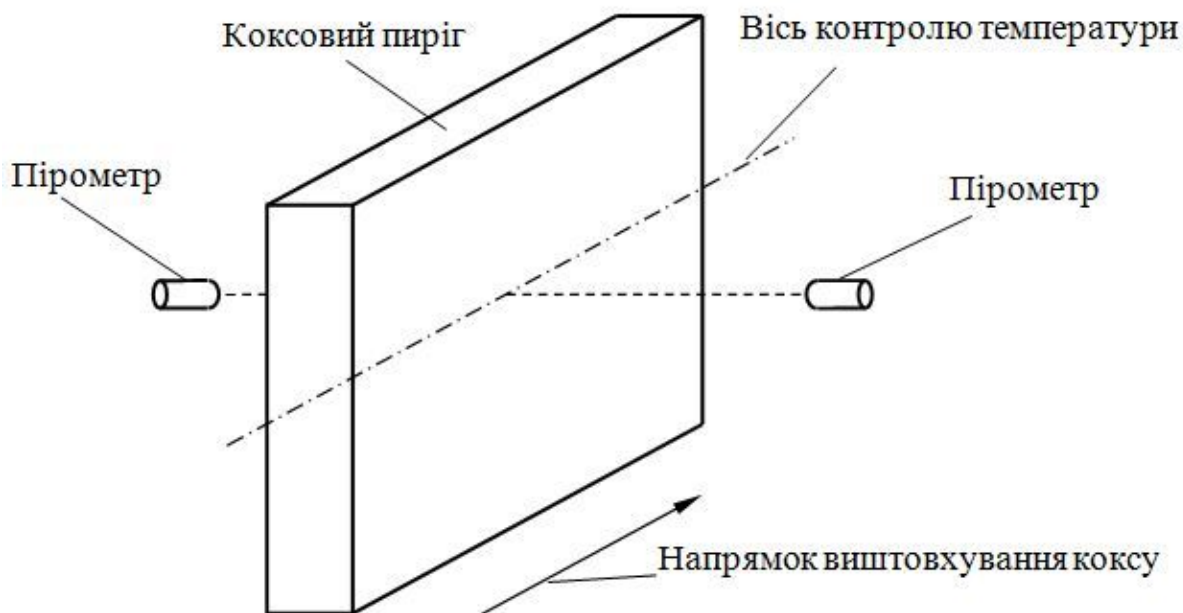


Рис. 2. Контроль температури коксового пирога пірометричними датчиками

На рис. 3 показано приклад характеристики лінійного розподілу температури коксового пирога, зафіксованої промисловим самописцем. Кожен пірометр дає змогу сформувати сигнал струму

$$I = f(t), \quad (1)$$

де I – сила струму пірометра, яка пропорційна температурі у кожній точці осі виміру; t – часова характеристика.

З іншого боку, якщо враховувати передавальну характеристику пірометра, то температура в кожній точці

$$T = f(I). \quad (2)$$

Тоді визначення лінійного розподілу температури уздовж осі контролю можливе з урахуванням швидкості виштовхування коксового пирога з камери спікання:

$$X_{x0} = \mathcal{G}(t - t_{i0}), \quad (3)$$

де X_{x0} – координата точки по осі виміру відносно початкової координати краю коксового пирога; \mathcal{G} – швидкість виштовхування коксового пирога з камери спікання; t – поточний час реєстрації точки, для якої визначається температура; t_{i0} – початковий час реєстрації температури уздовж осі виміру.

На рис. 3 цикли виміру температури уздовж осі для різних печей коксової

батареї розділяються вертикальними спадами сигналу до нуля. Аналіз лінійного розподілу температури для різних печей підтверджує той факт, що кожна піч внаслідок конструктивних особливостей має унікальний температурний розподіл. При чому спостерігається тенденція до зниження температури в зонах, наближених до дверей коксової печі. Внутрішні зони коксового пирога також не мають стабільного температурного розподілу, що дає можливість зробити висновок про неоднорідне температурне поле і різний ступінь прогрівання окремих зон коксового пирога. Усі ці факти вказують на різні температури спікання окремих зон коксового пирога, що створює додаткові умови розбіжності якості коксу, що виготовляється.

Відомий підхід [7], коли як пристрій реєстрації температурного поля використовується система технічного зору. В цьому випадку для реєстрації використовуються відеокамери, встановлені на дільниці видачі готового коксу.

Це виключає потребу встановлення значної кількості пірометрів для реєстрації температури у будь-якій точці коксового пирога.

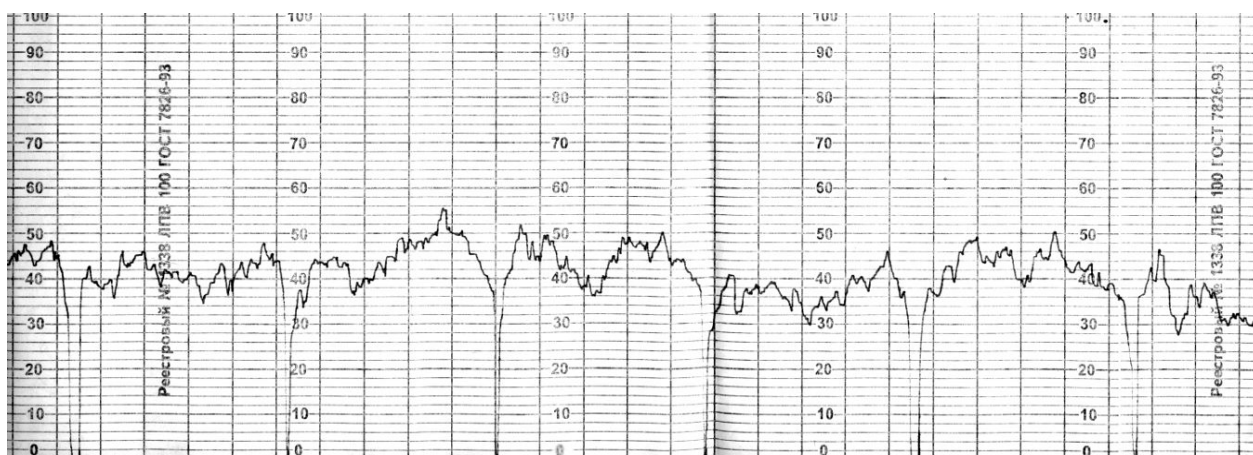


Рис. 3. Характеристика лінійного розподілу температури коксового пирога, отримана за допомогою пірометричного датчика

Проте оптична реєстрація поверхні коксового пирога здійснюється в умовах значного рівня перешкод, пов'язаних із задимленістю навколишнього середовища, атмосферними та погодними явищами тощо. Крім цього, точність реєстрації атрибутів зображення значною мірою залежить від побічних джерел світлового випромінювання, а також від структурованості освітлення. Все це суттєво впливає на отримання точних залежностей зіставлення атрибутів зображення відповідним значенням температури. Використання цього підходу можливе за умови реалізації спеціального алгоритму корекції атрибутів зображення з метою максимального наближення до відповідних лінійних розподілів температури.

Наведені вище факти вказують на необхідність вдосконалення технологічного процесу коксопикання шляхом розробки нового методу аналізу просторового розподілу температури коксових печей без використання великої кількості пірометрів. Крім цього, існує необхідність вдосконалення методико-алгоритмічної бази процесу аналізу просторового розподілу температури з метою визначення зон локального недогріву та перегріву коксового пирога, що дасть змогу контролювати стан коксової печі та виявити дефекти.

Вирішення проблеми

Пропонується використання комбінованої системи розпізнавання образів [8 – 10] з роздільним аналізом двох інформаційних

потоків від системи технічного зору та пірометричного датчика.

На відміну від методу контролю лінійного розподілу температури, розглянутого вище, інформація від пірометричного датчика використовується не як основний інформаційний потік, а як додатковий, який дає змогу засобами комбінованої системи розпізнавання образів здійснити корекцію атрибутів зображення та уточнити дані щодо просторового розподілу температури коксового пирога. Основний інформаційний канал обумовлений системою технічного зору.

В цьому випадку комбінована система розпізнавання образів описується системою двох образів P_1 і P_2 :

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 = \begin{pmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} & \dots & X_{1,n} \\ X_{2,1} & X_{2,2} & \dots & X_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m,1} & X_{m,2} & \dots & X_{m,n} \end{pmatrix}, \\ P_2 = (X(t)_1, X(t)_2, \dots, X(t)_k), \end{array} \right. \quad (4)$$

де $\{X_{m,n}\}$ – множина інформаційних ознак образу P_1 , що характеризують просторовий розподіл температури по поверхні коксового пирога; $\{X(t)_k\}$ – множина інформаційних ознак образу P_2 , що характеризують лінійний розподіл температури на одній з осей коксового пирога, згідно з рис. 2.

Множина інформаційних ознак образу P_1 фактично являє собою матрицю растрового зображення, що отримується системою технічного зору. Значення n і m обумовлені роздільною здатністю матриці системи відеореєстрації. Для аналізу просторового

розподілу температури розмірності параметрів n і m , як правило, є надлишковими, що не сприятиме мінімізації часової складності процесу аналізу образу P_1 . З метою зменшення розмірності інформаційного поля аналізу ознак образу P_1 доцільне використання методу динамічної зміни деталізації на основі низькочастотної фільтрації [11]. В результаті такого перетворення буде отриманий образ P_1' , в якому розмірності відповідають умовам

$$\begin{aligned} n' &\ll n, \\ m' &\ll m, \end{aligned} \quad (5)$$

де m' і n' – розмірності перетвореного образу P_1' .

Множина P_2 – дискретизований у часі лінійний розподіл температури, що отримується за допомогою пірометричного датчика (дискретизована залежність, подібна наведеній на рис. 3).

З метою корекції даних про просторовий розподіл температури коксового пирога та підвищення його точності під час роздільного аналізу ознак необхідно провести зіставлення образів P_1' і P_2 , оскільки вони обидва характеризують один об'єкт розпізнавання – просторовий розподіл температури коксового пирога.

Зіставлення образів P_1' і P_2 здійснюється шляхом часового суміщення ознак, отриманих у визначені проміжки часу в процесі виштовхування коксового пирога. Часове суміщення спрощується завдяки тому, що швидкість виштовхування є постійною і регламентується технологією коксування.

Зіставленню з ознаками образу P_2 піддаються ознаки образу P_1' , що характеризують розподіл температури на осі отримання лінійного розподілу. Цей процес просторово проілюстрований на рис. 4.

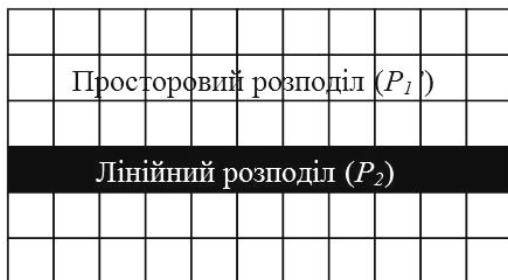


Рис. 4. Зіставлення ознак образів P_1' і P_2 на осі отримання лінійного розподілу температури

На рис. 4 чорні сегменти ілюструють ознаки образів P_1' і P_2 , що підлягають зіставленню. Просторово вони характеризують зону коксового пирога, яка лежить на осі отримання лінійного розподілу температури.

Множину ознак образу P_1' , що підлягають співставленню, позначимо як репрезентативну $\{X_{m,n}^R\}$, при чому

$$\{X_{m,n}^R\} \subset \{X_{m,n}\}. \quad (6)$$

Якщо температурну характеристику визначеної області коксового пирога, що характеризується ознакою X , позначити як $T(X)$, то умова корекції атрибутів зображення, представлених образом P_1' , буде мати вигляд

$$\forall X_{m,n}^R \in P_1', T(X_{m,n}^R) = T(X(t)_k). \quad (7)$$

Ця відповідність витікає з того, що зіставленню підлягають ознаки двох образів, які характеризують одну область коксового пирога, а відповідно, обидва образи характеризують одну й ту ж саму температуру.

У випадку, якщо для окремих областей коксового пирога умова (7) не виконується, то температурна характеристика, що відповідає поточному атрибуту зображення вважається рівною температурній характеристиці відповідної ознаки образу P_2 . Наприклад, якщо для деякої області коксового пирога, що лежить на осі контролю лінійного розподілу температури $T(X_{m,n}^R) = 1200^\circ\text{C}$, а відповідна характеристика образу P_2 : $T(X(t)_k) = 1150^\circ\text{C}$, то необхідно провести корекцію через присвоєння $T(X_{m,n}^R) = T(X(t)_k) = 1150^\circ\text{C}$.

Після зіставлення репрезентативних ознак образу P_1' з ознаками образу P_2 і корекції температурних характеристик необхідно провести корекцію інших характеристик просторового розподілу температури, що характеризуються ознаками образу P_1' для інших областей зображення коксового пирога.

Такий підхід фактично виключає потребу попереднього калібрування системи технічного зору з метою отримання достовірного розподілу температури.

Перевірка точності отримання розподілу температур відповідно до запропонованого методу здійснювалася з використанням еталонного пірометричного датчика, сертифікованого для застосування у цьому технологіч-

ному процесі. Аналіз розбіжностей температурних характеристик здійснювався на лінії встановленого еталонного датчика та відповідної осі просторового розподілу. Отримана статистична характеристика подібності була на рівні 96,3 %. А це задовольняє існуючим нормам [2].

Отримання зображення термограми дає змогу наочно зафіксувати зони локального недогріву та перегріву коксового пирога, їхні розміри та конфігурацію. У випадку, якщо на декількох технологічних циклах спостерігається повторюваність конфігурації деякої зони, це напряму вказує на наявність дефекту у відповідній точці кладки печі. Таким чином, запропонований метод уможливорює поточний контроль стану коксової печі без зупинки технологічного процесу.

Основним недоліком запропонованого підходу є необхідність використання системи технічного зору, що потребує ретельного обслуговування, особливо в умовах промислового виробництва. Крім цього, існує можливість отримання інформації про просторовий розподіл температури тільки по поверхні коксового пирога. Отримання розподілу в глибині потребує подальших досліджень у напрямку створення математичної теплової моделі коксового пирога.

Запропонований підхід щодо використання комбінованої системи розпізнавання образів для аналізу просторового розподілу температури коксового пирога був реалізований як попередній модуль обробки даних, що надходять до АСУТП «Кокс» (розробник ТОВ «Техніка МК»), яка є найбільш поширеною системою, що сертифікована для використання на коксохімічних виробництвах ряду держав, у тому числі України. На рис. 5 наведено приклад візуалізації отриманого просторового розподілу температури в інтерфейсі АСУТП «Кокс», на якому в верхній частині наведено лінійний розподіл температури, що отримується з пірометричних датчиків, а в нижній частині – остаточний, скорегований просторовий розподіл температури.

Висновки

На основі вищевикладеного можна зробити такі висновки.

1. У зв'язку зі значною частиною металургійного та коксохімічного виробництва у ВВП України вдосконалення технологічного процесу виготовлення коксу є актуальним науково-технічним завданням.

2. Аналіз існуючих підходів щодо визначення режимів коксової печі вказує на необхідність розробки нових методів і засобів контролю просторового розподілу температури з використанням меншої кількості пірометрів.

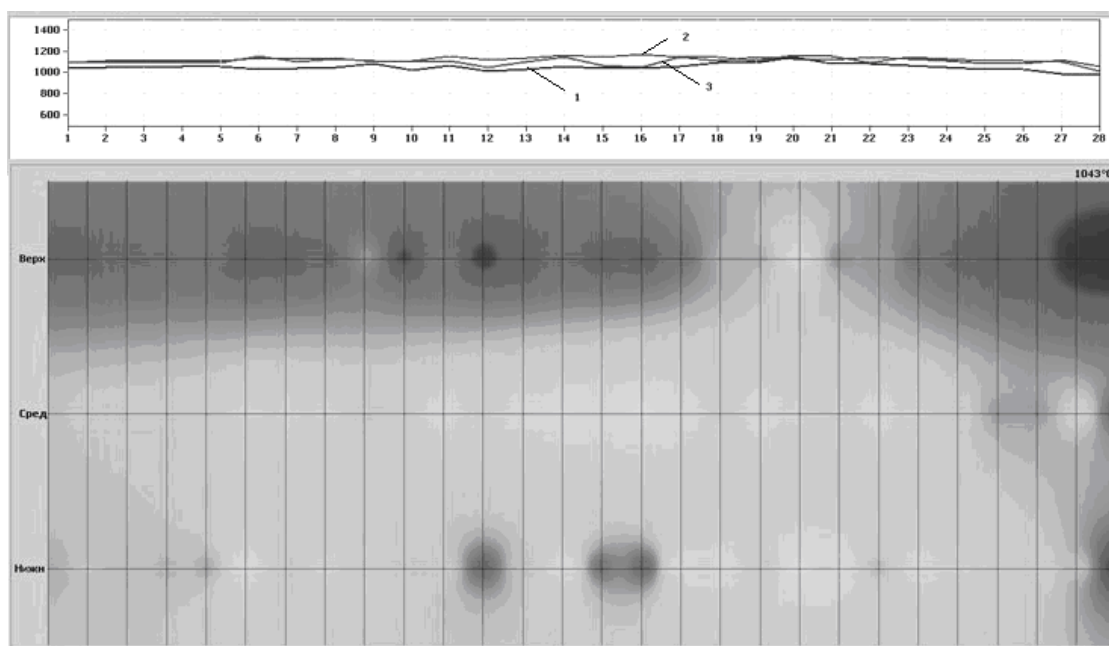


Рис. 5. Візуалізація отриманого просторового розподілу температури коксопекання в інтерфейсі АСУТП «Кокс»:

1 – верхній рівень, 2 – середній рівень, 3 – нижній рівень

3. Запропонований метод аналізу просторового розподілу температури коксового пирога базується на використанні комбінованої системи розпізнавання образів і не вимагає великої кількості пірометрів, а зіставлення інформаційних ознак дає змогу здійснити корекцію температурної характеристики з метою зниження впливу наявних перешкод реєстрації.

4. Основним недоліком запропонованого підходу є використання системи технічного зору, яка з урахуванням умов експлуатації потребує ретельного та періодичного обслуговування. Крім цього, запропоноване технічне рішення дозволяє контролювати температурний режим лише на поверхні коксового пирога.

5. В плані подальших досліджень існує необхідність розробки системи підтримки прийняття рішень щодо корекції технологічних параметрів з метою стабілізації температури коксопекання у всьому об'ємі коксового пирога. Для визначення розподілу температури в об'ємі коксового пирога потрібно розробити математичну теплову модель, для якої інформація про поверхневий розподіл буде граничними умовами.

Список використаної літератури

1. Захожай О. І. Інформаційна модель системи непрямого аналізу стану коксової печі засобами комп'ютерного зору / О. І. Захожай, А. С. Шевцова // Збірник наукових праць Донбаського державного технічного університету. – 2010. – № 30. – С. 184 – 188.

2. Сухоруков В. И. Научные основы совершенствования техники и технологии производства кокса / В. И. Сухоруков. – М. : Нефть-газ. – 1999. – 455 с.

3. Sugiura M.a , Nakagawa T.a, Arima T.a, Kato K.b, Sakaida M.c, Morizane Y.c, Sano A.d, and Irie K.e. Quantitative Influence of Coke Oven Wall Irregularity on Pushing Force, (2013), Japan, vol. 53, Iss. 4, pp. 583 – 589. ISSN: 09151559 CODEN: IINTESource Type: Journal Original language, English, doi: 10.2355/isijinternational.53.583Document Type: Article.

4. Sukhorukov V.I. Coking theory: Formation and Heating of Coke cake and Pyrolysis

of Gaseous Products, (2012), OAO Vostochnyi Nauchno-Issledovatel'skii Uglekhimskii Institut, Yekaterinburg, Russian Federation, Vol. 55, Iss. 3, March 2012, pp. 101 – 106 (In Russian). ISSN: 1068364XSource Type: Journal Original language: English, doi: 10.3103/S1068364X12030064Document Type: Article, url : <http://95.25.47.1/scimag3/10.3103/S1068364X12030064.pdf>

5. Харлампович Г. Д. Технология коксохимического производства / Г. Д. Харлампович, О. А. Кауфман. – М. : Нефть-газ. – 1995. – 384 с.

6. Liu Xiannan, Wang Zhancheng, Zhao Guozhu. Coke-oven Heating-temperature Intelligent Control System. Patent CN 101070476B; Declarant Liu Xiannan; Declared 06.22.2007; Published 05.19.2010.

7. Захожай О. І. Аналіз стану коксової печі засобами комп'ютерного зору / О. І. Захожай, А. С. Шевцова // Труды 11-ої міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології – 2010». – Одеса: Одеський нац. політехн. ун-т. – Т.1. – 2010. – С. 34–36.

8. Рябенський В. М. Комбіновані системи розпізнавання образів / В. М. Рябенський, О. І. Захожай // Журнал «Проблеми інформаційних технологій» – Херсон : ХНТУ. – № 01 (009). – 2011. – С. 156 – 160.

9. Захожай О. І. Основні аспекти структурної організації комбінованих систем розпізнавання образів / О. І. Захожай, Ю. Е. Паеранд // Вісник ХНТУ. – Херсон : № 1 (44). «Олді-Плюс». – 2012 – С. 221 – 225.

10. Захожай О. І. Селекція раціональної сукупності інформативних образів в комбінованих системах розпізнавання / О. І. Захожай // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – К. : – 2013. – № 09(85). – С. 186 – 192.

11. Захожай О. И. Применение структур цифровых фильтров для высокоскоростной обработки видеоизображений / О. И. Захожай, В. С. Дубовик // Сборник научных трудов Донбаского государственного технического ун-та. – 2013. – № 39. – С. 263 – 268.

Отримано 20.11.2013

References

1. Zakhzhay O.I. and Shevtcova A.S. Informacijna model' sistemi neprjamogo analizu stanu koksovoї pechi zasobami komp'yuternogo zoru [Information Model of the Coke furnace Condition Indirect Analysis System by Computer Vision], (2010), *Zbirnik Naukovikh Pprats' Donbas'kogo Derzhavnogo Tekhnichnogo Universitetu Publ.*, Alchevsk, Ukraine, No. 30, pp.184 – 188 (In Ukrainian).
2. Suhorukov V.I. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya tekhniki i tekhnologii proizvodstva koksa [Scientific Bases of Improvement of Equipment and Coke Production], (1999), Moscow, Russian Federation, *Neft'gaz*, 455 p. (In Russian).
3. Sugiura M.a , Nakagawa T.a, Arima,T.a, Kato K.b, Sakaida M.c, Morizane Y.c, Sano A.d , and Irie K.e. Quantitative Influence of Coke Oven Wall Irregularity on Pushing Force, (2013), Japan, Vol. 53, Iss. 4, pp. 583 – 589 (In English). ISSN: 09151559 CODEN: IINTESource Type: *Journal Original language:* English, doi: 10.2355/isijinternational. 53.583Document Type: Article
4. Sukhorukov V.I. Coking theory: Formation and Heating of Coke Cake and Pyrolysis of Gaseous Products, (2012), *ОАО Vostochnyi Nauchno-Issledovatel'skii Uglekhimskii Institut*, Yekaterinburg, Russian Federation, Vol. 55, Iss. 3, March 2012, pp. 101 – 106 (In Russian). ISSN: 1068364XSource Type: *Journal Original language:* English, doi: 10.3103/S1068364X12030064Document Type: Article, url : <http://95.25.47.1/scimag3/10.3103/S1068364X12030064.pdf>.
5. Harlampovich G.D., and Kaufman A.A. Tekhnologiya koksokhimicheskogo proizvodstva [Technology of Coke-chemical Production], (1995), Moscow, Russian Federation, *Neft'-gaz*, 384 p. (In Russian).
6. Patent CN 101070476B. Coke-oven Heating-temperature Intelligent Control System. Liu Xiannan, Wang Zhancheng, Zhao Guozhu. declarant Liu Xiannan; Declared 06.22.2007; Published 05.19.2010 (In English).
7. Zakhzhay O.I., and Shevcova A.S. Analiz stanu koksovoї pechi zasobami komp'yuternogo zoru [The Coke Furnace Condition Analysis by Computer Vision], (2010), *Trudi of 11-th International Scientific-practical Conference Modern Informational and Electronic "Technologies – 2010"* Odessa National Polytechnic University Publ., Vol. 1., Odessa, Ukraine, pp. 34 – 36 (In Ukrainian).
8. Ryabenskiy V.M., and Zakhzhay O.I. Kombinovani sistemi rozpoznavannya obraziv [Combined Systems of Patterns Recognition], *Zhurnal Problemi Informatsiynikh Tekhnologii Publ.*, Kherson, Ukraine, *Kherson National Technical University*, No. 01(009), pp.156 – 160 (In Ukrainian).
9. Zakhzhay O.I., and Paerand Yu.E. Osnovni aspekti strukturnoi organizatsii kombinovanih sistem rozpoznavannya obraziv [Main Aspects of Structural Organization of the Combine Systems of Patterns Recognition], (2012), *Bulletin of the Kherson National Technical University Publ.*, Kherson, Ukraine, *Oldi-Plyus*, No. 1(44), pp. 221 – 225 (In Ukrainian).
10. Zakhzhay O.I. Seleksiya ratsional'noi sukupnosti informativnih obraziv v kombinovanih sistemakh rozpoznavannya [Selection of Rational Aggregate of Informative Patterns in the Combined Recognition Systems], (2013), *Journal Electrotechnic and Computer Systems Publ.*, Kiev, Ukraine, No. 09(85), pp. 186 – 192 (In Ukrainian).
11. Zakhzhay O.I., and Dubovik V.S. Priimenenie struktur tsifrovnykh fil'trov dlya vysokoskorostnoi obrabotki videoizobrazhenii [Using of Digital Filters Structures for High-speed Video Processing], (2013), *Sbornik Scientific Works of Donbass State Technical Publ.*, No. 39, p.p. 263 – 268 (In Russian).



Меняйленко
Олександр Сергійович,
д.т.н., проректор з науково-педагогічної роботи Луганського нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка, вул. Оборонна, 2, Луганськ, Україна, 91011, тел. +380 642 599008



Захожай
Олег Ігорович,
к.т.н., доц. Донбаського державного техн. ун-ту, проспект Леніна, 16, Алчевськ, Україна, 94204, тел. +380 6442 20202.