

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**СТРАТЕГІЇ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ**

**Колективна монографія
за загальною редакцією**

кандидата технічних наук, доцента

Райко Галини Олександрівни

Херсон, 2019

УДК 330.111.66:005.8

C-83

Рекомендовано до друку

*Вченою Радою Херсонського національного технічного університету
(протокол №7 від 05.07.2019)*

Рецензенти:

- Фісун М.Т.** д.т.н., професор, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення Чорноморського національного університету ім. Петра Могили
- Бараненко Р.В.** к.т.н., доцент, професор кафедри професійних та спеціальних дисциплін Херсонського факультету Одеського державного університету внутрішніх справ Міністерства внутрішніх справ України

Авторський колектив: Ходаков В.Є., Соколов А.Є., Веселовська Г.В., Барташевська Ю.М., Сапрон А.В., Райко Г.О., Чебукін Ю.В., Сидорук М.В., Сидорук В.В., Данилець Є.В., Козел В.М., Цивільський Ф.М., Дроздова Є.А., Хапов Д.В., Соколова О.В., Димова Г.О., Димов В.С., Лепа Є.В., Письменний І.В., Конох І.С., Григорова А.А., Карамушка М.В.

C-83 Стратегії, моделі та інформаційні технології в системах управління : колективна монографія / За загальною редакцією Райко Г.О. – Херсон: Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2019. – 152 с.

ISBN 978-617-7783-24-3

Колективна монографія присвячена застосуванню інформатичних технологій в економіці, освіті та управлінні проектами.

Колективна монографія розрахована на фахівців у галузі економіки, інформаційних технологій, фінансів, банківництва, державного управління, науковців, викладачів, аспірантів, магістрів та студентів.

Матеріали монографії представлено у авторській редакції.

ISBN 978-617-7783-24-3

© Херсонський національний
технічний університет, 2019
© ФОП Вишемирський В.С., 2019

ЗМІСТ

1.	Khodakov V.Ye., Sokolov A.Ye., Veselovskaya G.V.	The Concepts Improving In Control Methods Of Complex Computerized Information Systems And Technologies For The Training Based On The Features Research In The Intellectual Capital Factor	5
2.	Барташевська Ю.М., Сапрон А.В.	Застосування Big Data для забезпечення безпеки корпоративної інформації	19
3.	Райко Г.О., Чебукін Ю.В.	Імплементація конвергентнісного підходу в систему управління проектами розвитку території	30
4.	Сидорук М.В., Сидорук В.В.	Тенденції розвитку і проблеми автоматизації управління корпоративними підприємствами	44
5.	Данилець Є.В.	Аналіз ключових показників діяльності інтернет- магазину	55
6.	Козел В.М.	Реінжиніринг процесів управління на основі аналізу інформаційних потоків	65
7.	Цивільський Ф.М., Дроздова Є.А.	Вплив психофізіологічних факторів на процес адаптації та навчання людини користуванню біонічним протезом	71
8.	Хапов Д.В.	Аналіз алгоритмів блокчейн-консенсусу	81

9. Соколов А.Є., Соколова О.В. Кореляційно-регресійна модель оцінки впливу природно-кліматичних факторів на освіту і рівень розвитку соціально-економічної системи 92
10. Димова Г.О., Димов В.С. Реалізація інформаційної технології ідентифікації і прогнозування стану безперервних виробництв 103
11. Лепа Є.В., Письменний І.В. Дослідження моделей прогнозування показників діяльності підприємств 114
12. Димов В.С., Димова Г.О., Конох І.С. Застосування методів голографії в задачах обробки інформації 121
13. Григорова А.А. Основні підходи до проектування системи підтримки прийняття рішень 128
14. Карамушка М.В. Система управління туристичним підприємством з використанням сучасних інформаційних технологій 141

РОЗДІЛ 10

РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ І ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ БЕЗПЕРЕРВНИХ ВИРОБНИЦТВ

Димова Г.О.

к.т.н., старший викладач кафедри автоматизації, робототехніки та мехатроніки,
Херсонський національний технічний університет

Димов В.С.

к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій,
Херсонський національний технічний університет

Технічним вуглецем (техвуглецем) називають продукт, що складається з вуглецю (вміст вуглецю близько 99%), який широко застосовується в хімічній промисловості як підсилюючий наповнювач при виробництві гум і пластичних мас, використовується у виробництві автомобільних шин і гумотехнічних виробів, а також в якості компонента, що додає пластмасам спеціальні властивості, і як пігмент в лакофарбової, полімерної та електрохімічної промисловості. Вироблений технічний вуглець може відповідати різним маркам, які відрізняються адсорбуючими властивостями, значенням рН, зольністю, вмістом сірки, міцністю гранул, насипною щільністю, змістом пилу.

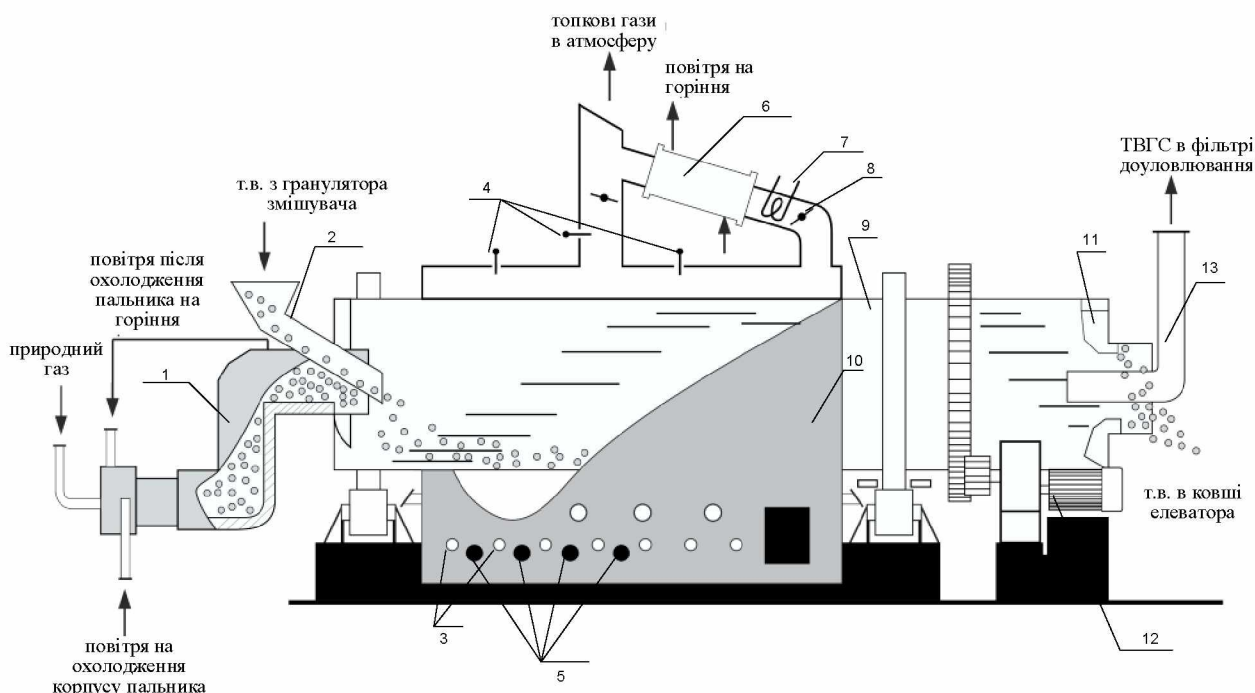
Технологічний процес отримання технічного вуглецю включає в себе наступні етапи виробництва:

- процес приготування сировинної суміші і подача її в виробництво;
- процес отримання технічного вуглецю в хімічних реакторах;
- процес уловлювання технічного вуглецю і транспортування в ділянку обробки;
- процес вологого гранулювання і сушіння технічного вуглецю;
- процес упаковки технічного вуглецю.

Гранулювання – це отримання з сипучих матеріалів порівняно однорідних за розмірами і щільності гранул [1]. Існує два основних способи гранулювання технічного вуглецю – сухий і мокрий. На ПАТ "Кременчуцький завод технічного вуглецю" грануляція здійснюється мокрим способом, тобто шляхом змішування дрібнодисперсного вуглецевого порошку з підігрітим водно-мелясовим розчином в роторному грануляторі. Після гранули техвуглецю потребують сушіння для видалення зайвої вологи і придбання потрібних фізичних властивостей. Таким чином, технологічний процес сушіння гранульованого технічного вуглецю є кінцевим етапом його виробництва.

Сушка є енергоємним процесом, який значно впливає на якість вихідного продукту. Процес сушіння здійснюється в модифікованих барабанних печах, які працюють в дуже напруженому режимі, та відбувається за рахунок підведення

тепла від топкових газів аксіального газового пальника та підведення тепла від рідкопаливних і газових пальників топки через стінки барабану. Схему сушильного барабану, розташування пальників і точок контролю температури наведено на рисунку 1.



- 1 – гази аксіального пальника,
- 2 – завантажувальний патрубок вологого техвуглецю,
- 3 – газові пальники,
- 4 – термометри контролю топкових газів,
- 5 – рідкопаливні пальники,
- 6 – теплообмінник підігріву повітря на горіння,
- 7 – теплообмінник повітря на розпил,
- 8 – регулююча засувка,
- 9 – сушильний барабан (БС),
- 10 – топкова камера,
- 11 – ковші вивантаження сухого техвуглецю (т.в.),
- 12 – моторно-редукторна група,
- 13 – патрубок виходу техвуглецево-газової суміші (ТВГС)

Рис. 1. Технологічна установка – сушильний барабан

В даний час відсутня можливість прямих вимірювань температури гранульованого вуглецю, що просувається по барабану від завантажувального торця до вивантаження. Процес сушіння характеризується нелінійною кінетичною залежністю і змінною масою матеріалу на різних ділянках барабану, що ускладнює управління процесом і знижує точність стабілізації температури вихідного продукту.

Граничні значення окремих чисельних показників процесу обробки техвуглецю наведено в табл. 1.

Процес автоматичної стабілізації температури технічного вуглецю на виході сушильного барабана значно впливає на підсумкову якість продукції. При розробці програмних засобів слід дотримуватися нижче приведеного переліку вимог (табл. 2).

Таблиця 1

Перелік чисельних показників технологічного процесу

№ п/п	Найменування показника	Чисельне значення
1	Навантаження на гранулятор по воді, кг/год	500 – 5000
2	Концентрація меляси в водно-мелясовому розчині по сухим речовинам, % не більше	1,5
3	Тиск води на вході в змішувач-гранулятор, кг / см ²	2 – 8
4	Температура води, яка подається в змішувач-гранулятор, °С	60-90
5	Масова частка вологи на виході із змішувача-гранулятора, %	40 – 55
6	Тиск природного газу перед пальниками топки, кг/см ² , не нижче	1,3
7	Температура газів на виході з сушильного барабана, °С	120 – 250
8	Температура газів в 1-й зоні топки сушильного барабана, °С, не більше	780
9	Температура газів в димовій трубі, °С, не більше	650
10	Температура техвуглецю на виході сушильного барабану, °С, не більше	115 – 200
11	Температура техвуглецю на вході в бункер готової продукції, °С, не більше	85
12	Масова частка води після сушильного барабану, %, не більше	0,9
13	Розрідження в сушильному барабані, мм вод. ст (Па), не менш	2 (19,6)
14	Розрідження в зрівняльній ємності, мм вод. ст (Па), не менш	10 (98)

Вимірювання температури здійснювалося в наступних точках технологічної схеми:

- вуглецево-газової суміші на виході барабану;
- сухого гранульованого вуглецю на виході барабану;
- в верхній частині топки в 1-й зоні;
- в верхній частині топки в 2-й зоні;
- в верхній частині топки в 3-й зоні.

Аналіз даних і отримання чисельних показників процесу керування проводився по миттєвим значенням параметрів техпроцесу, що отримані з інтервалом в 1 секунду (без усереднення).

Перелік вимог до процесу автоматичної стабілізації температури технічного вуглецю на виході сушильного барабану

№ п/п	Вимога	Найменування/ Чисельне значення
1	Мінімальна температура гранул техвуглецю на виході сушильного барабану, °С	115
2	Максимальна температура гранул техвуглецю на виході сушильного барабану, °С	190
3	Бажаний діапазон температур гранул техвуглецю на виході сушильного барабану, °С	140-160
4	Модельний розрахунок стану безперервного технологічного процесу для кожної зони вимірювання	розрахунок
5	Формування прогнозу температури техвуглецю на час, с, не менш	600 – 1200

Розв'язання задачі аналізу структури безперервного технологічного процесу виробництва технічного вуглецю було реалізовано двома методами: з урахуванням стохастичного підходу до аналізу вихідних сигналів та без урахування випадкових складових вихідного сигналу на підставі лінійних відображень множини лінійних просторів, тобто теоретико-множинний підхід. В першому підході визначається характеристичний поліном оператора моделі динамічного об'єкту, в другому – представлення у виді оператора моделі «вхід – простір станів – вихід».

Сигнал $y_o(t)$ виходу автономного об'єкта описується звичайним диференціальним рівнянням 1-го порядку [2, 3, 4]:

$$\frac{d^m y_o(t)}{dt^m} + \sum_{l=0}^{m-1} a_m \frac{d^l y_o(t)}{dt^l} = 0 \quad (1)$$

$$\left\{ \frac{d^m y_o(0)}{dt^m} \right\}, \quad m = 0, 1, 2, \dots, m-1.$$

з початковими умовами

Якщо рівняння (1) не має кратних коренів, отримаємо рішення

$$y_o(t) = \sum_{i=1}^m C_i \exp(r_i t), \quad t \leq 0$$

. Характеристичний поліном рівняння (1)

$$a_m r^m + a_{m-1} r^{m-1} + \dots + a_1 r + a_0 = 0, \quad (2)$$

де r_i – корені рівняння (1).

Рівняння (2) відображає структуру лінійного оператора (1) і встановлює взаємозв'язок між множиною коренів r_i та вектором коефіцієнтів (a_0, a_1, \dots, a_m) .

Обчислюємо коефіцієнти a_i за записами $Y_0(t)$.

Для отримання оцінок коефіцієнтів характеристичного поліному (рівняння (2)) і визначення його порядку необхідно виконати наступні операції:

1) Знайти : 1-і різниці $u_i^{(1)} = y_i - y_{i-1}$

2-і різниці $u_i^{(2)} = u_i^{(1)} - u_{i-1}^{(1)}$

...
 k-і різниці $u_i^{(k)} = u_i^{(k-1)} - u_{i-1}^{(k-1)}$

2) Для всіх різницевого рядів, попередньо перевіривши їх на виконання умов Гауса-Маркова, знайти їх дисперсії:

- для вихідного згладженого ряду;
- різницевого рядів k-го порядку ($k = 1, 2, \dots$).

3) Визначити порядок регресійного рівняння, якщо ця величина не перевищує задану точність аналого-цифрового перетворювача, то $m = k - 1$ визначає порядок диференційного оператора (1) та відповідних регресійних рівнянь

$$\hat{y}_t = a_0 + a_1 t + \dots + a_m t^m$$

Оцінка структури моделі динамічного оператора зведена до оцінки структури його характеристичного полінома. Розрахунок коренів характеристичного поліному на основі метода Лобачевського-Греффе дозволяє оцінити стійкість моделі структури динамічного об'єкту [5, 6].

Розроблено метод знаходження структури оператора динамічного об'єкта за його вихідним сигналам на основі структурних властивостей лінійних операторів та упорядкування множини вихідних сигналів, поданням їх у вигляді ганкелевих форм і ганкелевих матриць. Сформовані вимоги до моделі.

Для отримання моделі виду «вхід – стан – вихід» розглянуто модель простору станів (A, B, C, D), де A – матриця коефіцієнтів системи, B – матриця управління, C – матриця виходу, D – матриця обходу [7].

В результаті обробки вихідних сигналів отримані $2n - 1$ чисел або векторів $s_0, s_1, \dots, s_{2n-2}$. Складено симетричну ганкелеву матрицю, яка має вигляд [5]:

$$\mathbf{S} = \left\| \begin{matrix} s_0 & s_1 & s_2 & \dots & s_{n-1} \\ s_1 & s_2 & s_3 & \dots & s_n \\ s_2 & s_3 & s_4 & \dots & s_{n+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{n-1} & s_n & s_{n+1} & \dots & s_{2n-2} \end{matrix} \right\|_0^{n-1}$$

Для розгляду питання розкладеності ганкелевих матриць і отримання представлення моделі в просторі станів (A, B, C, D) перейдемо від матриці S до матриці $\mathbf{A} = \left\| a_{ik} \right\|_1^n$ ($i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n$), тієї ж розмірності. Ця матриця буде розкладеною, якщо вона може бути приведена до виду

$$\tilde{\mathbf{A}} = \left\| \begin{matrix} \mathbf{B} & \mathbf{0} \\ \mathbf{C} & \mathbf{D} \end{matrix} \right\|, \quad (3)$$

де B і D – квадратні матриці [8, 9].

Це можливо тоді і тільки тоді, коли можливе деяке розбиття всіх її індексів $1, 2, \dots, n$ на дві додаткові системи (без загальних індексів) $i_1, i_2, \dots, i_\mu; k_1, k_2, \dots, k_\nu$ ($\mu + \nu = n$) $a_{i_\alpha k_\beta} = 0$ ($\alpha = 1, 2, \dots, \mu; \beta = 1, 2, \dots, \nu$). В іншому випадку матриця A буде нерозкладною. Під перестановкою рядків в квадратній матриці $A = \|a_{ik}\|_1^n$ розуміється з'єднання перестановок рядків з такою ж перестановкою стовпців матриці A . Перестановка рядків відповідає перенумерації базисних векторів, тобто переходу від базису $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \dots, \vec{e}_n$ до нового базису $\vec{e}'_1 = \vec{e}_{j_1}, \vec{e}'_2 = \vec{e}_{j_2}, \dots, \vec{e}'_n = \vec{e}_{j_n}$, де (j_1, j_2, \dots, j_n) деяка перестановка індексів $1, 2, \dots, n$. При цьому матриця A переходить в подібну їй матрицю $\tilde{A} = T^{-1}AT$, T – деяка неособлива матриця [9, 10].

Під ν -мірним координатним підпростором в R розуміється будь-який підпростір в R з базисом $\vec{e}_{k_1}, \vec{e}_{k_2}, \dots, \vec{e}_{k_\nu}$ ($1 \leq k_1 < k_2 < \dots < k_\nu \leq n$). Матриця $A = \|a_{ik}\|_1^n$ може бути розкладена в тому і тільки в тому випадку, якщо відповідний цій матриці оператор A має ν -мірний інваріантний координатний підпростір з $\nu < n$. Отже перестановкою рядів матриця A може бути представлена у вигляді (3) і, якщо $|A| \geq 0$ і в характеристичному визначнику будь-який з головних мінорів перетворюється в нуль, то матриця A буде розкладеною.

Система з простором станів являє собою четвірку $\Sigma_i = \{T, W, X, \mathcal{B}_i\}$, де $T \subset R$ – множина моментів часу; W – алфавіт зовнішніх сигналів; X – простір станів; $\mathcal{B}_i \subset (W \times X)^T$ – множина внутрішніх станів.

Припускається, що \mathcal{B}_i задовольняє аксіомі стану

$$\{(\vec{w}_k, \vec{x}_k) \in \mathcal{B}_i, k = 1, 2, t_0 \in T, \vec{x}_1(t_0) = \vec{x}_2(t_0)\} \rightarrow \{\vec{w}_1, \vec{x}_1 \underset{t_0}{\wedge} (\vec{w}_2, \vec{x}_2) \in \mathcal{B}_i\}$$

де \vec{w}_k – вектори вихідних сигналів динамічного об'єкта; $\underset{t_0}{\wedge}$ – знак конкатенації.

$$\begin{aligned} \text{Система} \quad \sigma \vec{x} &= \mathbf{A}'\vec{x} + \mathbf{B}'\vec{u} \\ \vec{w} &= \mathbf{C}'\vec{x} + \mathbf{D}'\vec{u} \end{aligned} \quad (4)$$

визначає динамічну систему з простором станів, в якій σ – оператор зсуву в часі, $T = Z^+$ або Z – множина моментів часу (дискретна або безперервна), $Z \geq 0$.

$W = R^q, X = R^n$; $\mathcal{B}'(\mathbf{A}', \mathbf{B}', \mathbf{C}', \mathbf{D}') := \{(\vec{w}, \vec{x}) : T \rightarrow R^q \otimes R^n \mid \exists \vec{u} : T \rightarrow R^m, \text{ таке, що виконується (4)}\}$. Зовнішня поведінка системи – $\mathcal{B}_S(\mathbf{A}', \mathbf{B}', \mathbf{C}', \mathbf{D}')$. R – числова ось (проквантована або безперервна); R_q, R_n, R_m – відповідні q, n, m -мірні лінійні простори; знак: $=$ – дорівнює за визначенням; \otimes – декартовий добуток множин [8, 9].

Сформульована задача: для отриманого в результаті обробки спостережень за динамічним об'єктом q -мірного часового ряду $\vec{w}(t_0), \vec{w}(t_0 + 1), \dots, \vec{w}(t_1)$

$(-\infty \leq t_0 \leq t \leq t_1 \leq \infty)$ з $\vec{w}(t) \in R^q$ знайти динамічну модель об'єкта, яка пояснює наведені спостереження.

Вихідні сигнали динамічного об'єкта $\vec{w}(t)$ після обробки вимірювальної системою будуть багатомірними часовими рядами: $\vec{w}(0), \vec{w}(1), \dots, \vec{w}(t), \dots$ у 1-ому випадку для $T = Z_+$ і $\dots, \vec{w}(-1), \vec{w}(0), \vec{w}(1), \dots, \vec{w}(t), \dots$ у випадку 2 для $T = Z$.

На підставі вищесказаного побудовано нескінченні (векторні) ганкелеві матриці або розбита на блоки ганкелева матриця для ряду $\vec{w}(t) : Z \rightarrow R^q$

$$\begin{pmatrix} \mathcal{H}_-(\vec{w}) \\ \hline \mathcal{H}_+(\vec{w}) \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & & \\ \dots & \vec{w}(-t-1) & \vec{w}(-t) & \dots & \vec{w}(0) & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \\ \dots & \vec{w}(t-2) & \vec{w}(t-1) & \dots & \vec{w}(t'-1) & \dots \\ \dots & \vec{w}(-1) & \vec{w}(1) & \dots & \vec{w}(t') & \dots \\ \dots & \vec{w}(0) & \vec{w}(1) & \dots & \vec{w}(t'+1) & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \\ \dots & \vec{w}(t-1) & \vec{w}(t) & \dots & \vec{w}(t+t') & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \end{pmatrix} \quad (5)$$

Визначається структура в матриці (5) $\mathcal{H}(\vec{w})$. Для цього вводяться матриці H_- і H_+ (де H_- складена з рядків матриці $\mathcal{H}_-(\vec{w})$, а H_+ – з рядків матриці $\mathcal{H}_+(\vec{w})$), що $\text{rank}(H_-; H_+) = \text{rank}(\mathcal{H}_-(\vec{w}); \mathcal{H}_+(\vec{w})) =: n$.

Визначено запізнювання. З ганкелевої структури випливає, що для $t \in Z_+$ вирази

$$\begin{aligned} \rho_t &:= \text{rank } \mathcal{H}_t(\vec{w}) - \text{rank } \mathcal{H}_{t-1}(\vec{w}), \\ \rho_0 &:= \text{rank } \mathcal{H}_0(\vec{w}) \end{aligned}$$

визначають незростаючу послідовність невід'ємних цілих чисел.

Далі обчислено таке t' , що $\rho_t = \rho_{t'}$ для $t > t'$.

$$\text{col}(H_1, H_2) = \begin{pmatrix} H_1 \\ H_2 \end{pmatrix}$$

Визначено матрицю

Визначено простір станів: обчислюється ядро (ker) матриці H_1 і припускається $\mathcal{H} = H_2 \text{ ker } H_1$, де ker – ядро (нуль простору) лінійного відображення.

Визначено простір вхідних сигналів. Припущено $\vec{f}(t) := \text{col}(\vec{w}(t), \vec{x}(t))$ та $S := \text{span}\{\vec{f}(t), t \in Z\}$. Вочевидь, що проекція $\pi_x: S \rightarrow X$, що визначається рівністю $\pi_x \vec{f}(t) := \vec{x}(t)$, сюр'єктивна (тим самим S представлено як векторне розшарування над X).

Задано векторний простір U і сюр'єктивне відображення $\pi_u := S \rightarrow U$, так що $S = X \oplus U$, тобто так, що відображення $\pi := (\pi_x, \pi_u)$ бієктивно. Вочевидь, що

$U = \dim U = \dim S - \dim X$ (\dim – розмірність лінійного простору). Припустимо $\vec{u}(t) = P_u \vec{f}(t)$, де P_u – оператор проектування.

Визначені параметри системи. Для $i \in (n+m)$ вводяться числа t_i такі, що вектори $\vec{f}(t_i)$ утворюють базис простору S . Тоді $\vec{f}(t_i) = \text{col}(\vec{x}(t_i), \vec{u}(t_i))$ будуть базисом і для $X \oplus U$. Тепер визначено така $(n+q) \times (n+m)$ -матриця M , що

$$M: \begin{pmatrix} \vec{x}(t_i) \\ \vec{u}(t_i) \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \vec{x}(t_{i+1}) \\ \vec{w}(t_i) \end{pmatrix}.$$

В результаті прийнято $\vec{w}: Z \rightarrow R^q$ – спостережуваний часовий ряд і $M \in R^{(n+q) \times (n+m)}$ – побудована матриця, і розбивши її на блоки маємо

$$M := \begin{pmatrix} \mathbf{A}' & \mathbf{B}' \\ \mathbf{C}' & \mathbf{D}' \end{pmatrix}.$$

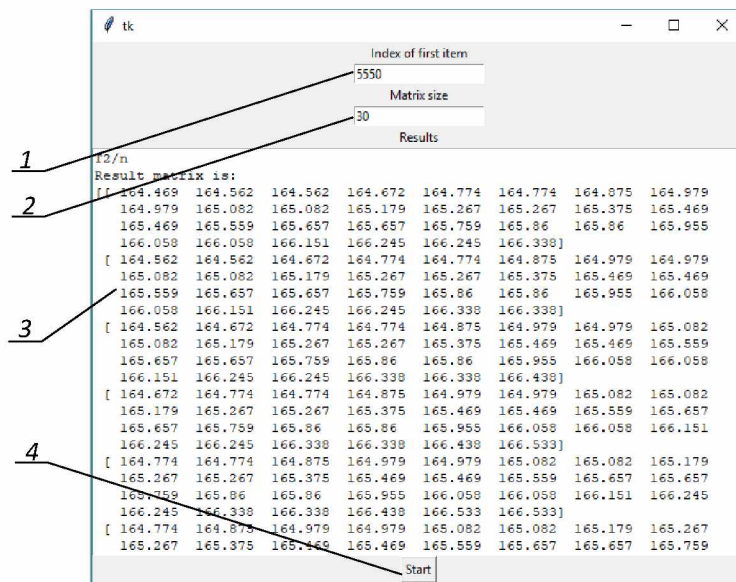
так $\mathbf{A}' \in R^{n \times n}$, $\mathbf{B}' \in R^{n \times m}$, $\mathbf{C}' \in R^{q \times n}$ і $\mathbf{D}' \in R^{q \times m}$. Тоді система $\Sigma_S(\mathbf{A}', \mathbf{B}', \mathbf{C}', \mathbf{D}')$ є найбільш сильною неспростованою моделлю з мінімальним простором станів і мінімальним числом входів для часового ряду \vec{w} .

Метод моделювання оператора динамічної системи на основі властивостей лінійних операторів та упорядкування експериментальних даних за допомогою ганкелевих квадратичних форм і матриць дозволяє вирішувати зворотні задачі динаміки на теоретико-множинному рівні в математично точній і погодженій постановці. Це призводить до поняття оптимальної точної моделі (без урахування перешкод), а саме до найбільш сильної неспростованої моделі в класі лінійних систем.

Послідовність побудови моделі оператора лінійної динамічної системи як рішення зворотної задачі динаміки – по вихідному сигналу визначити структуру оператора в просторі станів, дозволяє розробляти інформаційні технології для реальних динамічних систем в лінійному наближенні.

Для розробки програми було обрано мову програмування Python. Розробка проводилася в середовищі програмування JetBrains PyCharm – комерційному інтегрованому середовищі розробки, що дозволяє пришвидшити процес розробки на Python, а також у версії Professional Edition підтримує розробку за допомогою фреймворків Django та ряду інших. Для представлення матриць, проведення символічних та чисельних розрахунків, зображення графіків було використано сторонні бібліотеки NumPy, SymPy, matplotlib.

Вхідними даними є номер першого експериментального значення, з якого буде будуватися ганкелева матриця, або момент часу, якщо програмний додаток «Trinity-factor» підключений безпосередньо до технологічного процесу, та розмір матриці $(n-1)$. Для розрахунку характеристик системи необхідно натиснути кнопку Start. Головне вікно програми зображено на рис. 2.



- 1 – номер першого значення, з якого будується ганкелева матриця;
 2 – розмір матриці (n-1); 3 – поле отримання даних;
 4 – кнопка «Start», початок розрахунків

Рис. 2. Головне вікно знаходження оператора моделі системи

Виходячи з того, що стійкість моделі динамічної системи визначається структурою матриці A , її рангом, типом та кратністю коренів характеристичного поліному і визначається розташуванням власних значень на комплексній площині, тому програма «Trinity-factor» обчислює головні мінори побудованої ганкелевої матриці, її власні значення. За допомогою рішення різницевого рівняння, отримуються коефіцієнти характеристичного рівняння та його корені. Вікно результатів обчислень наведено на рис. 3.

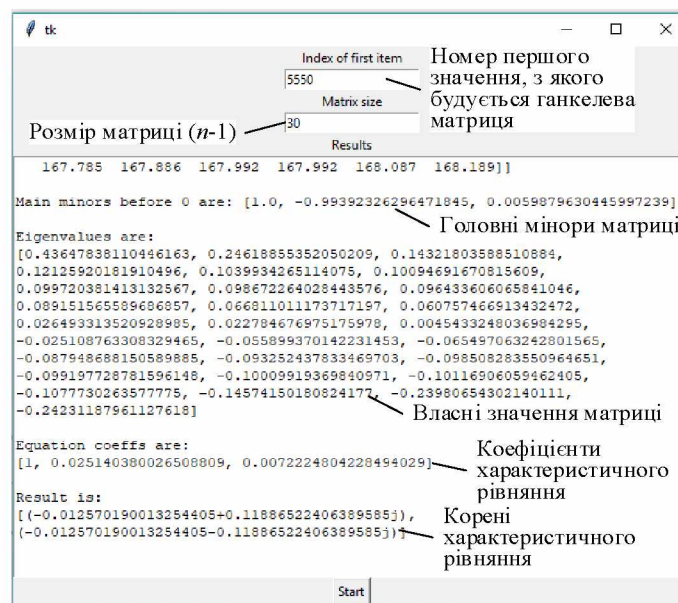


Рис. 3. Результати знаходження оператора моделі системи

На рис. 4 показані графіки температури з пристроїв контролю технологічної установки – сушильний барабан, безперервного технологічного

процесу виробництва технічного вуглецю ПАТ «Кременчуцький завод технічного вуглецю», а саме термопар контролю топкових газів, сушильного барабану та температури сухих гранул техвуглецю для досліджуваного інтервалу часу.

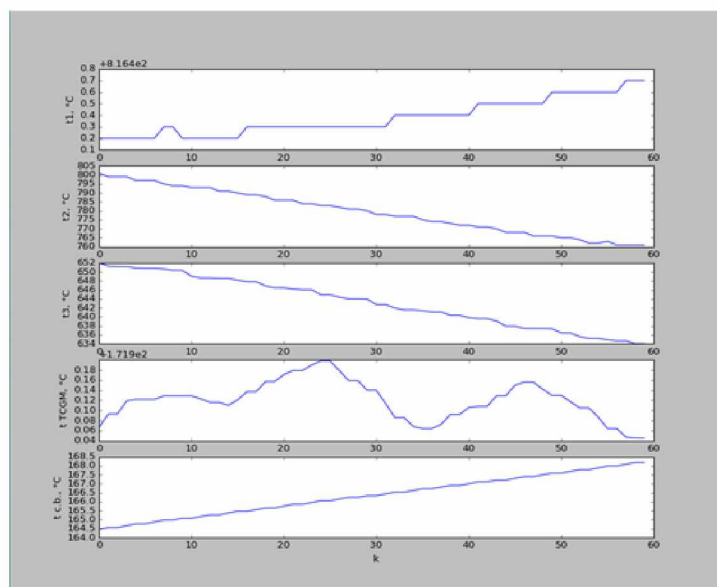


Рис. 4. Графіки температури з пристроїв контролю для досліджуваного інтервалу часу

Результати обчислень зберігаються в окремі файли MS Excel.

На підставі отриманих результатів розраховані вихідні дані для характеристичного рівняння і зроблений прогноз, похибка якого складає менш ніж 1% (табл.3).

Таблиця 3

Фрагмент таблиці результатів прогнозування стану системи для досліджуваного інтервалу часу (температура техвуглецю на виході установки)

Час	Вихідні дані, °C		Похибка, %
	експериментальні	за прогнозом	
11:33:26	167,785	168,639	0,51
11:33:27	167,886	168,687	0,48
11:33:28	167,992	168,734	0,44
11:33:29	167,992	168,781	0,47
11:33:30	168,087	168,827	0,44
11:33:31	168,189	168,874	0,41
11:33:32	168,389	168,920	0,32
11:33:33	168,492	168,966	0,28
11:33:34	168,492	169,011	0,31
11:33:35	168,588	169,057	0,28
11:33:36	168,683	169,102	0,25
11:33:37	168,683	169,147	0,28

Висновки. Проведено тестування роботи методів інформаційних технологій для контролю технологічних параметрів режиму роботи установки сушіння технічного вуглецю. В даний час у виробництво впроваджено метод знаходження оператора моделі динамічної системи, де, на відміну від раніш використовуваного контролю тільки в одній точці – в патрубку виходу техвуглецево-газової суміші (ТВГС) (зона 13, рис.1), проводиться контроль в п'яти точках – трьох умовних зонах топкової камери 10 від термопар 4, в патрубку виходу ТВГС та в ковші вивантаження сухого техвуглецю (зона 11). При наближенні температури до критичної оператор може зробити розрахунок стійкості системи в кожній точці та спрогнозувати її поведінку на найближчій час.

Список використаних джерел.

1. Ивановский В.И. Технический углерод. Процессы и аппараты: Учебное пособие. Омск: ОАО «Техуглерод», 2004. 228 с.
2. Гамецкий А.Ф., Соломон Д.И. Математическое моделирование макроэкономических процессов. Кишинев: Эврика, 1997. 313 с.
3. Гудзенко Л.И. Некоторые вопросы структуры объекта по установившемуся сигналу. Труды физического института имени П.Н. Лебедева, Т.45. 1969, С. 110-133.
4. Годунов С.К., Рябенский В.С. Разностные схемы (введение в теорию). Учебное пособие. Москва: Наука, 1977. 440 с.
5. Марасанов В.В., Димова Г.О. Евристичні підходи до аналізу динамічних об'єктів по вихідним сигналам. Проблеми інформаційних технологій, Херсон. 2017. №1(022). С. 134-141.
6. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. Москва: Наука, 1966. 664 с.
7. Сейдж Э.П., Мелса Дж. Л. Идентификация систем управления. Москва: Наука, 1974. 284 с.
8. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 560 с.
9. Ланкастер П. Теория матриц. Москва: Наука, 1978. 280 с.
10. Калман Р., Фалб П., Арбиб М. Очерки по математической теории систем. Москва: Едиториал УРСС, 2004. 400 с.

ДЛЯ НОТАТОК

Наукове видання

**СТРАТЕГІЇ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В
СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ**

Колективна монографія

ISBN 978-617-7783-24-3

*Комп'ютерна верстка: к.т.н., доцент Хапов Д.В., к.т.н., доцент Сидорук М.В.
Відповідальний за випуск: к.т.н., доцент Райко Г.О.
Дизайн обкладинки: к.т.н., доцент Данилець Є.В.*

Підписано до друку 15.10.2019. Формат 60x 84/16.
Папір офсетний. Наклад 300 примірників.
Гарнітура Times New Roman. Друк ризографія.
Ум. друк. арк. 9,84. Обл.-вид. арк. 10,58.
Замовлення № 1306.

Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В.С.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи серія ХС № 48 від 14.04.2005 р.
видано Управлінням у справах преси та інформації
73000, Україна, м. Херсон, вул. Соборна, 2,
тел. (050) 514-67-88, (050) 133-10-13,
e-mail: printvvs@gmail.com, vish_sveta@rambler.ru