

та виходом створеної системи можна побачити тільки при зміні масштабу. Значення середньоквадратичної похибки при моделюванні системи склало $1,87 \cdot 10^{-3}$, що вказує на високу ефективність запропонованого алгоритму.

1. Осовський С. *Нейронные сети для обработки информации* / Пер. с польського И.Д.Рудинського. –

1.: *Финансы и статистика*, 2002. – 344с.; ИЛ. 2. *Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф. Нейроуправление и его приложение / Перевод с английского Н.В.Батина.* – М.: ИПРИЖР, 2000. – 272с. 3. *J.E.Ackerman. "Der Entwurf lineare regelungs Systems in Zustandstraum", Regelungstech Process-Datenverarb*, 7(1972). – P. 297-300.

УДК 681.142.2

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВЕЛИЧИН ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ПРОЦЕСІ РОБОТИ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

©Тимків¹ Д.Ф., Ягода² П.А., Наследнікова³ М.А., 2006

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

²УМГ "Черкаситрансгаз"

³ВАТ "Нафтохімік Прикарпаття"

Для дослідження залежності між параметрами величини викидів NO_x і витратою паливного газу були проведені кореляційний і регресійний аналізи. Розраховані коефіцієнти кореляції і представлені рівняння регресії

Проблеми впливу великих енергоспоживаючих підприємств на навколишнє середовище в останній час набувають все більшого значення. Особливо гостро стоїть питання забруднення довкілля різноманітними викидами. Основним джерелом шкідливих речовин, які поступають в атмосферу, є продукти горіння і переробки органічних палив, тому об'єкти газотранспортної системи, обладнання яких є газоперекачувальні агрегати (ГПА) із газотурбінними приводами потребують додаткової уваги в розрізі вивчення, аналізу та зменшення впливу шкідливих викидів на навколишнє середовище.

Хоча основними продуктами згорання є оксид вуглецю та вода, додаткові продукти, незважаючи на те, що утворюються в значно менших концентраціях, надзвичайно небезпечні з точки зору екології. Доведено, що окисли азоту NO та NO_2 (разом названі NO_x) є основними реагентами при утворенні фотохімічного смогу. Крім того, реакції, в яких беруть участь NO_x , сприяють видаленню із стратосфери озону. Таким чином, проблема зменшення забруднення навколишнього середовища окислами азоту є однією з ключових для екології. Для того, щоб знаходити нові шляхи зменшення емісії окислів, необхідно чітко уявляти механізми їх утворення, проводити натуральні виміри викидів та

досліджувати дію факторів, що впливають на результуючу величину.

Іншим аспектом у необхідності проведення натуральних замірів викидів шкідливих речовин та здійснення статистичної обробки результатів досліджень є затверджений Постановою Кабінету Міністрів України №303 від 01.03.99 р. "Порядок встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору", згідно якого плата за забруднення здійснюється, виходячи з фактичних обсягів викидів. В даний час визначення обсягів викидів в атмосферу полягає у застосуванні показників питомих викидів, що, зважаючи на різні умови та режими роботи газоперекачувальних агрегатів, не є коректним.

Беззаперечно, самою об'єктивною оцінкою величини викидів буде їх натуральний замір, але результуюча величина залежить від багатьох впливаючих на неї факторів, котрі, як і сам виток, змінюються в часі та різні по вагомості впливу на параметр, що досліджується. Процес проведення вимірів витоків, зважаючи на їх велику кількість та

важкодоступність, достатньо трудомісткий і не може виконуватись безперервно в часі. Тому, як основа будь-якого експерименту, виникає необхідність статистичної обробки заміряних величин,

результатом якої буде побудова математичної моделі, що об'єднує і апріорну, і експериментальну інформацію [1].

На виконання вищевикладеного, проведено дослідження щодо залежності величини викидів NO_x від параметру витрати паливного газу. Для проведення аналізу лінійної кореляції за експериментальними даними, побудови емпіричних рівнянь прямих регресій, знаходженні залежності середнього значення величини викиду NO_x від середнього значення витрати паливного

газу вибрано ГТК 10-І компресорних станцій газопроводу "Союз", що знаходяться в зоні обслуговування УМГ "Черкаситрансгаз".

Дослідження проведені акредитованою екологічною лабораторією УМГ "Черкаситрансгаз" пристроєм для виміру витоку природного газу "HI FLOW Sampler" виробництва фірми "Bacharach". У табл. 1 наведені результати натуральних вимірів викидів забруднюючих речовин та факторів, які впливають на їх зміну.

Для з'ясування залежності між величиною викиду (η) та витратою паливного газу (ξ) проведено 13 замірів на агрегатах одного типу, але

Таблиця 1–Результати натуральних замірів

Тип ГПА	КС	Дата вимір.	Витр. пал.газу ξ , м ³ /годину	NO_x г/с
ГТК-10І	КС-12 Борова	01.11.05	3855	4,12
		01.11.05	3787	3,87
		01.11.05	3607	3,46
	КС-13 Первомайська	02.11.05	4031	3,71
		02.11.05	3563	3,21
	КС-14 Машівка	03.11.05	3600	3,58
	КС-15 Кременчук	07.06.05	2975	2,918
	КС-16 Олександрівка	30.06.05	3551	3,254
		30.06.05	3353	2,895
	КС-17 Тальне	10.06.05	3575	3,830
	КС-18 Гайсин	05.07.05	3594	3,484
	КС-19 Бар	02.08.05	3532	2,875
		03.08.05	3443	2,709
Середнє значення			3432	3,14

різних компресорних станцій та на різних режимах роботи.

Значення витрат паливного газу, що досліджувались, коливаються в діапазоні від 2 975 м³/год до 4031 м³/год, значення величин викидів від 2,918 г/с до 4,12 г/с. З метою складання впорядкованого інтервального варіаційного ряду для значень паливного газу та викидів вказаних нижче за формулою Стерджеса визначають оптимальну величину інтервалу:

$$h = \frac{\xi_{\max} - \xi_{\min}}{1 + 3.2 \lg n} \quad (1)$$

де n – кількість вимірювань.

Після розрахунку оптимальних інтервалів для значень витрат (≈ 250 м³/год) та викидів ($\approx 0,3$ г/с)

отримано кореляційну таблицю (табл.2), в кожній клітині якої вказана кількість замірів, що припадає на визначені діапазони величин значень витрат та викидів (числа m_{ij})

При розрахунку статистичних характеристик вибирають значення витрат, що попадають в даний інтервал, рівним середині c_i цього інтервалу, а величину викиду - рівну d_j середині відповідного інтервалу викиду. Розрахунок вибірових середніх, дисперсій і коефіцієнта кореляції здійснюють так [2,3]:

$$\bar{x} \approx v_1' + x_0; \quad \bar{s}_1^2 = v_2' - \frac{(v_1')^2 n}{n-1}, \quad (2)$$

$$\bar{y} \approx v_1'' + y_0; \quad \bar{s}_2^2 = v_2'' - \frac{(v_2'')^2 n}{n-1}, \quad (3)$$

Таблиця 2 – Значення величини викиду від витрати паливного газу

Викид, м ³ /год	Витрата паливного газу, м ³ /год					m'' _i
	2900-3150	3150-3400	3400-3650	3650-3900	3900-4150	
2,7-3,0	1	1	2			4
3,0-3,3			2			2
3,3-3,6			3			3
3,6-3,9			1	1	1	3
3,9-4,2				1		1
m' _i	1	1	8	2	1	13

де

$$v'_1 = \frac{\sum_{i=1}^k m'_i u_i}{n}, \quad v''_1 = \frac{\sum_{j=1}^s m''_j v_j}{n}, \quad (4)$$

$$v'_2 = \frac{\sum_{i=1}^k m'_i u_i^2}{n-1}, \quad v''_2 = \frac{\sum_{j=1}^s m''_j v_j^2}{n-1}, \quad (5)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i,j} m_{ij} u_i v_j - n v'_1 v''_1}{(n-1) \bar{s}_1 \bar{s}_2}. \quad (6)$$

Наближене значення коефіцієнта регресії розраховують так [2,3]:

$$\rho(\eta/\xi) = R(\xi, \eta) \frac{\sigma(\eta)}{\sigma(\xi)} \approx \bar{R} \frac{\bar{s}_2}{\bar{s}_1}. \quad (7)$$

Рівняння емпіричних прямих регресій має вигляд:

$$y - \bar{y} = \bar{R} \frac{\bar{s}_2}{\bar{s}_1} (x - \bar{x}). \quad (8)$$

В результаті обробки отриманих результатів вимірювань (табл. 1) і вказаних залежностей (1) ÷ (8) були отримані такі значення вказаних параметрів:

$$\bar{x} \approx 3544,23 \text{ м}^3/\text{год}; \quad \bar{y} \approx 3,33 \text{ г/с};$$

$$\bar{S}_1^2 \approx 56891,06 \text{ м}^6/\text{год}^2; \quad \bar{S}_2^2 \approx 0,174 \text{ г}^2/\text{с}^2;$$

$$\bar{v}'_1 \approx 19,23; \quad \bar{v}'_2 \approx 5729,67; \quad \bar{S}_1 \approx 238,52 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$\bar{S}_2 \approx 0,4182 \text{ г/с}; \quad v''_1 \approx -0,12; \quad v''_2 \approx 0,19;$$

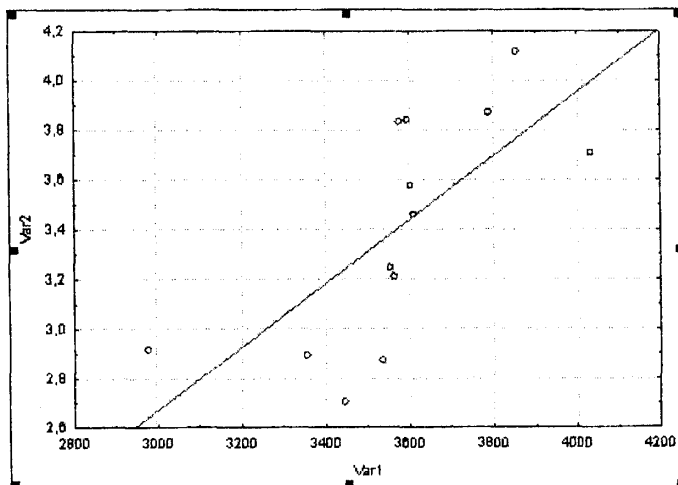
$$\bar{R} \approx 0,71; \quad \rho(\eta/\xi) \approx 0,001244.$$

В результаті рівняння прямої регресії (8) буде таким:

$$y - 3,33 = 0,001244 \cdot (x - 3544,23) = 0,001244x - 1,079, \quad (9)$$

де y – величина викиду в атмосферу NO_x , г/с; x – витрата паливного газу ГПА, м³/год.

На рис. 1 представлені результати експериментальних досліджень викидів NO_x в атмосферу по УМГ “Черкаситрансгаз”; отримана пряма лінійна регресія (9), яка може використовуватися практично іншими суб'єктами, що експлуатують ГТК10-1.

Рис. 1. Діаграма розсіювання викидів NO_x та витрату паливного газу і пряма регресії

Таким чином, за допомогою отриманого рівняння (9) для ГТК 10-І, що досліджувались, можна при реальних значеннях витрати паливного газу визначати величину викидів в атмосферу NO_x без проведення трудомістких замірів.

І.Ковалко М., Грудз В., Михалків В., Тимків Д., Шлапак Л., Ковалко О. Трубопровідний транспорт

газу.- К.: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 2002. – 600 с. 2.Шпаков П., Попов В. Статистическая обработка экспериментальных данных.- М.: Издательство Московского Государственного Горного Университета, 2003. – 268 с. 3.Гмурман В. Теория вероятностей и математическая статистика.- М.: Высш. школа, 2002. – 479 с

УДК 519.21

ДОСЛІДЖЕННЯ ЙМОВІРНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІЛІНІЙНОГО БАЗИСУ

© Хомченко¹ А.Н., Камаєва² С.О., 2006

¹Херсонський національний технічний університет

²Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Приведені результати теоретичних і експериментальних досліджень властивостей лінійного та білінійного базисів на симплекс- і мультиплекс-елементах. В результаті виявлено нові властивості білінійного базису, які пов'язані з парадоксальним явищем «третьої голки». Надано тлумачення отриманого парадоксу

Науково-технічний прогрес був би неможливим без процесу математизації науки, техніки, економіки, управління тощо. Складні математичні завдання, які раніше могли вирішуватися лише «в принципі» із-за неможливості виконання великого об'єму обчислень, зараз стали вирішуватися швидко і з високим ступенем точності, що наблизило математику до реальних потреб діяльності людини. Математичне моделювання, завдяки обчислювальній техніці, дозволило створити автоматизовані системи управління, які можуть функціонувати як в масштабах окремого підприємства, так і цілої галузі, з'явилися системи автоматизованого проектування, що вражають феноменальними можливостями машинної графіки.

Математичне моделювання дозволяє розрахувати за допомогою методів обчислювального експеримента такі процеси, які по своїй суті є недоступними для постановки дослідів. На основі математичної моделі з використанням ЕОМ проводиться вивчення пристроїв і фізичних процесів, «програється» їхня поведінка в різних умовах, знаходяться оптимальні параметри та режими діючих конструкцій або таких, що проєктуються. Сучасні дослідження різних задач все більше і більше базуються на дискретних моделях, які відкривають широкі можливості для застосування таких чисельних методів, як метод скінченних різниць

(МСР), метод скінченних елементів (МСЕ), метод граничних елементів (МГЕ) і т.д. Проте такі дослідження іноді призводять до виявлення парадоксальних явищ, яким і присвячується дана стаття.

Оскільки МСЕ – ефективний та найбільш розповсюджений обчислювальний метод для розв'язування багатьох інженерних та фізичних задач, розглянемо його детальніше. Основна ідея МСЕ полягає в тому, що будь-яку неперервну величину можна апроксимувати дискретною моделлю, яка будується на множині кусково-неперервних функцій, визначених на скінченному числі підобластей (елементів), на які розбивається область визначення досліджуваної величини. Неперервна величина апроксимується на кожному елементі поліномом (функцією форми елемента), який визначається за допомогою вузлових значень цієї величини.

В загальному випадку апроксимуючий поліном має вигляд:

$$\varphi = \sum_{\beta=1}^r N_{\beta} f_{\beta}, \quad (1)$$

причому