

Libraries, 1(1):68-88, 1997.

6. P. Buneman. Semistructured data. In Proceedings of the Symposium on Principles of Database Systems

(PODS), pages 117-121, Tucson, AZ, USA, May 1997.

7. S. Chawathe, S. Abiteboul, and J. Widom. Representing and querying changes in semistructured data. In Proceedings of the International Conference on Data Engineering (ICDE), pages 4-13, Orlando, FL, USA, February 1998.

8. M. Fernandez and D. Suciu. Optimizing regular path expressions using graph schemas. In Proceedings of the International Conference on Data Engineering (ICDE), pages 14-23, Orlando, FL, USA, February 1998.

9. M. Henzinger, T. Henzinger, and P. Kopke. Computing simulations on finite and infinite graphs. In Proceedings of the Symposium on

перетворення достатньо мати 6-7 метрологічно атестованих точок, через які можна провести Foundations of Computer Science, pages 453-462, Milwaukee, WI, USA, October 1995.

10. M. Lowe. Algebraic approach to single-pushout graph transformation. Computer Science, 109:181-224, 1993.

11. Rudolf Maure. Utilizing restrictions techniques for Efficient graph pattern matching. In

Proceedings of the International Workshop on Theory and Application of Graph Transformations (TAGT), Paderborn, Germany, November 1998.

12. A. Zuendorf. A heuristic for the subgraph isomorphism problem in executing PROGRES. Technical Report AIB 93-5, RWTH Aachen, Germany, 1993.

13. Солдатов В.Н., Чудинов И.Л., Ямпольский В.З. Банки данных в нефтяной промышленности. - Новосибирск: Наука, 1988.

УДК 681.121

АНАЛІЗ ІНТЕРПОЛЬОВАНИХ ФУНКЦІЙ ПЕРЕТВОРЕННЯ РОБОЧИХ ЕТАЛОНІВ ОБ'ЄМУ ГАЗУ

В.В.Вощинський

Спеціальне конструкторське бюро засобів автоматизації, 76000, м. Івано-Франківськ, вул. Акад. Сахарова, 32, тел. (03422) 2-34-13, e-mail: skbza@if.ukrtel.net

Приведены результаты исследования погрешностей интерполяции функций преобразования рабочего эталона объема газа.

Економія природного газу як енергоносія можлива тільки при його достовірному обліку. Тобто, використання газу повинно бути забезпечене високоточними засобами вимірювання, до яких слід віднести лічильники газу турбінного і роторного типів. За останній час вітчизняна приладобудівна промисловість забезпечена такими засобами вимірювання з поліпшеними характеристиками (похибка лічильників газу – не більше 1,0%, діапазон вимірювання 1:30, 1:50, 1:100). А це, в свою чергу, ставить наукове завдання підвищення точності установок для калібрування і перевірки лічильників газу. Необхідно зазначити, що похибка установки з робочими еталонами об'єму газу [1], в основному, залежить від похибки робочих еталонів об'єму газу і є актуальною державною проблемою.

Використовуючи алгоритм метрологічної атестації робочих еталонів об'єму газу [2], можна отримати з високою точністю їх коефіцієнт перетворення K (імп/м³) на всьому діапазоні функції перетворення. Досвід роботи з метрологічної атестації робочих еталонів ЛГЕ-25; ЛГЕ-250 і ЛГЕ-2500 свідчить, що на функції їх

The results of research of errors of interpolation of functions of transformation of the working standard of volume of gas are given.

інтерполяційну криву. Але завдання полягає в тому, щоб інтерполяційна крива була максимально наближена до проміжних точок, які знаходяться на функції перетворення робочого еталона об'єму газу. Величина такого відхилення буде визначати похибку інтерполяції функції перетворення. Тому автором проведений аналіз відомих кривих [1, 4] для інтерполяції функції перетворення робочих еталонів об'єму газу, що і є науковою новизною даної роботи.

В нашому випадку коефіцієнт перетворення K залежно від витрати Q заданий таблично. Тоді згідно з [3] інтерполяційна функція може виглядати так:

$$K = \sum_{i=0}^N (A_i \cdot Q^i), \quad (1)$$

$$K = \sum_{i=0}^N (A_i \cdot Q^{i-1}), \quad (2)$$

$$K = \sum_{i=0}^N (A_i \cdot Q^{i-2}), \quad (3)$$

$$K = \sum_{i=0}^N (A_i \cdot Q^{i-3}), \quad (4)$$



Таблиця 1 — Похибки інтерполяції функції перетворення робочого еталона об'єму газу ЛГЕ-2500

Q, м³/год.	K _E , Імп./ м³	Похибка інтерполяційної кривої, %					
		(1)	(2)	(3)	(4)	сплайни кубічні [3]	Лінійна інтерполяція
200	2623						
250,3	2625	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
380	2627	0,027	-0,013	-0,101	-0,333	0,050	0,041
502,5	2631	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
650	2638	-0,055	-0,030	0,003	0,054	-0,017	-0,060
802,3	2642	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1002	2647	-0,003	-0,029	-0,051	-0,073	-0,012	-0,016
1194	2651	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1398	2659	-0,037	-0,013	-0,003	0,013	0,005	0,012
1587	2667	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1803	2673	-0,108	-0,074	0,058	0,049	0,049	0,029
1969	2679	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2253	2688	-0,199	-0,096	-0,057	-0,039	0,029	-0,022
2442	2693	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2600	2698						

Таблиця 2 — Похибки інтерполяції функції перетворення робочого еталона об'єму газу ЛГЕ-250

Q, м³/год.	K _E , Імп./ м³	Похибка інтерполяційної кривої, %					
		(1)	(2)	(3)	(4)	сплайни кубічні [3]	лінійна інтерполяція
24,8	27788	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
40,1	27744	-0,015	-0,019	-0,009	-0,079	-0,003	0,011
50,5	27719	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
80,1	27702	-0,004	0,000	-0,005	0,008	-0,013	0,051
101,9	27714	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
130,3	27754	-0,012	-0,014	-0,012	-0,015	-0,009	0,013
162,9	27808	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
179,93	27840	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005
201,7	27884	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
220,21	27917	0,004	0,008	0,009	0,008	0,005	0,002
248,7	27969	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

де: N – кількість точок інтерполяції, $i = 0, 1, 2, \dots, N$; A – інтерполяційний поліном Лагранжа – його значення можна знайти за формулою

$$A_i = \frac{(Q - Q_0) \dots (Q - Q_{i-1})(Q - Q_{i+1}) \dots (Q - Q_N)}{(Q_1 - Q_0) \dots (Q_i - Q_{i-1})(Q_i - Q_{i+1}) \dots (Q_i - Q_N)} \quad (5)$$

Формулу (5) можна отримати також шляхом підстановки значень K і Q в рівняння (1), а отриману систему рівнянь розв'язати за методом Гаусса. В обох випадках отримуємо один і той же результат. Але використання інтерполяційної функції (1) має два недоліки: перший – при збільшенні точок зростають коливання графіка на кінцях інтерполяційної кривої, другий – якщо точки не рівновіддалені одна від другої, то коливання зростають не тільки на кінцях відрізка, але й на всій довжині інтерполяційної кривої. Тобто метрологічно атестовані точки функції перетворення робочого еталона об'єму газу не є рівновіддаленими і застосування інтерполяційної функції (1) недоцільне через великі похибки інтерполяції.

З метою зменшення похибки інтерполяції проводились дослідження інтерполяційних функцій (2,3,4).

Функція інтерполяції (2) має зменшені відхилення на протязі всього відрізка інтерполяції, але збільшує ці відхилення на кінцях. Дослідження функції інтерполяції (3) і (4) дали добрі результати, виключаючи проміжки між першою і другою та передостанньою і останньою точками інтерполяційної кривої.

Інтерполяція функції перетворення робочого еталона з допомогою кубічних сплайнів [3] дає менші похибки інтерполяції як функції (3) і (4). Якщо функція перетворення робочого еталону об'єму газу є наближеною для прямої або змінюється плавно, може бути застосована лінійна апроксимація.

Для підтвердження сказаного автором проведені експериментальні дослідження робочих еталонів об'єму газу ЛГЕ-2500 і ЛГЕ-250. Результати дослідження наведені в таблицях 1 і 2. На функції перетворення робочого еталона об'єму газу ЛГЕ-2500 (таблиця 1) були метрологічно атестовані 15 точок. В діапазоні вимірювання від 250,3 м³/год. до 2442 м³/год. були взяті 7 вузлових точок для проведення інтерполяції вказаними вище інтерполяційними функціями (2,3,4).



ціями. За проміжними точками визначено відносні похибки порівняно із інтерполяційними кривими. Найбільші відхилення дають інтерполяційні функції з наближенням в початку і кінці функції. Найменша похибка інтерполяції кубічними сплайнами, вона становить 0,05%. На функції перетворення робочого еталона об'єму газу ЛГЕ-250 (таблиця 2) були метрологічно атестовані 13 точок. В діапазоні вимірювання від 24,8 м³/год до 248,7 м³/год. були взяті 6 вузлових точок для інтерполяції вказаними вище інтерполяційними функціями. Із таблиці (2) видно, що інтерполяційні функції (1), (2), (3), кубічні сплайни мають похибку інтерполяції менше 0,05 %, тобто можуть бути застосовані для інтерполяції функції перетворення робочого еталона об'єму газу.

Проведений аналіз інтерполяційних кривих з поліномом Лагранжа (1), (2), (3), (4), кубічних сплайнів та апроксимації дає підстави зробити висновок про високу точність кривих інтерполяції. Але інтерполяція функції перетворення робочого еталона об'єму газу вимагає надзвичайно високої точності -- її значення не повинно

перевищувати 0,05 %. Тому, розглядаючи результати експериментальних досліджень, можна стверджувати про аналогічний аналіз для нових робочих еталонів об'єму газу і на цій основі вибирати функцію інтерполяції з найменшою похибкою.

Література

1. Вошинський В.С., Іроденко В.В., Вошинський В.В. Установка з еталонами об'єму газу типу УПЛГ-2500 // Методи та прилади контролю якості. — № 4. — 1999. — С.104...106.
2. Петришин І.С. Алгоритм досліджень та контролю метрологічних характеристик робочих еталонів об'єму газу // Методи та прилади контролю якості. — № 7. — 2001. — С.97...99.
3. Лященко М.Я., Головань М.С. Чисельні методи: Підручник. — К.: Либідь, 1996. — 288 с.
4. Семенов Л.А., Сирая Т.Н. Методы построения градуировочных характеристик средств измерений. — М.: Изд-во стандартов, 1986. — 128 с.

