

6 Бичурин Т. Н., Юсупов И. Г. Исследование влияния различных факторов на режим течения бурового раствора по кольцевому каналу ствола скважины // Нефтяное хозяйство. – 2001. – №4. – С. 26–30.

7 Ларін К.П. Геологорозвідувальна справа. К.: Либідь, 1996. – 326 с.

УДК 681.3:622.276

## РОЗВИТОК МЕТОДІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТА КОНЦЕНТРАЦІЇ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ БУРІННЯ

Г.Я.Ширмовський, Н.Г.Ширмовська, Г.І.Левицька, А.Ю.Левицький

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 49358

e-mail: public@nung.edu.ua

Предложена организация процедуры преобразования информационных сообщений, а также их временное распределение и представление без потерь. В качестве примера описана работа трехканальной системы, где рассмотрено временное распределение потока параметров. Для реализации процедур рационального кодирования и концентрации технологических и планово-экономических данных разработан неадаптивный метод на основании нелинейных теоретико-числовых преобразований. В процессе внедрения отмечалась высокая надежность хранения и выборки данных при ошибках в индексации информационных блоков.

Organization of procedure transformation of information messages, and also their temporal distributing and presentation without losses are offered in the article. Work of the three-channel system is as an example described, where the temporal distributing stream of parameters is considered. For realization procedures of the rational encoding and concentration technological and planned-economic data is developed non-adaptive method on the basis of nonlinear number-theoretic transformations. In the process of introduction high reliability of storage and selection of data with errors in indexation of informative blocks was mentioned.

Достатньо детально розглянуто питання дослідження потоків інформації на бурових установках, дана оцінка об'єму інформації та вибраний крок дискретизації різнотипних технологічних параметрів буріння, спроба оптимізації розподілу потоку повідомлень в інформаційно-вимірювальних системах (ІВС). Розглянемо організацію процедури перетворення інформаційних послань з її часовим розподілом без втрат.

Нехай бурова установка характеризується набором технологічних параметрів  $y_1, y_2, \dots, y_n$ . Кожен з  $y_i, i = \overline{1, n}$  характеризується періодом  $t_i$  і довжиною передачі  $\tau_i$ . Очевидно, що не за всіх  $t_i, \tau_i (i = \overline{1, n})$  можливий відбір інформації з об'єкта у разі здійснення оптимального часового ущільнення каналу чи організації оптимальної дисципліни обслуговування потоку  $y_i, i = \overline{1, n}$ . Так, за більш частой передачі інформації буде передаватись надлишкова її кількість, в іншому випадку – частина інформації буде втрачена [1].

Введемо поняття  $l_1$  – першої передачі інформаційного параметра  $y_1$ , що фактично є для початкової точки синхронізації такого розподілу в часі  $y_i, i = \overline{1, n}$ . Тоді контрольний об'єкт можна описати  $y = \{l_i, \tau_i, t_i\}_{i=1}^n$ .

Однозначність відбору параметрів  $y_i, i = \overline{1, n}$  в часі зафіксуємо обмеженням

$$t_i > l_i + \tau_i.$$

Визначаємо ряд співвідношень можливості часового розподілу  $y_i, i = \overline{1, n}$ .

Якщо як змінну  $k_i$  прийняти період, то  $y_i^{(k_i)}$  є початком передачі інформації від  $i$ -тої компоненти набору  $y_i, i = \overline{1, n}$  в  $k_i$  період. За  $k_i = \{0, 1, 2, \dots\}$  – набір цілих чисел  $y_i$  можна визначити

$$y_i^{(k_i)} = l_i + k_i \cdot t_i.$$

Оскільки  $y_i^{(k_i)}$  – момент часу початку передачі  $i$ -тої компоненти, то наступна передача інформації можлива як мінімум через  $\tau_i$ , що відповідає моменту

$$y_i^{(k_i)} = y_i^{(k_i)} + \tau_i.$$

Виконання нерівності  $y_i^{(k_i)} - y_i^{(k_i)} \geq \tau_i$  відповідає часовому критерію розподілу сусідніх ординат  $y_i$  і  $y_j$  за  $i \neq j$ .

Для більш жорстких обмежень  $l_i, t_i, \tau_i, (i = \overline{1, n})$ , що може призвести до більш глибокого аналізу критеріїв часового розподілу. Введемо цілочисельну шкалу їх значень.

Нехай  $t_{ij} = t_i \Lambda t_j$ , де  $\Lambda$  – символ операції логічного множення, причому для взаємно простих чисел  $t_i, t_j$  величина  $t_{ij}$  – найбільш загальний дільник (НЗД), що відповідно до Китай-

надлишкові групи  $y_1, y_2$ , викликані малим періодом  $t_1 = t_2 = 0.5t_3$ .

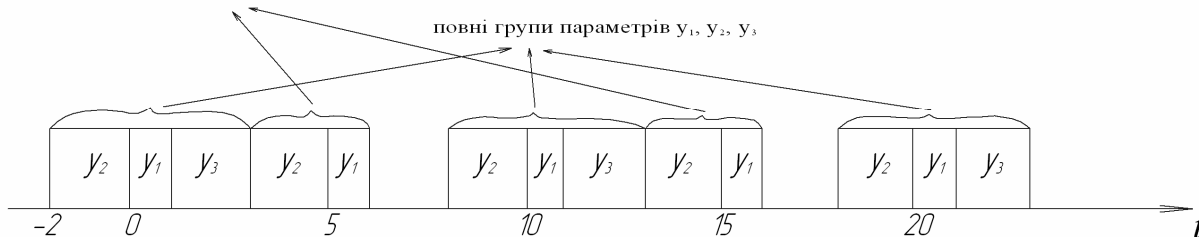


Рисунок 1 — Часовий розподіл ординат  $y_1, y_2, y_3$

ської теореми про різниці забезпечує однозначність представлення набору  $l_i, t_i, \tau_i$ .

Так, для триканальної системи попарні суми довжини передачі  $y_1, y_2, y_3$  можна записати так:

$$\begin{aligned} \tau_1 + \tau_2 &\leq t_{12} = t_1 \wedge t_2 = c_{12}; \\ \tau_2 + \tau_3 &\leq t_{23} = t_2 \wedge t_3 = c_{23}; \\ \tau_1 + \tau_3 &\leq t_{13} = t_1 \wedge t_3 = c_{13}, \end{aligned} \quad (1)$$

а загальна довжина передачі  $y_1, y_2, y_3$  буде відображена так:

$$c_{123} = k_{123} t_{123} \leq \left[ \frac{t_{12} + t_{23} + t_{13}}{2t_{123}} \right] t_{123},$$

де  $t_{123} = t_1 \wedge t_2 \wedge t_3$ , тобто  $\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 \leq c_{123}$ .

Для знаходження початків першої передачі  $l_1, l_2, l_3$  (тобто фактичної синхронізації в часі початку параметрів  $y_1, y_2, y_3$ ) введемо позначення

$$\begin{aligned} l_1 - l_2 &= l_{12}; \\ l_2 - l_3 &= l_{23}; \\ l_1 - l_3 &= l_{13}. \end{aligned}$$

В свою чергу, значення  $l_{12}, l_{23}, l_{13}$  можна визначити на основі розв'язку діофантових рівнянь

$$\begin{aligned} l_{12} &\equiv \delta_{12} \pmod{t_{12}}; \\ l_{23} &\equiv \delta_{23} \pmod{t_{23}}; \\ l_{13} &\equiv \delta_{13} \pmod{t_{13}}. \end{aligned}$$

Числа  $\delta_{12}, \delta_{23}, \delta_{13}$  обмежені величинами [1]

$$\begin{aligned} \tau_2 &\leq \delta_{12} \leq t_{12} - \tau_1; \\ \tau_3 &\leq \delta_{23} \leq t_{23} - \tau_2; \\ \tau_{12} &\leq \delta_{13} \leq t_{13} - \tau_3. \end{aligned} \quad (2)$$

Для ілюстрації описаного часового розподілу параметрів  $y_1, y_2, y_3$  для триканальної системи розглянемо приклад.

Періоди передачі інформації

$$t_1 = 5; t_2 = 5; t_3 = 10.$$

Тривалість передачі

$$\tau_1 = 1; \tau_2 = 2; \tau_3 = 2.$$

Визначимо найменше загальне кратне (НЗК):

$$t_{12} = 5; t_{23} = 5; t_{13} = 5; t_{123} = t_1 \wedge t_2 \wedge t_3 = 5.$$

$$c_{123} = \left[ \frac{5 + 5 + 5}{2 \cdot 5} \right] \cdot 5 = 5.$$

Виконання критеріїв визначимо на основі відношень (1):

$$\begin{aligned} \tau_1 + \tau_2 &= 3 \leq 5 = t_{12}; \\ \tau_2 + \tau_3 &= 5 \leq 5 = t_{23}; \\ \tau_1 + \tau_3 &= 4 \leq 5 = t_{13}. \end{aligned}$$

Критичні оцінки витримані. Відповідно, для поставленої умови часовий розподіл можливий.

На основі (2) визначимо початкові моменти передачі ординат  $y_1, y_2, y_3$ . Для цього приймемо значення:

$$\begin{aligned} \delta_{23} = \tau_3 &= 2; \quad \delta_{13} = \tau_{13} = 1; \\ \delta_{12} &= c_{123} - \delta_{23} - \delta_{13} = 2. \end{aligned}$$

Тоді якщо  $l_1 = 0$ , то  $l_2 = -2$ , а  $l_3 = 1$ .

Ілюстрація часового розподілу  $y_1, y_2, y_3$  для даного прикладу зображена на рис. 1.

Розглянута послідовність операцій для часового розподілу послідовності параметрів досліджуваного об'єкта, як і інші традиційні методи збору інформації, має той недолік, що про стан об'єкта можна робити висновки на значному часовому проміжку. Так, для розглянутого прикладу з трьома параметрами періодичність відбору інформації поступово розтягується в часі внаслідок різної періодичності і розмірності кожного з параметрів. Таким чином, зростає потреба у комутаторах термінальних приладів та їх адаптації на зміну ситуації досліджуваного об'єкта. Все це вимагає зрештою створення більш вдосконалених методів кодування і перенесення інформації в ІВС із можливостями розпаралелення потоку інформаційних повідомлень та створення кодових посилок, які містять інформацію щодо всього набору технологічної інформації про об'єкт у фіксовані моменти часу.

Більш перспективним напрямом реалізації процедур раціонального кодування та концентрації масивів технологічних і планово-економічних даних в ІВС буріння є розроблення і практичне впровадження неадаптивних методів на основі нелінійних теоретико-числових перетворень системи залишкових класів (СЗК) [2]. Ці методи характеризуються виключно простими процедурами перетворення і представляють практичну цінність в ІВС автоматизованих систем управління (АСУ) буріння, де надлишок

первинної інформації сягає 90% за високих швидкостей створення повідомлень [2].

Запропонована процедура кодування повідомлень виконується так [3].

Телеметрична інформація досліджуваного об'єкта на деякому інтервалі часу  $\overline{1, n}$  описується матрицею

$$y_{ij} = \begin{pmatrix} y_{11}y_{12}\dots y_{k1}\dots y_{n1} \\ y_{12}y_{22}\dots y_{k2}\dots y_{n2} \\ \dots \\ y_{1k}y_{2k}\dots y_{kk}\dots y_{nk} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де:  $y_{ij}$  – сигнал  $i$ -го рівня  $j$ -го вимірювання чи каналу;  $k$  – число каналів;  $n$  – число відліків ( $n > k$ ). Матриця (3) однозначно представляється матрицею різниці шляхом нелінійного перетворення елементів

$$b_{ij} = \text{res } y_{ij} \pmod{P_j},$$

де  $P_j > 2 \max \{y_{ij} - y_{i-1, j}\}$ .

Причому однозначність відновлення  $y_{ij}$  виконується за рекурентною процедурою [2]

$$y_{ij} = \tilde{E} \left[ \frac{y_{i-1, j} - b_{ij}}{P_j} \right] \cdot P_j + b_{i-1, j}, \quad (4)$$

де  $\tilde{E}$  – цілочисельна функція з закругленням до меншого. При цьому періодично на інтервалі часу  $\overline{1, n}$  необхідно доповнити  $b_{ij}$  рангами  $R_j$  для обчислення опірних ординат

$$y_{ij} = R_j P_j + b_{ij}, \quad (5)$$

де  $R_j = \tilde{E} \left[ y_{ij} / P_j \right]$ .

Виникає необхідність у введенні додаткового модуля кодування  $P_{k+1}$  для ресстрації  $R_j$ . При цьому діапазони квантування  $A_1 \div A_k$  телеметричних даних по каналах  $P_1 \div P_k$  визначаються виразом

$$A_j = (P_{k+1} - 1)P_j + (P_j - 1),$$

або виразом

$$A_j = P_j P_{k+1} - 1.$$

Сформований двовимірний масив описується матрицею

$$\begin{pmatrix} b_{11}\dots b_{k1}b_{k+1,1}\dots b_{n1} \\ \dots \\ b_{1k}\dots b_{kk}b_{k+1,k}\dots b_{nk} \\ R_1\dots R_k X_{k+1}\dots X_n \end{pmatrix}, \quad (6)$$

де:  $b_{11} - b_{nk}$  – залишки телеметричної інформації;  $X_{k+1} - X_n$  – вільні позиції каналу  $k+1$ .

Для забезпечення локальної незалежності даних, що кодуються, переносяться і концентруються на всіх рівнях автоматизованих систем управління необхідно суміщення технологічних і планово-економічних даних в одному файлі. З цією метою символи  $X_{k+1} - X_n$  використовую-

ємо для кодування планово-економічних даних. Величина  $n$  вибирається залежно від рівня помилок, які виникають під час перенесення інформації по каналах зв'язку чи у випадку скупчення в накопичувачах.

Кінцевим етапом перетворення інформації є кодування стовпчиків матриці (6) в СЗК

$$N_i = \text{res } \sum C_{ij} B_j \pmod{\rho}, \quad (7)$$

де:  $C_{ij}$  – вектор-стовпчик матриці (6);

$$B_j, \rho = \prod_{j=1}^{k+1} P_j - \text{ортогональні бази і уза-$$

гальнений модуль перетворення СЗК.

Таким чином, до моменту перенесення інформації матриця (5) перетвориться у вектор-рядок  $N_i, i = \overline{1, n}$ , який відображає стан досліджуваного об'єкта на інтервалі часу  $\overline{1, k}$  за  $k$  технологічними параметрами, а на інтервалі часу  $\overline{k+1, n}$  додатково введеної поточної планово-економічної інформації.

Реалізація наведеної процедури дає змогу зменшити об'єм інформації, яка реєструється на розвідувальній буровій в 5-8 разів порівняно з традиційними методами перетворення даних [2].

Основними позитивними результатами наведеної процедури перетворення даних є:

1) під час організації циклічного опитування групи бурових, передавання 6-ти технологічних параметрів та планово-економічних даних, включаючи добовий рапорт бурового майстра, інтервал дискретизації не перевищує 2,4 с;

2) стрімко знижуються вимоги щодо пропускної здатності каналів зв'язку і ресструючої апаратури, оскільки швидкість створення повідомлень на свердловині не перевищує 32 біт/с;

3) роздільність каналів телеметричних і планово-економічних даних, а також їх верстка в одне кодове слово  $N_i, i = \overline{1, n}$  допускає використання високоефективних коригуючих АН – кодів;

4) спрощується концентрація даних по деяких розвідувальних свердловинах.

Розглянута процедура перетворення

$$\|y_{ij}\| \Rightarrow \|b_{ij}, R_i \vee X_i\| \Rightarrow \{N_i\}, i = \overline{1, n}$$

описується розгорнутою формулою перетворення даних

$$N_i = \text{res } \left( \sum_{j=1}^k b_{ij} B_j + R_i B_{k+1} \vee X_i B_{k+1} \right) \pmod{\rho},$$

де:  $\vee$  – символ операції логічного додавання;  $B_{k+1}, P_{k+1}$  – ортогональний базис і модуль кодування елементів в  $k+1$  векторного рядка матриці (6).

В ряді випадків існують ситуації на діючій буровій, під час яких рівень електромагнітних полів настільки високий, що створюються шуми в лініях зв'язку в 30 і більше вольт. Розроблення засобів захисту ліній зв'язку від дії електромагнітних завад (особливо з врахуванням

		$T = 1m(\text{позиції } 1-25)$																		
$N_1$	$P_0$	0	0	2	2	2	2	0	0	0	...	0	2	2	2	2	0	0	0	...
	$P_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	...	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	...
	$P_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	...	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	...
	$P_3$	$b_3$	$b_3$	$b_3$	$b_3$	$b_3$	$b_3$	$b_3$	$b_3$	$b_3$	...	$b_3$	$b_3$	$b_3$	$b_3$	$b_3$	$b_3$	$b_3$	$b_3$	...
	$P_4$	X	X	$R_3$	$R_2$	$R_1$	$C_1$	X	X	X	...	X	$R_3$	$R_2$	$R_1$	$C_1$	X	X	X	...
$N_2$	$P_0$	1	1	3	3	3	3	1	1	1	...	1	3	3	3	3	1	1	1	...
	$P_1$	$b_4$	$b_4$	$b_4$	$b_4$	$b_4$	$b_4$	$b_4$	$b_4$	$b_4$	...	$b_4$	$b_4$	$b_4$	$b_4$	$b_4$	$b_4$	$b_4$	$b_4$	...
	$P_2$	$b_5$	$b_5$	$b_5$	$b_5$	$b_5$	$b_5$	$b_5$	$b_5$	$b_5$	...	$b_5$	$b_5$	$b_5$	$b_5$	$b_5$	$b_5$	$b_5$	$b_5$	...
	$P_3$	$b_6$	$b_6$	$b_6$	$b_6$	$b_6$	$b_6$	$b_6$	$b_6$	$b_6$	...	$b_6$	$b_6$	$b_6$	$b_6$	$b_6$	$b_6$	$b_6$	$b_6$	...
	$P_4$	X	X	$R_6$	$R_5$	$R_4$	$C_2$	X	X	X	...	X	$R_6$	$R_5$	$R_4$	$C_2$	X	X	X	...

Рисунок 2 — Групування телеметричних даних в кодові слова  $N_{i1}$  і  $N_{i2}$

іскробезпеки як невід’ємної вимоги до апаратури на буровій) є складним завданням, що призводить до значного подорожчання апаратури загалом. В останні роки розробниками значна увага приділяється використанню оптоволоконних ліній зв’язку, перевага яких стає все більш очевидною [4]. Ці лінії зв’язку дають можливість:

- забезпечити обмін з зовнішнім середовищем з швидкістю не менше  $10^6-10^7$  байт/с;
- розширити частотний діапазон сигналів керування до  $10^{14}-10^{15}$  Гц з одночасним збільшенням інформаційної швидкості в  $10^6$  разів;
- вести не тільки введення–виведення інформації по оптичному каналу, але й здійснювати безпосередній візуальний контроль і читання;
- забезпечити високу надійність і практично повний заводозахист від електричних полів;
- різко зменшити масу ліній зв’язку, замінивши їх дешевим скловолокном;
- створити лінії зв’язку з повною іскробезпекою.

В [5] запропоновано конкретне технічне вирішення перенесення  $N_i$  в ІВС. З врахуванням [4] вимоги до протяжності оптичного каналу можна виразити так:

$$L = \frac{F - A}{\alpha} + L_B, \quad (8)$$

де:  $F$  – запас потужності волотрона, дБм;  
 $A$  – втрати потужності в нероз’ємних з’єднаннях, дБм;  
 $\alpha$  – коефіцієнт затухання оптоволоконного кабеля, дБ/км;  
 $L_B$  – довжина оптичного тракту волотрона, км.

Використання стандартного електричного з’єднання СНП-34, що широко використовується в пристроях ЕОМ, і виконання залежності

(7) дає можливість будувати лінії зв’язку на основі волотронів, які забезпечують потрібну конструктивну сумісність з електронними пристроями.

Найчастіше в ІВС використовуються ієрархічні структури концентруючих під час перенесення даних з позиційним кодуванням відношень. Ієрархічну структуру концентруючих повідомлень планово-економічного характеру в ІВС практично не вдається привести до зваженого дерева породжує значний надлишок кодування. Тому доцільним є приведення повідомлень, які передаються, до реляційної структури з використанням ефективного кодування атрибутів співвідношень.

Для ідентифікації концентруючих даних  $N_i$  та визначення початку інформаційного блока вводиться нульова позиція рангу  $R_0$ , яка відображає стан досліджуваної свердловини в нульовий момент часу.

Для забезпечення єдиного формату кодів слів  $N_i$  для їх безпосереднього введення, оброблення та зберігання в ЕОМ за кількості контрольних параметрів джерела інформації, що перевищує  $k$ , запропоновано групування телеметричних каналів в кодових словах  $N_i$ . Інформаційний блок на інтервалі 60 с з кроком дискретизації 2,4 с демонструвався потоком двох кодів слів  $N_{i1}$  і  $N_{i2}$ . Кожен з блоків (рис. 2) містить 5 цифрових каналів:

- $P_0 = 5$  – канал захисту від помилок за допомогою AN-коду;
- $P_1 = 7, P_2 = 9, P_3 = 13$  – канали телеметрії технологічних параметрів;
- $P_4 = 16$  – канал рангів, стан свердловини та даних добового рапорту бурового майстра.

$N_{i1}$  містить інформацію про вагу інструмента, швидкість обертання ротора та розхід на вході свердловини, а  $N_{i2}$  – про моменти на роторі, тиск в маніфольдній лінії та проходці. Одночасне формування на свердловині двох кодових слів  $N_{i1}$  і  $N_{i2}$  дає змогу підвищити надійність передавання інформації у разі виникнення помилок, доводячи ймовірність помилок для телеметричних даних до  $10^{-4}$  і  $10^{-6}$  – для планово-економічних даних [6]. Дане вирівнювання здійснено шляхом дублювання передавання планово-економічних показників одночасно в двох кодових словах  $N_{i1}$  і  $N_{i2}$ .

Викладені процедури кодування, перенесення та концентрації даних в ІВС базуються на неадаптивних методах стиснення інформації, що визначає високу надійність зберігання і вибірки даних у разі виникнення помилок в індексації інформаційних блоків.

### Література

1 Амебраев В.М., Васильев В.И., Гуревич И.М., Пек И.Т. Распределение регулярных потоков сообщений в информационных системах. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1980. – 144 с.

2 Николайчук Я.Н., Ширмовский Г.Я., Процюк В.Р. Компактное кодирование сообщений в многоуровневой системе баз данных // УсиМ. – 1984. – № 1. – С. 102-107.

3 Николайчук Я.Н., Процюк В.Р., Ширмовский Г.Я. Эффективное кодирование суточного рапорта бурового мастера для формализованного ввода в ЭВМ // Экспресс-информация Сер. Экономика и управление. – М.: ВНИИОЭНГ, 1986. – Вып. 7. – С. 29-33.

4 Носов Ю.Р. и др. Волстроны – элементная база оптоволоконных линий связи терминальных устройств. ЕС ЭВМ / В кн.: Оптоэлектронные устройства в приборостроении и информатике: Тезисы докладов Всесоюзного семинара по оптоэлектронике. – Тбилиси, 1985. – С. 19-21.

5 Николайчук Я.Н., Ширмовский Г.Я. Многоканальная система волоконно-оптической связи с уплотнением данных в унитарном коде СОК / В кн.: Оптоэлектронные устройства в приборостроении и информатике: Тезисы докладов Всесоюзного семинара по оптоэлектронике. – Тбилиси, 1985. – С. 280-282.

6 Ширмовский Г.Я. Исследование вопросов повышения достоверности формирования и передачи информации о процессе бурения // Автоматизация и телемеханизация нефтяной и газовой промышленности. – 1983. – № 6. – С. 8-9.

УДК 681.5.015: 621.04.029

## АЛГОРИТМІЧНА СТРУКТУРА КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Ю.Є.Бляут

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067  
e-mail: public@nung.edu.ua

*Рассматриваются уравнение динамики и алгоритмическая структура камеры сгорания. Для анализа использован закон сохранения массы, уравнения Менделеева-Клапейрона и преобразование по Лапласу. Алгоритмическая структура может быть использована для синтеза систем автоматизации процессов управления газоперекачивающими агрегатами*

*Equalization of dynamics and algorithmic structure of combustion chamber is examined. For an analysis the law of saving of mass, equalization of Mendeleev-Clapairon and transformation is used after Laplass. An algorithmic structure can be used for the synthesis of automation of processes of management compressor over aggregates.*

Камера згоряння є одним із головних елементів газоперкачувального агрегату (ГПА) як об'єкта керування. Для створення алгоритмічної структури системи автоматизованого керування параметрами ГПА необхідні алгоритмічні структури кожного елемента ГПА, в тому числі і камери згоряння [1]. Проте, аналіз літературних джерел [1, 2, 3] свідчить про недостатній обсяг проведених досліджень в напрямку створення адекватних математичних моделей камер згоряння, придатних для вирішення задач автоматизації процесів керування ГПА та захисту їх від помпажу. Тому метою даної роботи є розроблення алгоритмічної структури камери згоряння газоперкачувального агрегату,

призначеної для створення алгоритмічної структури системи автоматичного керування ГПА докачуючої компресорної станції підземного сховища газу.

У камері згоряння відбувається ізобарний процес підвищення внутрішньої енергії робочого тіла за рахунок спалювання пального. Цей процес характеризується такими співвідношеннями [1]:

$$P = const, \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}, \quad (1)$$

де:  $P$  – тиск;

$V_1, T_1$  – об'єм і температура повітря на вході в камеру згоряння;