ISSN 1993-9981 Методи та прилади контролю якості, № 19, 2007

УДК 681.3:622.276

ВИБІР КРОКУ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ І КВАНТУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ БУРОВИХ ВИРОБНИЦТВ

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

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, тел. (8-03422) 493-58

Предложено решение задачи отбора диапазона квантирования по уровню технологических параметров процесса бурения. Обосновано время формирования кода информационного состояния процесса бурения, что базируется на соблюдении ряда системных требований, а также условий неадаптивности и параллельности процедур отбора информации на буровой. Это позволило рекомендовать оптимальный интервал времени формирования кадра идентификации информационного состояния технологического процесса бурения равным 2,3 с.

Solution of task of selection range of quantum on the level of technological parameters of drilling process is offered in the article. The ground of time of code forming of the informative state of the drilling process, that is based on observance of some system requirements, and also terms of non-adaptiveness and parallelism procedures of selection the information on chisel to recommend an optimum interval of time of forming the shot of identification the informative technological process of drilling equal 2,3 s is described.

Основою для метрологічного аналізу процесів дискретизації і квантування інформації в інформаційних системах буріння (ІСБ) служить методика і методологічні прийоми формування повідомлень для квазістаціонарних джерел інформації [1].

Дослідження кореляційних і структурних функцій технологічних параметрів буріння при різних інформаційних станах бурової установки для різних регіонів показують значний рівень нестаціонарності статистичних характеристик [2]. Відомі методи вибору кроку дискретизації недостатньо ефективні для обґрунтування параметрів дискретизації в конкретних умовах, тому що засновані на моделях стаціонарного випадкового процесу.

Обґрунтування вибору параметрів дискретизації і квантування інформації є однією з складних і трудомістких теоретико-алгоритмічних задач. Методологічно вибір параметрів дискретизації та квантування квазістаціонарних процесів базується на завищеному кроці дискретизації. Це в середньому на порядок вище інтервалу кореляції найбільш динамічних параметрів при похибці вимірювання 1%, що також на порядок підвищує необхідну точність при статистичних розрахунках [3].

Розв’язок задачі вибору діапазону квантування по рівню технологічних параметрів процесу буріння пов’язаний з необхідністю враховувати такі системні вимоги:

- забезпечення метрологічної відповідності діапазону квантування кожного параметру з класом точності первинного перетворювача комплексу контролю процесу буріння;
- облік всіх параметрів, які використовуються для обробки даних на буровій установці;
- облік способу кодування і представлення результатів вимірювання в цифровому виді персоналу бурової;
- облік способу представлення кодів для реєстрації даних на ПЕОМ;
- облік параметрів процедур обробки інформації в реальному масштабі часу.

Клас точності давачів контролю технологічних процесів буріння не перевищує 2,5; що відповідає точності дозволу і не перевищує 64 рівня квантування. При передачі телеметричної інформації аналоговим способом допускається клас точності 4,0; що не перевищує 32 рівні квантування. Для забезпечення метрологічних вимог при повірці приладів похибка вимірювання взірцевого приладу повинна бути не менш, ніж в три рази

меншою похибки приладу, який підлягає повірці. Відомо, що похибка вимірювання цифрових приладів не перевищує одного рівня квантування. Тому діапазон квантування технологічних процесів буріння повинен бути не меншим 256 рівнів квантування (8 біт) для передачі телеметричної інформації і не менше 1024 рівнів квантування (10 біт) для відображення і обробки даних на буровій.

В даний час існує широкий клас аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) в мікросхемному використанні, що забезпечують діапазон квантування уніфікованих вихідних сигналів давачів в межах 5-16 двійкових розрядів. При вбудуванні автономного АЦП в кожний сигнал легко реалізується принцип одночасності вимірювання, паралельності обробки інформації в кожному каналі, мобільності каналів та підвищення надійності інформаційно-вимірювальних систем в цілому. Для спрощення алгоритмів ідентифікації інформаційного стану процесу буріння доцільно використання АЦП, що забезпечують формування вихідних кодів з наступними параметрами [4]:

- унітарні коди або послідовні двійково-десяткові коди середніх значень технологічних параметрів, представлених в дійсних одиницях для відображення процесу буріння в цифровій формі повинні бути з числом рівнів квантування, що не перевищує 1024 [5];
- унітарні коди параметрів для статистичного кореляційного аналізу процесу буріння в реальному масштабі часу повинні бути з діапазоном квантування, що не перевищує 16 рівнів [6];
- послідовні двійкові коди немасштабних уніфікованих сигналів давачів повинні бути з числом рівнів квантування не більше 256 [7].

Для обміну даних в процесі буріння, а також організації діалогу з операторами термінальних пунктів управління на рівні бурової потрібна видача інформації про технологічний процес в стандартному коді. В розглянутому випадку необхідно 3 байти для представлення одного відліку телеметрії або 3 чотири розрядних двійково-десяткових коди [1].

Квазістаціонарні процеси можуть мати такі типи нестаціонарності:

1) за математичним сподіванням $M_x(i)$;

2) за дисперсією $D_x(i)$;

3) за спектральною функцією $S_{x\omega}(i)$, де $i = 1,2,3,...$ - дискретна ознака поточного часу.

Введемо поняття характеристичного параметру λ, який є зручною оцінкою втрати повідомлень і зумовлений дискретизацією процесу. Якщо відома нормована автокореляційна функція процесу $R_{xx}(i)$, то значення λ можна визначити за допомогою такої залежності:

$$\lambda = \frac{\sqrt{2}}{\Delta\xi}\sqrt{1-R_{xx}(i)}, \qquad (1)$$

де $\Delta\xi = \Delta x/\tau$ - приведена (нормована) величина запасу норми, $\Delta x = x_{i+1} - x_i$ - приріст поточної ординати по відношенню до попередньої в інтервалі дискретизації, τ - середньоквадратичне відхилення контрольного параметру.

На основі формули (1), коли відома нормована автокореляційна функція $R_{xx}(i)$ чи хоча б її початкова віддаль, при витримуванні допустимої похибки вимірювання можна знайти значення $\Delta t_{доп}$ - допустимого кроку дискретизації, як абсцису перетину графіка $R_{xx}(i)$ з прямою, паралельною осі абсцис, віддаленої від дотичної $R_{xx}(1)$ на величину $\delta = 0{,}045\Delta x_i^2 = 0{,}0449$.

Типи нестаціонарності бурової установки:

для технологічного параметра – навантаження на долоті

$$M_x(i) = var,\ D_x(i) = const,\ S_{x\omega}(i) = const;$$

для технологічного параметра – момент на трубах

$$M_x(i) = const,\ D_x(i) = var,\ S_{x\omega}(i) = var;$$

для технологічного параметра - тиск на маніфольді

$$M_x(i) = var,\ D_x(i) = var,\ S_{x\omega}(i) = var;$$

для технологічного параметра - витрата бурової рідини

$$M_x(i) = const,\ D_x(i) = const,\ S_{x\omega}(i) = var.$$

В даній роботі розглянемо перший та другий випадки, як найбільш типові та такі, що відповідають різній динаміці технологічних процесів буріння. Для всіх чотирьох випадків

обробці підлягало по 300 дискретних звітів в кожному, що відповідає інтервалові часу 306-1683с.

На рис.1 представлена залежність зміни навантаження на долото для трьох найбільш типових ділянок технологічного процесу, на рис.2 представлені залежності їх нормованих автокореляційних функцій. Враховуючи, що графіки представлених вимірювань технологічних параметрів процесу буріння виконувались з діаграм самопишучих приладів бурової установки, потрібна фільтрація процесів від високочастотних складових. Фільтрація необхідна перш за все тому, що вібрації установки буріння і всього обладнання, що знаходяться на ній, приводять до викривлення записів самописців.

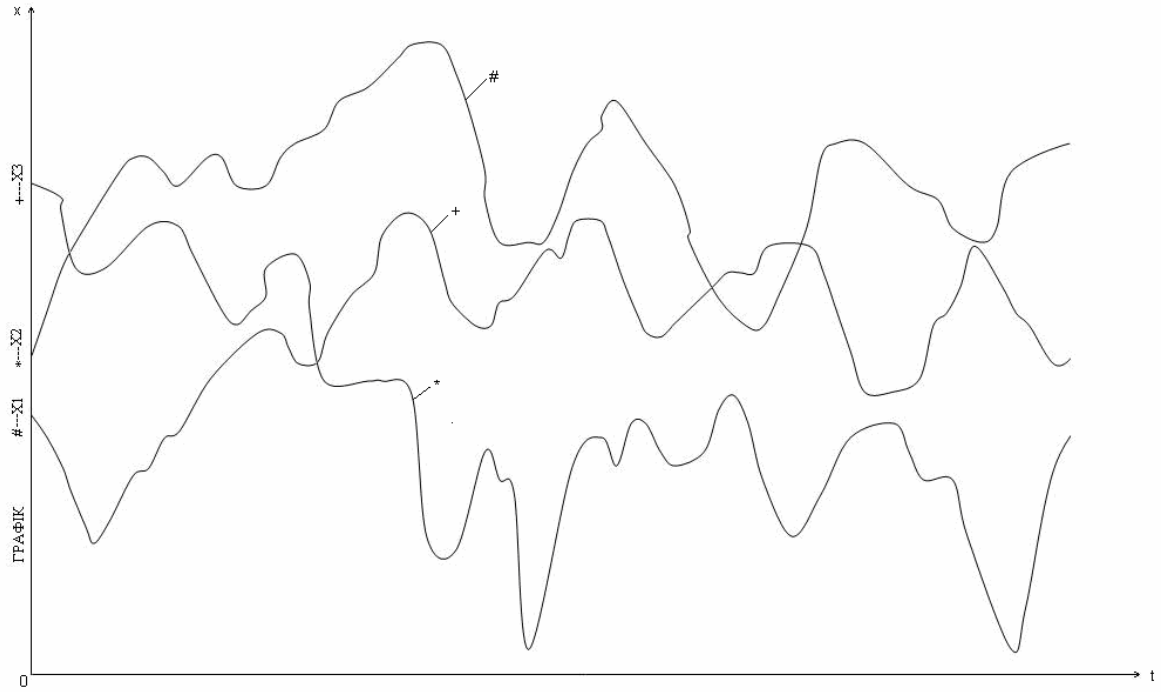


Рисунок 1 - Графік реалізації навантаження на долоті

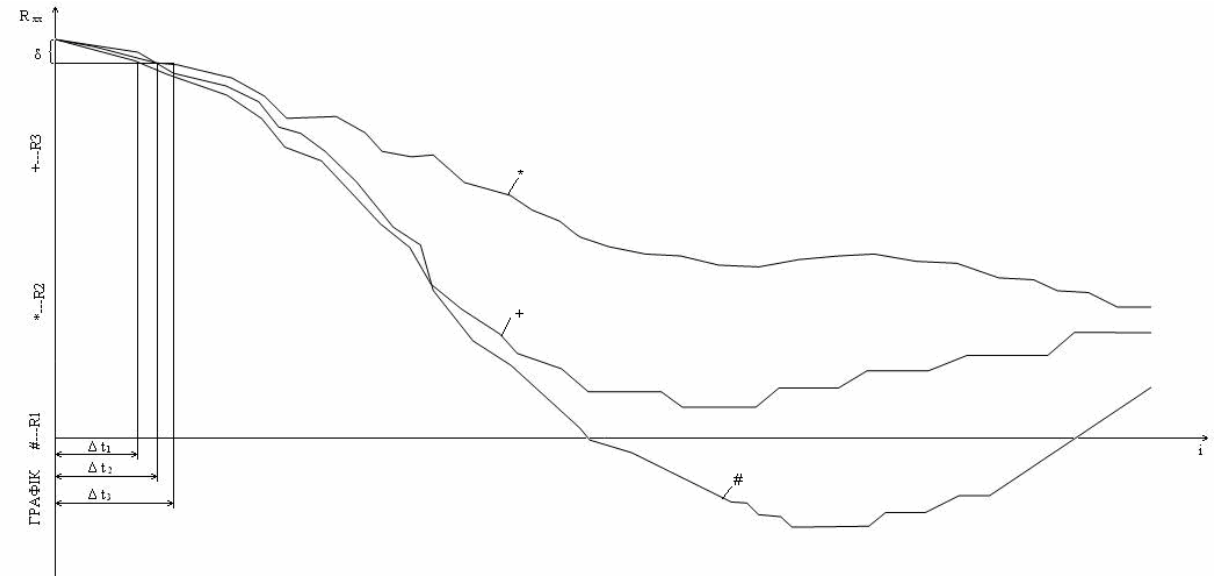


Рисунок 2 - Графік функції автокореляції на долоті

Для квазістаціонарних процесів, статистичні характеристики яких поволі змінюються в часі, час дискретизації $\Delta t_{\max} = 1{,}7\Delta t_{доп}$. Перевищення значення $\Delta t_{\max}$ є не бажаним, так як це приводить до швидкого збільшення втрачених повідомлень, зумовлених дискретністю централізованого контролю. Тоді для параметру – навантаження на долоті при заданому кроці квантування δ для першої "#", другої "*" та третьої "+" дільниць процесу буріння кроки дискретизації складають 4,54 с, 5,45 с, 3,81 с відповідно (рис.2).

Для аналізу на рис. 3 вибрана реалізація технологічного процесу буріння, що представляє момент на трубах. Реалізація характеризується нестаціонарністю другого типу. Розраховані значення нормованої автокореляційної функції для трьох дільниць технологічного процесу представлені на рис.4. Часові інтервали дискретизації для кожного з дільниць складають 2,04 с, 3,23 с та 1,02 с.

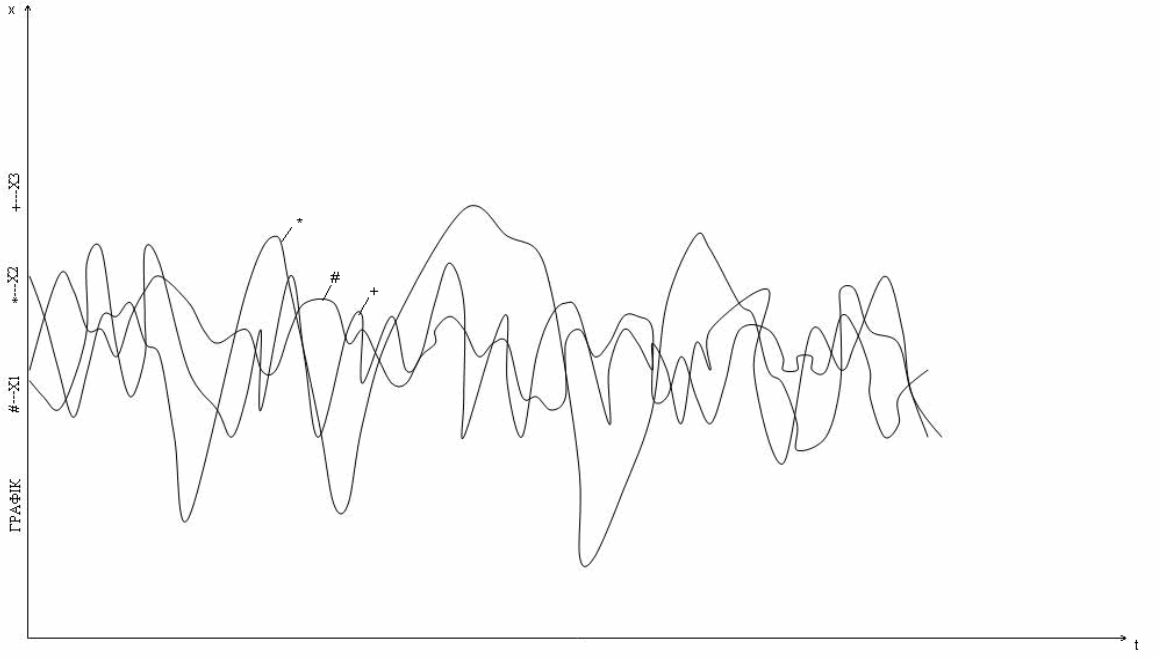


Рисунок 3 - Графік реалізації моменту на .трубах

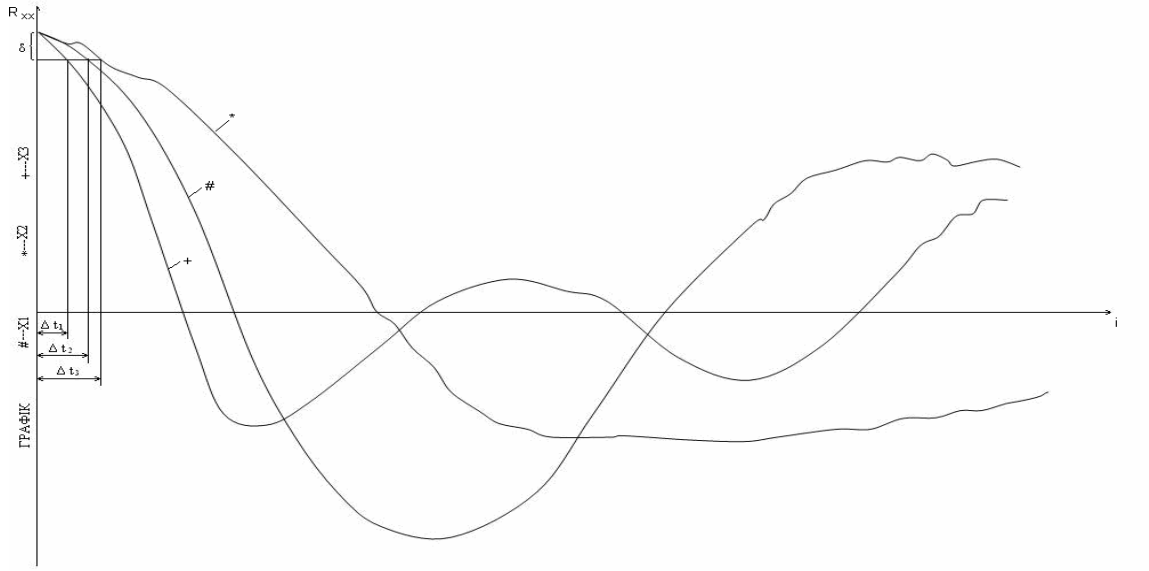


Рисунок 4 - Графік функції автокореляції моменту на трубах

Поведінка технологічного параметру тиску на маніфольді для трьох найбільш типових дільниць відповідає третьому типу нестаціонарності. Крок дискретизації при заданому рівні квантування δ рівний 1,36 с, 4,42 с та 1,53 с.

Для параметру буріння – витрата бурової рідини – четвертий тип нестаціонарності.

Крок дискретизації для кожної з ділянок відповідно рівний 5,61 с, 2,38 с, 4,0 с .

Значна різноманітність динамічності окремих груп технологічних параметрів процесу буріння не дозволяють визначити конкретно рекомендовані параметри дискретизації в часі процесів буріння.

Задача вибору параметрів дискретних процесів буріння для ідентифікації інформаційного стану бурової установки повинна розв'язуватись за допомогою ПЕОМ, так як відсутність процедур фільтрації перешкод високої частоти на цій стадії приводить до підвищення частоти дискретизації більше, ніж на порядок.

Іншими системними задачами, які впливають на конкретні параметри технологічних параметрів, є такі:

- вибір числа каналів інформаційно-вимірювальних систем,
- пропускна здатність по швидкодії і передачі інформації,
- обчислювальні ресурси алгоритмів даних.

Інтервал дискретизації процесів буріння повинен також узгоджуватися з пропускною здатністю оператора і його часом реакції на візуально представлені в цифровому виді дані.

Таким чином, обґрунтування вибору параметрів дискретизації процесів буріння можна звести до трьох випадків:

1) обґрунтування інтервалу дискретизації для кореляційної обробки процесів буріння в реальному масштабі часу,

2) вибір інтервалу дискретизації для представлення даних оператору,

3) визначення кроку дискретизації для формування кадру ідентифікуючого інформаційного стану бурової установки.

Виходячи з вимог точності кореляційного аналізу, частота дискретизації випадкового процесу, що аналізується, повинна на 1-2 порядки перевищувати частоту, що визначається по інтервалу кореляції [3]. Враховуючи, що інтервал кореляції найбільш динамічних параметрів технологічного процесу буріння знаходиться в межах 4-8 с, шуканий параметр для розгляданого випадку повинен знаходитись в межах 10-25 Гц [4]. При інформаційній потужності відліку 0,5 байт це приведе до швидкості створення повідомлення 40-100 біт/с.

Результати досліджень психологічно сумісної частоти наданих даних оператору показують, що вона знаходиться в межах 1,8-2,6с. В інформаційно-вимірювальних системах буріння найбільш раціональним потрібно вважати інтервали дискретизації 2 с, 2,4 с та 2,5 с, що відповідає представленню оператору 30, 25 та 24 повідомлення в хвилину [4]. При інформаційній потужності відліку 12 біт швидкість створення повідомлень знаходиться в межах 5-6 біт/с.

Обґрунтування часу формування кадру інформаційного стану процесу буріння потрібно засновувати на наступних системних вимогах:

- кадр, який ідентифікує інформаційний стан процесу буріння, повинен використовуватись оператором після передачі на диспетчерський пункт управління в якості візуального повідомлення значень цифрових відліків параметрів, що контролюються;
- інформація кадрів, які зберігаються в пам'яті ПЕОМ після інтерполяції, повинна використовуватись для відновлення дискретних параметрів технологічного процесу буріння;
- інформаційні кадри повинні використовуватись для оперативного керування;
- результати статистичної обробки параметрів буріння повинні надаватись з інтервалом дискретизації, узгодженим з інтервалом кореляції найбільш динамічного параметра, для здійснення коректування параметрів інформаційної моделі процесу буріння та видачі керуючих сигналів цифровим регулятором.

Дотримання перерахованих вимог, а також умов неадаптивності та паралельності процедур відбору інформації на буровій дозволить рекомендувати в якості оптимального інтервалу часу інтервал формування кадру ідентифікації інформаційного стану технологічного процесу буріння, рівний 2,4 с. При цьому швидкість створення повідомлень

визначається сумуванням швидкостей трьох інформаційних потоків: телеметричної інформації, коду інформаційного стану установки буріння та результатів статистичної обробки.

Проведений аналіз динаміки та статистичних властивостей технологічних параметрів буріння показує, що останні характеризуються квазістаціонарними властивостями, зумовленими повільними і стрибкоподібними змінами $M_x(i)$, $D_x(i)$, $S_{x\omega}(i)$. Це визначає динаміку зміни швидкості створення повідомлень дослідницьким джерелом інформації в межах 40-100 біт/с при внутрішній ентропії джерела порядку 6-20 біт/с. Одержані результати підтверджують доцільність реалізації на рівні бурової методом скорочення надлишку та концентрації повідомлень, вибір конкретних типів яких вимагає проведення більш глибоких досліджень.

Література

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

2. Николайчук Я.Н. Разработка и исследование эффективных методов и устройств формирования сообщений для низовых сетей АСУТП бурения. Автореферат дис. … канд. техн. наук. – Киев, 1979.

3. Романенко А.Ф., Сергеев Г.А. Вопросы прикладного анализа случайных процессов. – М.: Сов.радио,1986. – 255 с.

4. Белима А.С., Болычевцев А.Д., Гребень И.И. Теоретические основы централизованного контроля технологических процессов. – К.: Вища школа, 1973. – 242 с.

5. Николайчук Я.Н., Ширмовский Г.Я. Рациональное кодирование и концентрация данных в низовой сети АСУТП бурения // Автоматизация и телемеханизация нефтяной и газовой промышленности. – 1983, №3. – С.7-8.

6. Грибанов Ю.И., Веселова Г.П., Андреев В.Н. Автоматические цифровые корреляторы. – М.: Энергия, 1971. – 240 с.

7. Таджибаев Т.М., Якубенков К.Д. Система диспетчерского телеконтроля и управления бурения скважин. – М.: ВНИИОЭНГ, 1985. – 44 с.