

# ПРОЦЕДУРА ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ СИГНАЛІВ В ЯДЕРНО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Олег Бухало

Фізико-механічний інститут НАН України, 290601, Львів, вул. Наукова, 5, тел. (0322)65-43-51, факс (0322)64-94-27, E-mail: pcmm @ ah.ipm.lviv.ua

Дано короткий огляд методів вимірювальних перетворень стохастичних імпульсних сигналів, що виникають на виході детекторів ядерних випромінювань при ядерно-геофізичних дослідженнях свердловин. Використовуючи модель сигналу розглянуто методи відбору, передачі і обробки вимірювальної інформації. Наведено алгоритми оцінок інформативних параметрів стохастичних імпульсних сигналів. Розглянуто відповідні інформаційно-вимірювальні системи і принципи їх метрологічного забезпечення.

## ВСТУП

При реалізації ядерно-геофізичних методів пошуку і оцінки вмісту корисних копалин в свердловинах вимірювальна процедура ґрунтуються на реакціях взаємодії ядерного випромінювання з речовиною і схемах розпаду радіоактивних ядер. В загальному випадку інформаційними характеристиками потоку нейтронів чи гама-квантів є густота потоку, функція зміни густоти потоку в часі, енергетичний склад випромінювання. Зв'язок згаданих характеристик з фізичними параметрами речовини визначають шляхом розв'язку рівнянь переносу нейтронів чи гама-квантів і їх дифузії [1], на основі чого створюють алгоритми обробки вимірювальної інформації.

## 1. МОДЕЛЬ СИГНАЛУ ДЕТЕКТОРА ЯДЕРНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

Потоки нейтронів чи гама-квантів перетворюють відповідними детекторами у випадкову (пуасонову) послідовність імпульсів певної форми, їх амплітудний розподіл характеризує енергетичний склад випромінювання, інтенсивність слідування - густину потоку, а характер зміни інтенсивності в часі - відповідну зміну густини потоку. Вихідний сигнал детектора містить також імпульсну і неперервну шумові завади. Тому сигнал детектора  $X(t)$  можна представити у вигляді

$$X(t) = \sum_i U_i F(t - t_i) + \sum_l H_l \Psi(t - t_l^*) + I(t) + W(t),$$

де  $U_i$  і  $F(t-t_i)$  - амплітуда і функція форми імпульса з одиничним значенням в максимумі, відповідно,  $H_l$  і  $\Psi(t-t_l^*)$  - аналогічні значення для імпульсної завади,  $I(t)$  і  $W(t)$  - детермінована (синусна) і випадкова неперервні завади відповідно,  $t_i$  і  $t_l^*$  - моменти появи імпульсів, а значення  $F(x)$  і  $\Psi(x)$  дорівнюють нулю при  $x \leq 0$ . Всі складові сигналу  $X(t)$  незалежні.

Імпульсні компоненти характеризують густинами розподілів  $Q(U)$  і  $Q^*(H)$ , амплітуд і ймовірностями  $P_{t, \Delta t}(N)$  і  $P_{t, \Delta t}^*(N)$  появи  $N$  імпульсів в інтервалі  $(t, t+\Delta t)$  відповідно.

Синусна завада  $W(t) = W_0 \sin(\omega t)$ , де  $W_0$  - амплітуда,  $\omega$  - частота, а стаціонарну неперервну випадкову заваду  $I(t)$  характеризують її густину розподілу  $\eta(I)$  (чи математичним сподіванням  $\bar{I}$  і дисперсією  $D_I$ ) і автокореляційною функцією  $R_I(v)$ , де  $v$  - часовий зсув.

Для стаціонарного поля ядерного випромінювання інтенсивність  $n$  потоку інформаційних імпульсів у довільному інтервалі амплітуд  $(U, U+\Delta U)$  є постійною і

$$P_{t, \Delta t}(N) = (N!)^{-1} (n \Delta t)^N \exp(-n \Delta t).$$

Інформативними характеристиками сигналу є значення інтенсивності  $n$  (чи математичного сподівання кількості відліків  $\bar{N}$  за час  $T$ ,  $\bar{N} = nt$ ) і  $Q(U)$ .

При зондуванні імпульсним полем ядерного випромінювання потік індукованого є нестаціонарним, тому в даному випадку

$$P_{t, \Delta t}(N) = (N!)^{-1} \left[ \int_t^{t+\Delta t} n(t') dt' \right]^N \exp(-\bar{n}),$$

де  $n(t)$  - деяка детермінована функція часу.

Інформативними характеристиками сигналу є значення функції  $n(t)$  чи її параметрів, а також розподіл  $Q(U)$ .

При зондуванні об'єктів з випадковими параметрами чи при автостабілізації коефіцієнту перетворення детектора по випадковому сигналу [2], інтенсивність імпульсного потоку  $n(t)$  є стаціонарною випадковою функцією часу, тоді даний процес

відносять до класу подвійно стохастичних і

$$P_{t, \Delta t}(N) = (N!)^{-1} \int_0^{\infty} \kappa^N \exp(-\kappa) \phi(\kappa) d\kappa,$$

де  $\phi(\kappa)$  - густина розподілу випадкової величини

$$\kappa = \int_t^{t+\Delta t} n(t') dt'.$$

Інформативні характеристики сигналу в даному випадку представлені математичним сподіванням  $\bar{n}$ , дисперсією  $D_n$ , автокореляційною функцією  $R_n(v)$  і густиною розподілу  $f(n)$  випадкової інтенсивності  $n(t)$ , а також розподілом амплітуд імпульсів  $Q(U)$ .

Аналогічними характеристиками може бути описана шумова імпульсна компонента сигналу  $X(t)$ .

## 2. МЕТОДИ ВІДБОРУ, ПЕРЕДАЧІ І ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОГО СИГНАЛУ

Для виключення неперервної складової завади імпульсного сигналу  $X(t)$  запропоновано метод прогнозуючою фільтрації [3], який полягає в компенсації неперервної завади в інтервалі між імпульсами і відніманні її прогнозованого значення від сигналу  $X(t)$  під час дії імпульсів.

Імпульсну шумову компоненту виключають з процесу аналізу методами дискримінації амплітуди і форми імпульсів, часової селекції, статистичної компенсації [4] і т.д.

Для забезпечення стабільності характеристик детектора і каналу передачі використовують відповідні автоматичні системи і реперні лінії чи інші особливості амплітудних чи часових розподілів інформаційної компоненти сигналу  $X(t)$  [5].

Врахування впливу "мертвого" часу проводять методами корекції втрат імпульсів [4], пріоритетної передачі імпульсних потоків [6], стохастичної модуляції параметру розподілу [7].

При використанні стаціонарних потоків нейtronів і гама-квантів розв'язок рівнянь переносу випромінювання і його дифузії ґрунтуються на оцінках значень  $\bar{N}$ ,  $n$ ,  $n_1/n_2$ ,  $n_1 - n_2$  [8].

Для нестационарного поля ядерних випромінювань методи оцінки функції  $n(t)$  та її параметрів викладені в [9], а для потоку з подвійною стохастичністю методи оцінки його інформативних параметрів розглянуто в [2].

## 3. ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ

Згадані та інші методи відбору, передачі і обробки імпульсного стохастичного сигналу реалізовані у свердловинній апаратурі СГСЛ-2, СГСЛ-3, ПСК, СГСЛ-6, ІНК-7, ПАРМА, СП НАК та

ін. [10], яка призначена для визначення вмісту корисних копалин, положення нафтових і газових горизонтів, підрахунку запасів та ін.

Метрологічне забезпечення вимірювань ґрунтуються як на створенні еталонних свердловин з відомим вмістом елементів, так і на апаратному імітаційному моделюванні сигналу  $X(t)$  із заданими статистичними характеристиками [11].

## ВИСНОВКИ

Методи дистанційного зондування свердловин ядерним випромінюваннями ґрунтуються на ефектах їх взаємодії з речовиною, розв'язках рівнянь їх переносу і дифузії, виборі моделі сигналу, виявленні його інформативних параметрів, створенні методів і засобів відбору, передачі і обробки інформаційного сигналу, обчисленні похибок вимірювальних перетворень, створенні відповідних вимірювальних систем, а також методів і засобів їх метрологічного забезпечення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Горбачев Ю.И. Геофизические исследования скважин. - М.: Недра, 1990. - 398 с.
2. Бухало О.П. Оценка параметров дважды стохастического потока импульсов. Измерительная техника, 1995, №9, с. 5-12.
3. Бухало О.П. Подавление непрерывных помех в каналах передачи импульсных стохастических сигналов. Метрология, 1990, №6, с. 11-19.
4. Цитович А.П. Ядерная электроника. - М.: Атомиздат, 1984. - 418 с.
5. Бухало О.П. Повышение стабильности каротажных гамма-спектрометрических систем. Препринт №89. - Львов: ФМИ АН УССР, 1985. - 57 с.
6. Бухало О.П. Восстановление амплитудных спектров при приоритетной передаче гамма-спектрометрического сигнала. Измерительная техника, 1991, №10, с. 51-53.
7. Бухало О.П. Многоканальная передача радиометрической информации. Отбор и передача информации, 1985, вып. 72, с. 92-96.
8. Федорів Р.Ф. Статистична радіометрія. - Київ: Наукова думка, 1979. - 264 с.
9. Бухало О.П. Оценка параметров экспоненциального затухания нестационарного импульсного потока. Измерительная техника, 1994, №2, с. 57-59.
10. Скважинная ядерная геофизика. Справ./ Под ред. О.Л. Кузнецова. - М.: Недра, 1990. - 330 с.
11. Бухало О.П. Образцовый импульсный стохастический сигнал - применение, воспроизведение, аттестация. Измерительная техника, №6, 1997, с. 25-33.