

Л.І. Мещеряков, канд. техн. наук

(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)

РОЗШИРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСУТП БУРОВИХ КОМПЛЕКСІВ НА ОСНОВІ ЕКСЦЕСІЙНИХ ФУНКЦІЙ

У системах автоматизованого керування при моделюванні технологічних процесів та гірничих електромеханічних комплексів (ГЕМК) енергоінформаційні сигнали, що знімаються з датчиків (потужності, струму, напруги, $\cos j$ та ін.) являють собою випадкові процеси, які є нескінченні сукупності випадкових величин, залежних від різних змінних. Застосування статистичних заходів зв'язку до таких процесів зумовлює формування таких діагностичних оцінок, що повною мірою можуть відображати внутрішню, приховану структурну взаємодію складових цих випадкових процесів при нескінченно великому числі усіяких сполучень за значенням аргументу часу t . При цьому використання інформаційних числових характеристик до випадкових сигналів, що ідентифікуються, дозволяє відкрити траєкторні особливості внутрішньої взаємодії та структурні зв'язки, а також забезпечує перехід до дослідження оперативних характеристик динамічних структур ГЕМК. Одним із перспективних класів таких інформаційних оцінок при діагностуванні та керуванні в задачах АСУТП виступають ексцесійні функції [1, 3].

Ексцесійні інформаційні оцінки формалізуються таким чином. При моделюванні об'єктів і систем керування не випадкова функція двох аргументів $c_{uu}(t, v)$, що для кожної пари значень t і v дорівнює ексцесу умовного математичного сподівання відповідних перетинів випадкового інформаційного сигналу, визначається як одномірною ексцесійною функцією – (функція ексцесу) випадкового сигналу $U(t)$ (автоексцесійна функція) [1 – 4].

$$c_{uu}(t, v) = M \left\{ \frac{1}{S_u} [M(U_t | U_v) - MU_t]^4 - 3 \right\}. \quad (1)$$

Нормоване значення одномірної ексцесійної функції знаходиться як

$$J_{uu}(t, n) = \frac{c_{uu}(t, v)}{(EU_t)^n}. \quad (2)$$

Одномірною автоексцесійною функцією випадкового сигналу входу $U(t)$ через відповідну щільність імовірності описується такою формулою:

$$c_{uu}(t, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{1}{S_u} \left[\int_{-\infty}^{\infty} u_t f(u_t; t | u_v; v) du_t - \int_{-\infty}^{\infty} u_t f_u(u_t; t) du_t \right]^4 - 3 \right\} f_u(u_v; v) du_v, \quad (3)$$

де $f_u(u_i; t)$ – одномірна щільність імовірності випадкового сигналу $U(t)$; $f_u(u_i; t | u_v; v)$ – умовна щільність імовірності випадкового сигналу $U(t)$.

Невипадкова функція двох аргументів $c_{yu}(t, v)$, що для кожної пари значень t і v дорівнює ексцесу умовного математичного сподівання перетину одного випадкового інформаційного сигналу відносно перетину іншого сигналу, визначається як одномірна взаємна ексцесійна функція. Для сигналів виходу $Y(t)$ і входу $U(n)$ вона має такий вигляд [1, 4, 5]:

$$c_{yu}(t, v) = M \left\{ \frac{1}{S_y} [M(Y_t | U_v) - MY_t]^4 - 3 \right\}. \quad (4)$$

З урахуванням виразів щільності ймовірності функція (4) записується так

$$c_{yu}(t, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{1}{S_{yu}} \left[\int_{-\infty}^{\infty} y_i f_y(y_i; t | u_v; v) dy_i - \int_{-\infty}^{\infty} y_i f_y(y_i; t) dy_i \right]^4 - 3 \right\} f_y(y_i; t) dy_i, \quad (5)$$

де $f(y_i; t | u_v; v)$ – умовна щільність імовірності $Y(t)$ відносно $U(v)$; $f_y(y_i; t)$, $f_u(u_v; v)$ – одномірні щільності ймовірності випадкових сигналів $Y(t)$, $U(v)$.

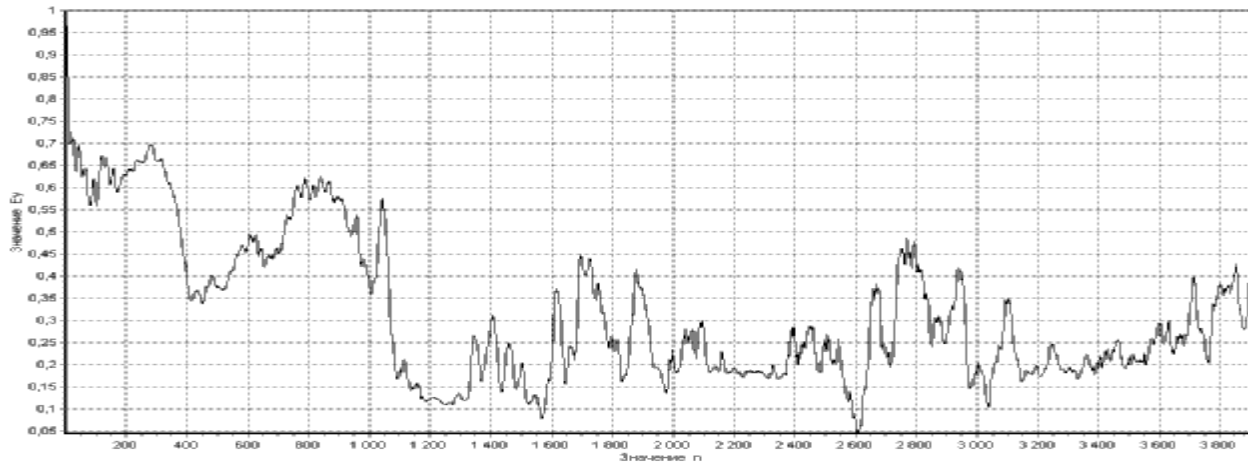
У системах діагностики та керування гірничих електромеханічних комплексів раціональніше використовувати одномірну нормовану ексцесійну функцію. Вона визначається як ексцесійне відношення випадкових значень сигналів $Y(t)$ і $U(v)$ при довільних значеннях їх аргументів t і v :

$$J_{yu}(t, v) = \frac{c_{yu}(t, v)}{E_y(t)}. \quad (6)$$

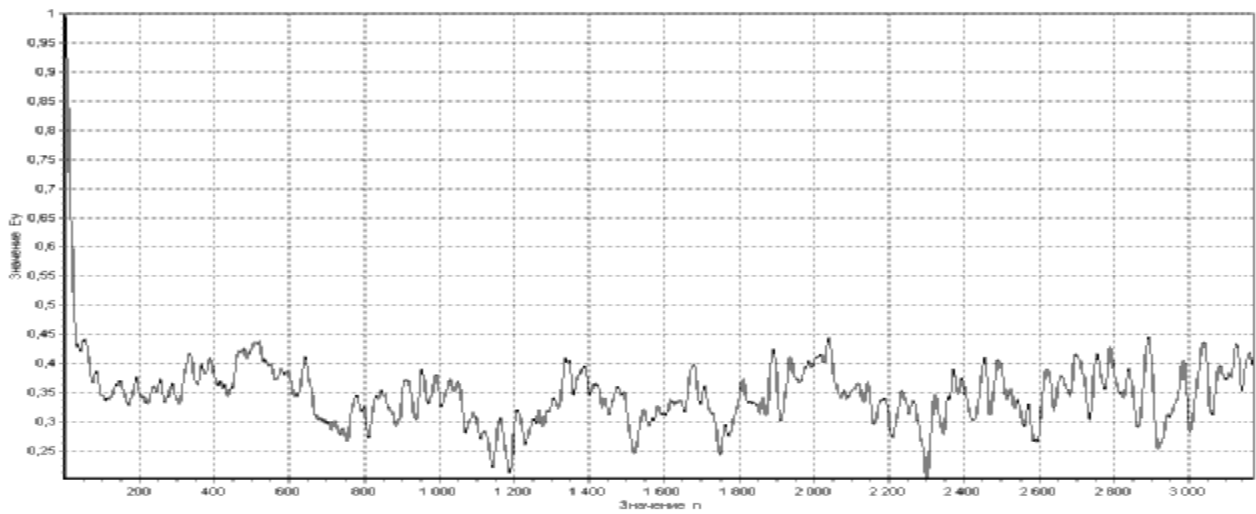
Діагностична оцінка одномірної взаємної ексцесійної функції $g_{yu}(t, v)$ відображає ступінь розсіювання розподілу умовного математичного сподівання $M(Y_t | u_v) = j(u_v)$ при всій множині можливих значеннях перетинів t і v .

Дослідження інформаційних характеристик сигналів потужності, що споживаються буровими комплексами (БК), дозволили виявити глибокі внутрішні зв'язки їх з технологічними та технічними станами останніх. Типові інформаційні характеристики отриманих автоексцесійних функцій потужності БК з вихідних даних роботи [2] для різних технологічних і технічних режимів процесу буріння представленні на рис. 1, 2. У результаті встановлені відображення технологічних і технічних параметрів характеристики автоексцесійних функцій при штатному робочому режимі БК та аномальних навантаженнях на початку і в кінці ходу шпинделя (рис. 1). Стандартна технологія заточування алмазної коронки при короткочасовому підвищенні осьового навантаження, що діє в

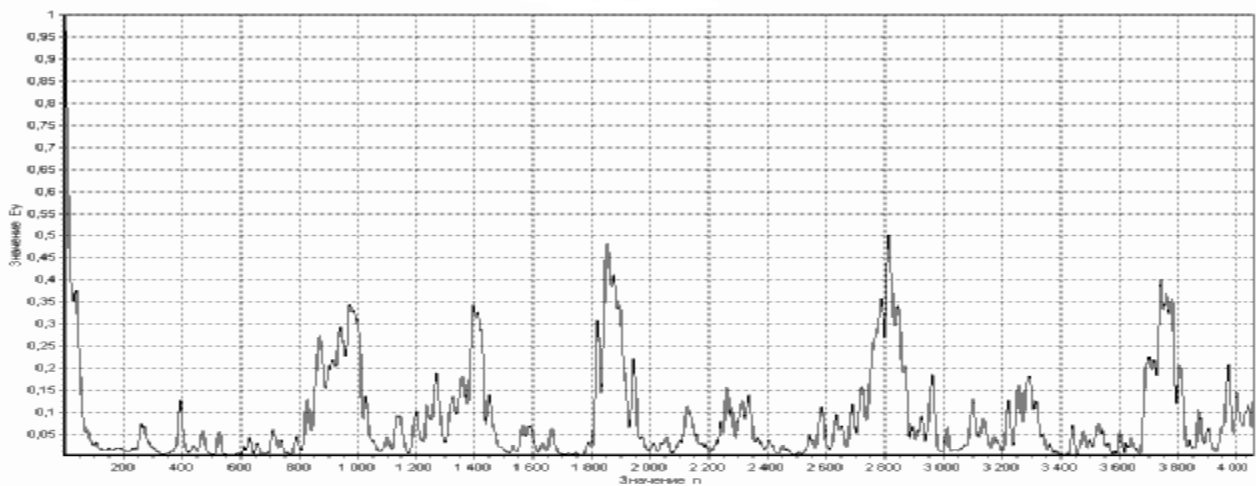
практиці буріння (рис. 2, в), відображається значною дисперсією ближніх внутрішніх зв'язків сигналу.



a

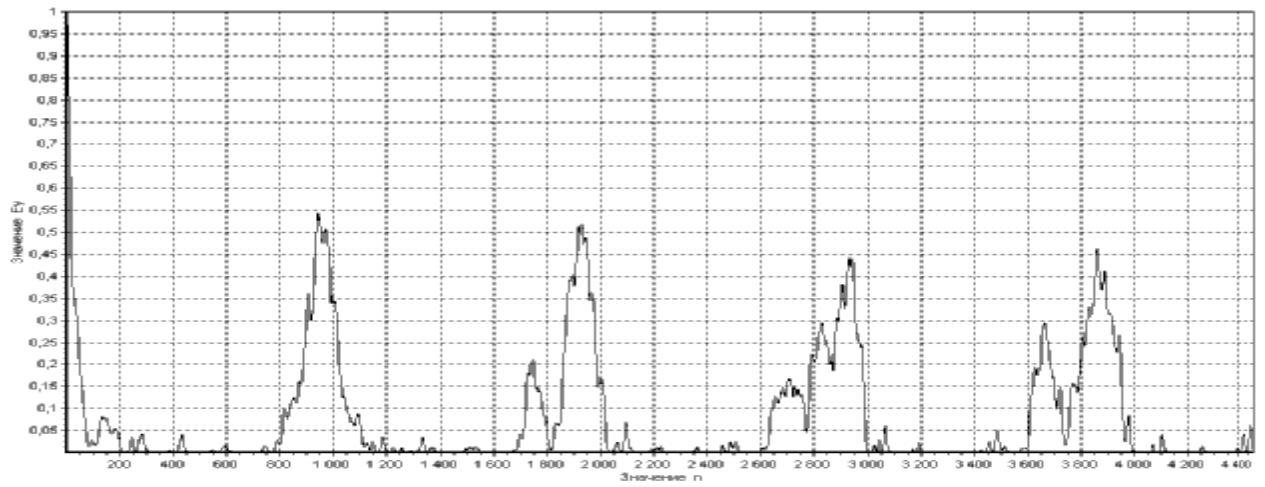


б

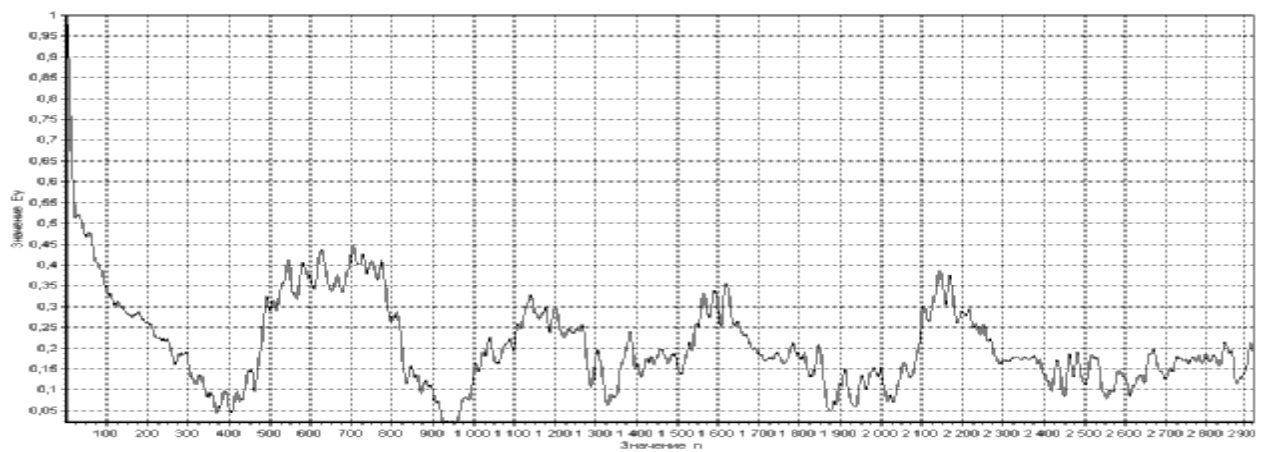


в

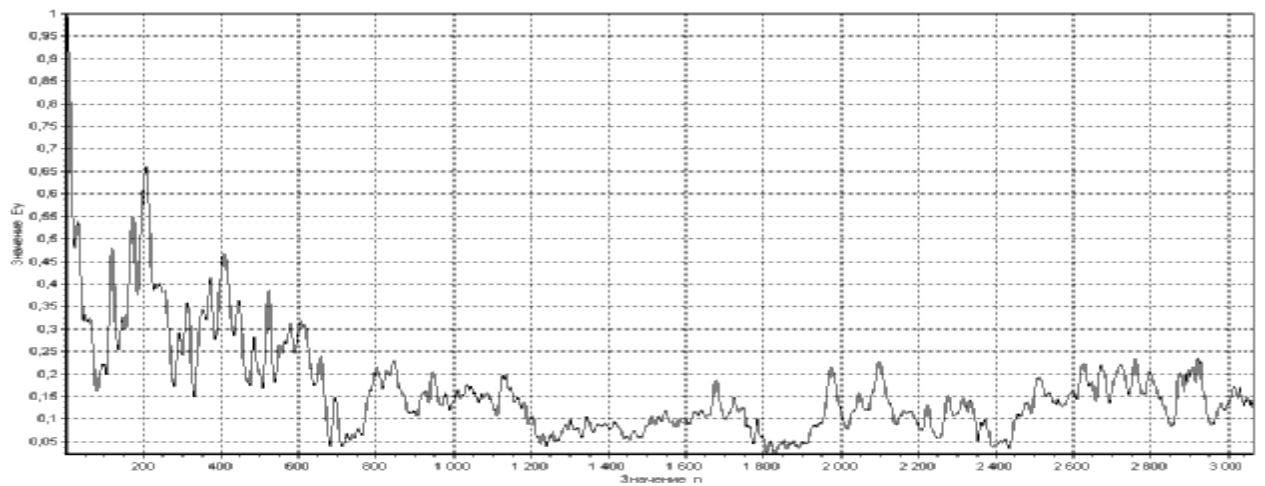
Рис. 1. Автоексцесійні функції затрат потужності приводу БК типу ЗИФ-1200МР при нормальному робочому режимі (а), підвищеному зносі алмазної коронки в прижоговій ситуації (б) та бурінні по тріщинуватих породах (в)



a

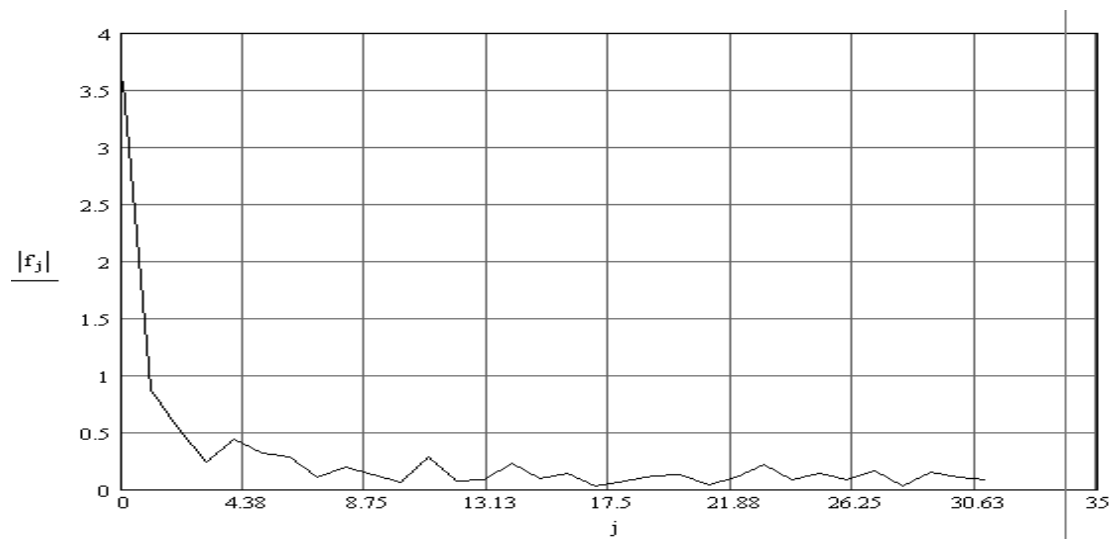


б

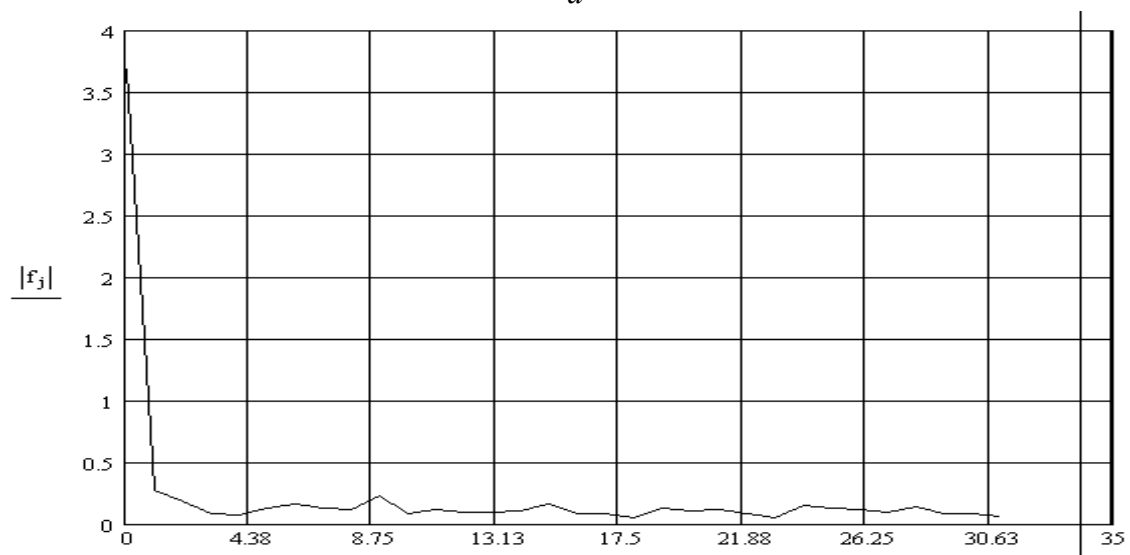


в

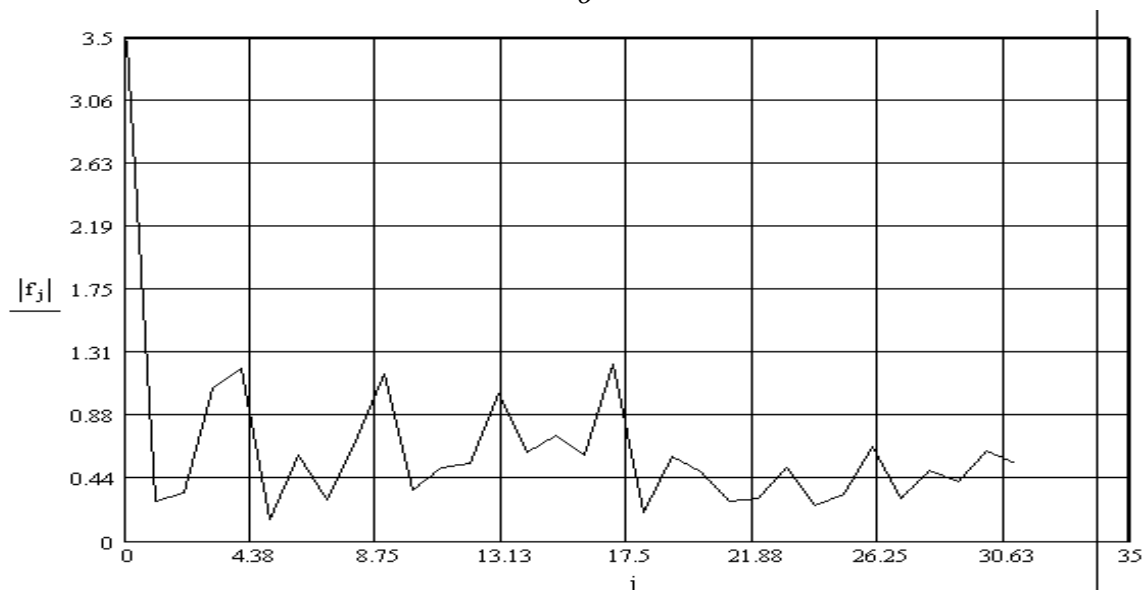
Рис. 2. Автоексцесійні функції потужності приводу БК типу ЗИФ-1200МР при вібрації бурового снаряду (а), періодичному заклинюванні керна на фоні підвищеної вібрації (б) та у процесі буріння із заточкою алмазної коронки при збільшеному навантаженні (в)



a



б



в

Рис. 3. Експериментальні спектральні щільності від автоексцесійних функцій сигналів потужності приводу БК типу ЗІФ-1200МР при нормальному робочому режимі (а), підвищеному зносі алмазної коронки в припеченій ситуації (б) та бурінні по тріщинуватих породах (в)

Важливим у практиці буріння є явище підвищеного зносу алмазної коронки при роботі в умовах припеченого стану. Виникненню такого стану можуть сприяти втрати промивної рідини у свердловині внаслідок тріщин у бурових трубах. Характерні автоексцесійні функції виникнення такого стану представлені на рис. 1, б. Буріння по тріщинуватим породам, де нестабільні форми витрат потужності приводу БК дозволяють за частотою та амплітудою коливань визначити характер тріщинуватості в автоексцесійних функціях, має в декілька разів більший градієнт відображення (рис. 1, в), ніж в автокореляційних та автодисперсійних функціях [3, 5], що зумовлює інформаційну важливість перших для задач АСУТП ГЕМК. В автоексцесійних функціях значимо виявляється інтенсивність вібрацій бурового снаряда в робочих режимах через візуалізацію характерних для цього стану фрикативностей (рис. 2, а, б), що характеризується частотою і амплітудою коливань сигналу потужності. Характеристичним являється також відображення в автоексцесійних функціях процесу буріння з заточкою алмазної коронки при збільшеному навантаженні (рис. 2, в).

Важливою інформаційною характеристикою є спектральна щільність сигналів, яка класично знаходиться через перетворення кореляційних функцій. За аналогією визначені спектральні щільності сигналів потужності через відповідні перетворення від автоексцесійних функцій (рис. 3). При цьому виявлено значне збільшення флуктуацій по частотним складовим при бурінні по тріщинуватим породам та відповідне зниження від нормального рівня в режимі підвищеного зносу алмазної коронки в припеченій ситуації.

Таким чином, інформаційні характеристики ексцесійних функцій, які в силу своїх аналітичних та структурних особливостей мають чутливість до динаміки змін оперативних станів ГЕМК і, зокрема, бурових комплексів, як інформаційні оцінки тісноти нелінійного зв'язку розподілу ймовірності значень сигналів з датчиків можуть бути використані для розширення інформаційного забезпечення АСК ГЕМК відповідно сучасним вимогам інтегрованих задач гірничого виробництва.

Список литературы

1. Мещеряков Л.И. Дисперсионные алгоритмы идентификации в информационно-аналитических системах техногенной безопасности //Сб. науч. тр. НГА. – 2001. – №12, т. 1, – С. 233–239.
2. Дудля М.А., Карпенко В.М., Гриняк О.А., Цзян Гошен. Автоматизація процесу буріння: Монографія. – Д.: Національний гірничий університет, 2005. – 207 с.
3. Diagnostyka urzadzen wiertniczych / G.G. Piwniak, M. Kaliski, A. Zieba, L.J. Mieszczerjakow, M.A. Dudla. – Krakow, Dniepropietrowsk, 2004. – 174 с.
4. Мещеряков Л.И. Математические основы построения дисперсионных диагностических моделей горных электромеханических систем. //Вибрации в техн. и технол. – 2002. – №1(22). – С. 41–44.
5. Мещеряков Л.И. Базова форма дисперсійної моделі гірничих технологічних комплексів //Сб. науч. тр. НГУ. – 2004. – №20. – С. 209–214.