

Л.І. Мещеряков, канд. техн. наук

(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)

МОДЕЛЮВАННЯ ГІРНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ОСНОВІ ДИСПЕРСІЙНОЇ ФОРМИ ЛАНЦЮГОВИХ ДРОБІВ

Основна ідея енергетичної діагностики технологічних комплексів, що мають електромеханічну структуру, складається в розробці і практичній реалізації нових методів та способів виділення й оцінки інформативних параметрів стану об'єкта, в його нормальному робочому режимі, тобто без зупинки і розбирання, за характеристиками енергоспоживання, які супроводжують технологічне функціонування кожного гірничого електромеханічного комплексу (ГЕМК). Один із перспективних напрямків моделювання – використання дисперсійних форм ланцюгових дробів. При цьому композиційно класична динамічна модель об'єкта управління ГЕМК складається з двоякого роду ідеалізованих елементів: зосереджених мас і безінертних пружних з'єднань, де чисельні значення параметрів цих елементів і структура з'єднання однозначно визначають динамічні властивості ідентифікованої моделі. Використовуваний часто як елемент механічних структур демпфер для розв'язування задач діагностування можна замінити введенням відповідних коефіцієнтів дисипації [1, 2], щоб врахувати реальні енергетичні втрати, які виникають при русі складових елементів ГЕМК.

Конструктивні сукупності динамічних ланок типових ГЕМК, розглянуті у функціональних робочих режимах, є замкнено-зв'язаними структурами і укрупнено утворюють блоки елементів приводів, виконавчих органів і маси оброблюваного гірського середовища. При цьому слід зазначити, що синтезовані динамічні моделі ГЕМК можуть множинно-ймовірно відображати реальну структуру і характер зв'язків деформацій крутіння із збудженими крутильними моментами. Як обмеження для зниження складності синтезованих моделей нехтуються кількісними характеристиками піддатливості у зубчастих зачепленнях і корпусах зубчастих пар, у підшипникових опорах, корпусах редукторів і в деяких інших конструкціях. Відповідно до розроблених діагностичних моделей типових ГЕМК загальна дисперсійна умовно-ймовірнісна передавальна функція у разі, коли вихідна змінна знімається з ланцюга енергоспоживання привідного двигуна, тобто з 0,1-го з'єднання, буде мати вигляд

$$W_{(n)(0,1)}^{[0]} = \prod_{i=1}^n M_{B_i} [B_i^{[0]} | Q_i] * \prod_{i=1}^{n-1} M_{B(i-1,i)} [B_{i-1,i}^{[0]} | Q_i], \quad (1)$$

де умовні математичні сподівання передавальних функцій ланок зосереджених мас $M_{B_i} [B_i^{[0]} | Q_i]$ і ланок з'єднань $M_{B(i-1,i)} [B_{i-1,i}^{[0]} | Q_i]$ будуть визначатися через узагальнені вирази операторної форми методу ланцюгових дробів.

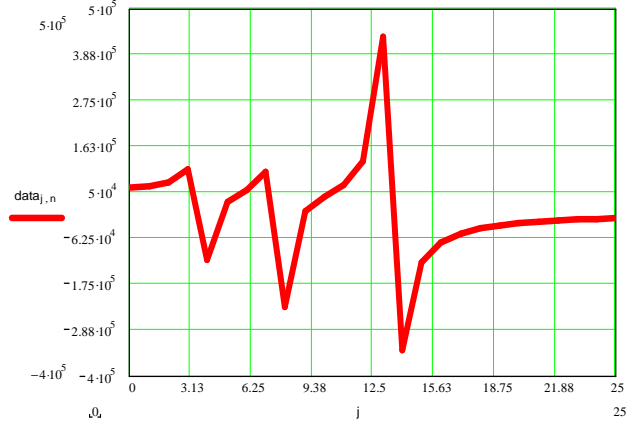
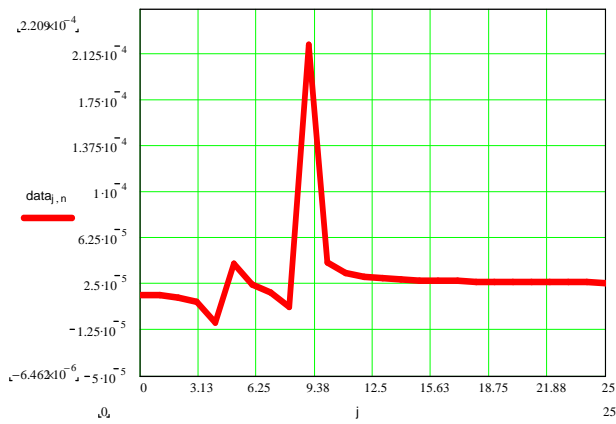
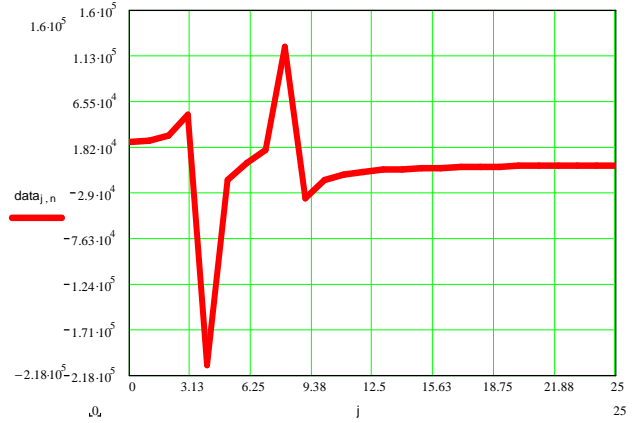
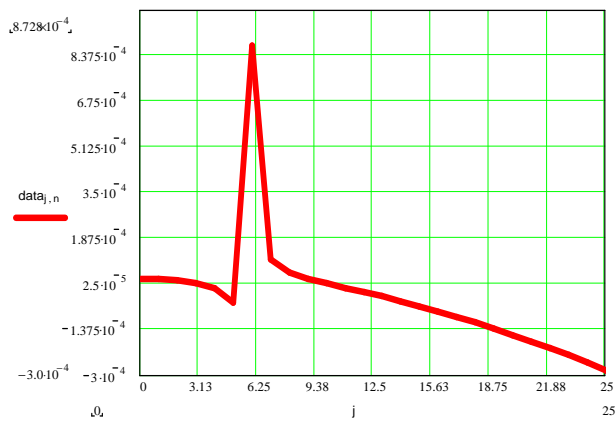
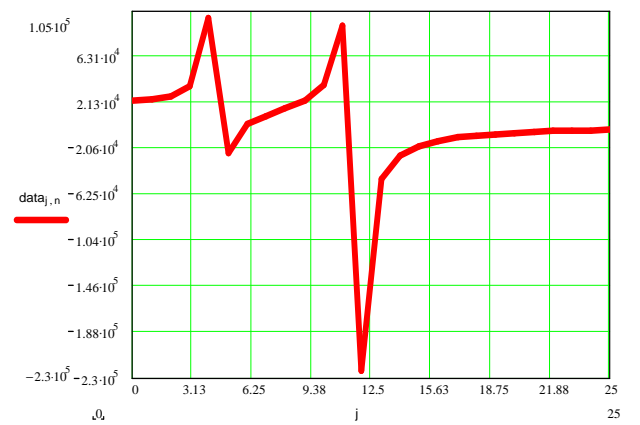
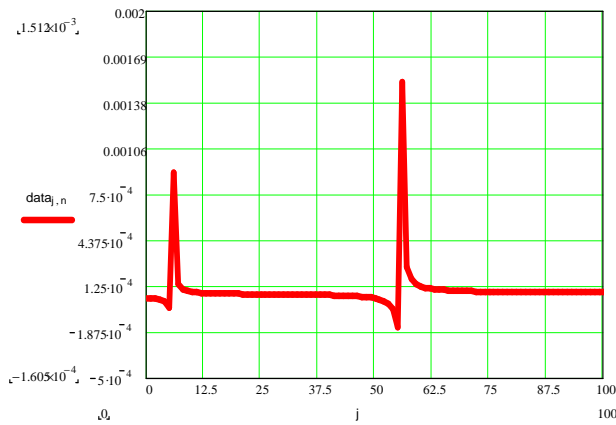
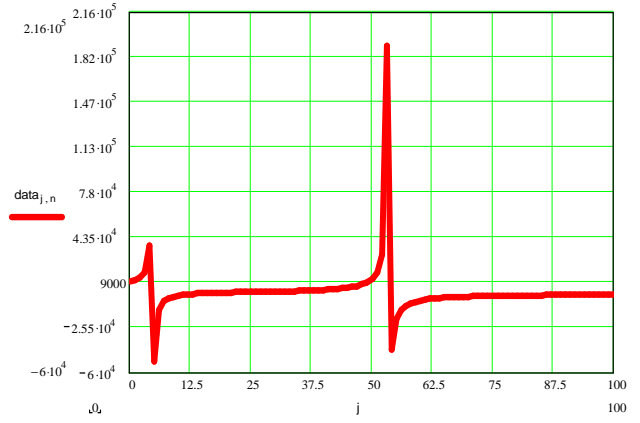
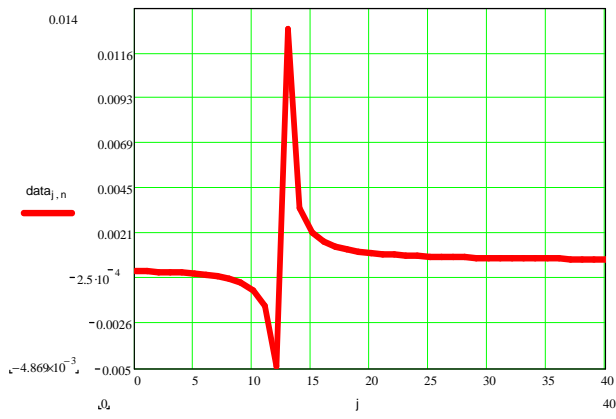


Рис. 1. Амплітудно-частотні характеристики елементів ланцюгових однорядних приведених схем динамічних моделей шламового насоса типу АНПМ-9000



Рис. 2. Амплітудно-частотна характеристика передавальної функції ланцюгової приведенної схеми динамічної моделі шламового насоса типу АНПМ-9000

Після виконання процедури згортання ланцюгових дробів у раціональний вид знаходяться умовні дробово-раціональні вирази послідовностей частотних характеристик передавальних функцій ланок із зростаючими нижніми індексами:

$$M[B_n^{[0]}(j\omega) | Q_n] = \frac{c_{2,2(n-1)}\omega^{2(n-1)} + c_{2,2(n-2)}\omega^{2(n-2)} + \dots + c_{2,2}\omega^2 + c_{2,0}}{c_{1,2n}\omega^{2n} + c_{1,2(n-1)}\omega^{2(n-1)} + \dots + c_{1,2}\omega^2 + 1}, \quad (2)$$

$$M[B_{n-1,n}^{[0]}(j\omega) | Q_n] = \frac{c_{2,2(n-1)}\omega^{2(n-1)} + c_{2,2(n-2)}\omega^{2(n-2)} + \dots + c_{2,2}\omega^2 + 1}{c_{1,2(n-1)}\omega^{2(n-1)} + c_{1,2(n-2)}\omega^{2(n-2)} + \dots + c_{1,2}\omega^2 + c_{1,0}}$$

Вирази (2) використовуються як діагностичні дисперсійно-динамічні моделі гірничих технологічних комплексів. За кінематичними схемами найбільш типових ГЕМК, їх технологічними процесами та методологією, що запропоновано у роботах [1, 2, 3], сформовані діагностичні динамічні моделі. Цифрове моделювання динамічних властивостей діагностичних моделей типових ГЕМК, синтезованих за допомогою дисперсійного опису операторної форми методу ланцюгових дробів, виконувалося в інтегрованих середовищах MathCAD, MATLAB. Для піднімальної машини 2БМ 2000/1020-3А та шламового насоса АНПМ-9000 відповідно до їх кінематичних схем і технологічних процесів визначені амплітудно-частотні залежності (рис. 1, 2, 3). Аналіз яких виявив наявність функціонального проявлення низько- та високочастотної складових частотного портрету ГЕМК, що моделюється. Причому перша складова за елементами має значно більшу енергоінформаційну вагу. Моделі відображають, що повні флуктуації крутильних моментів рядом із стохастичною складовою також мають регулярні коливання складної форми, в яких переважають відображені у характеристиках частоти. Ці імовірнісні оцінки математичних сподівань інформаційних частот обумовлюються як технологічними, динамічними, так і кінематичними характеристиками миттєвих станів ГЕМК.

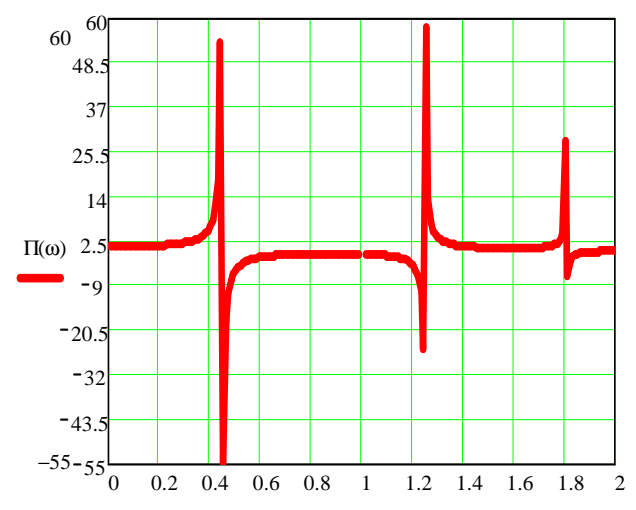
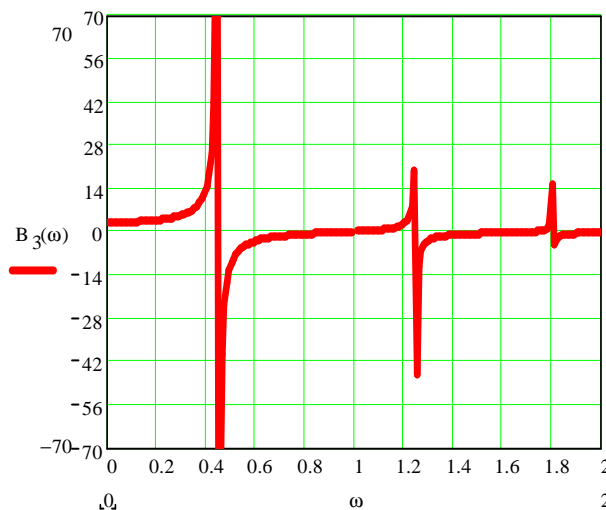
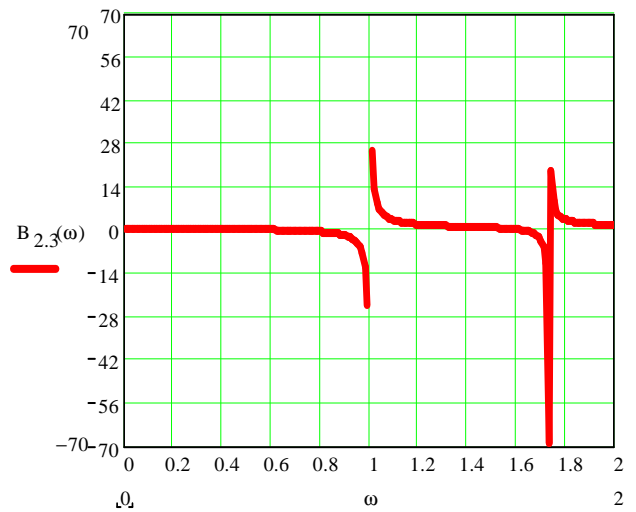
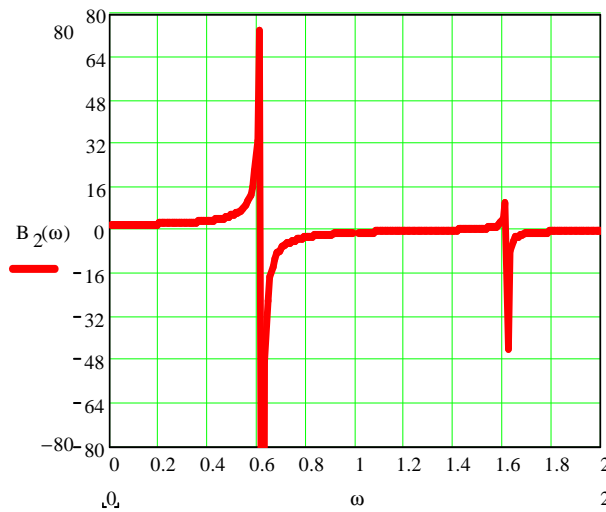
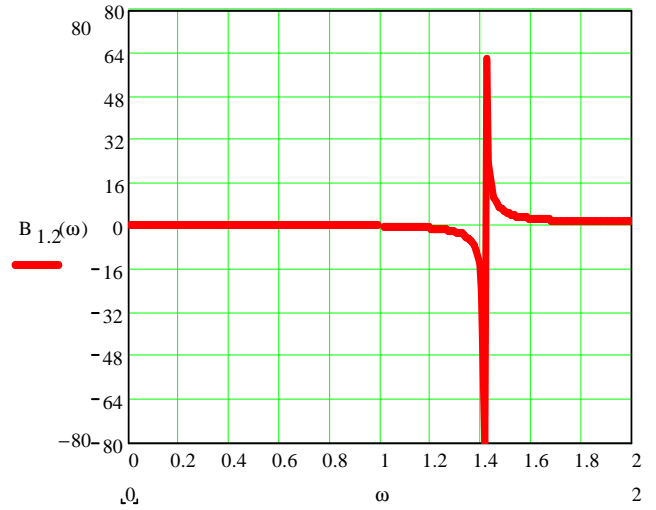
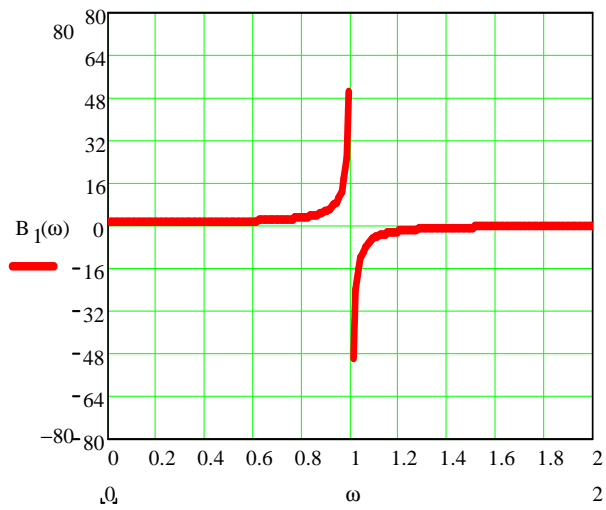
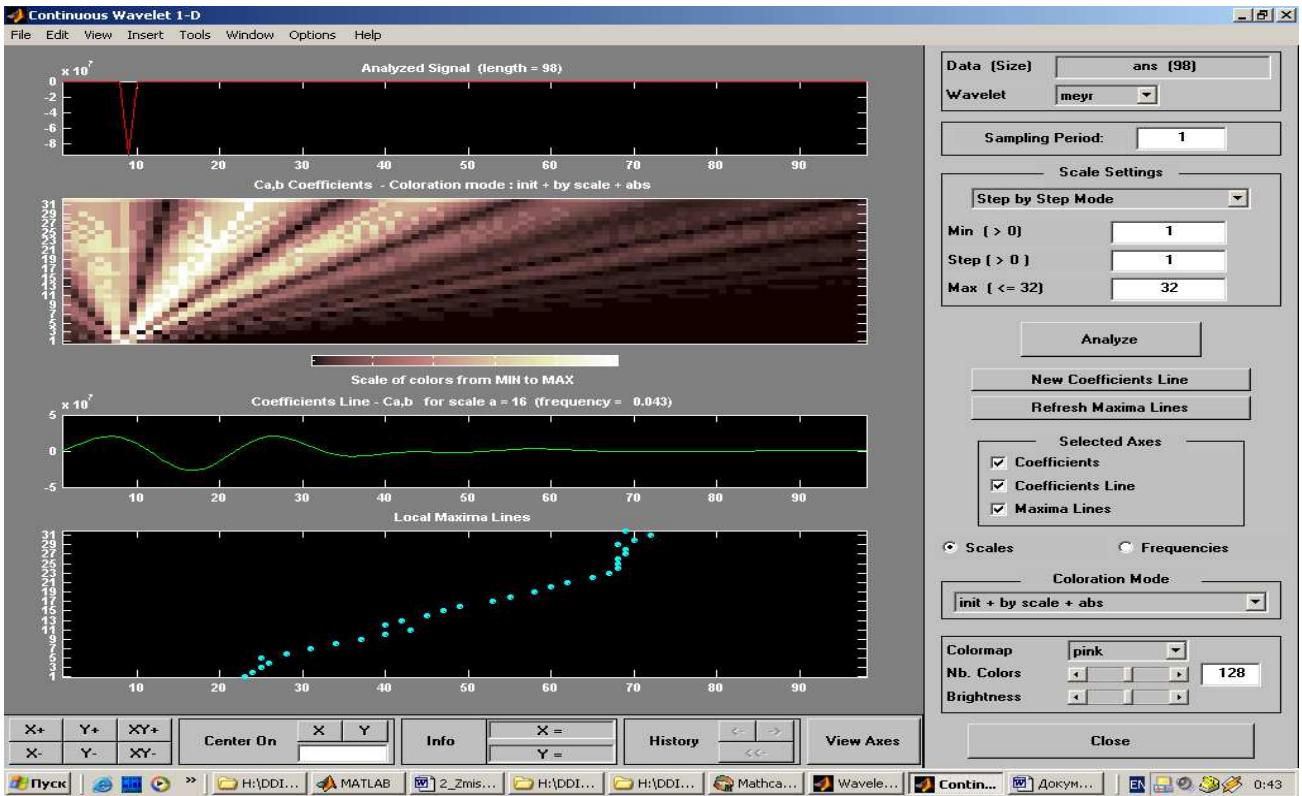
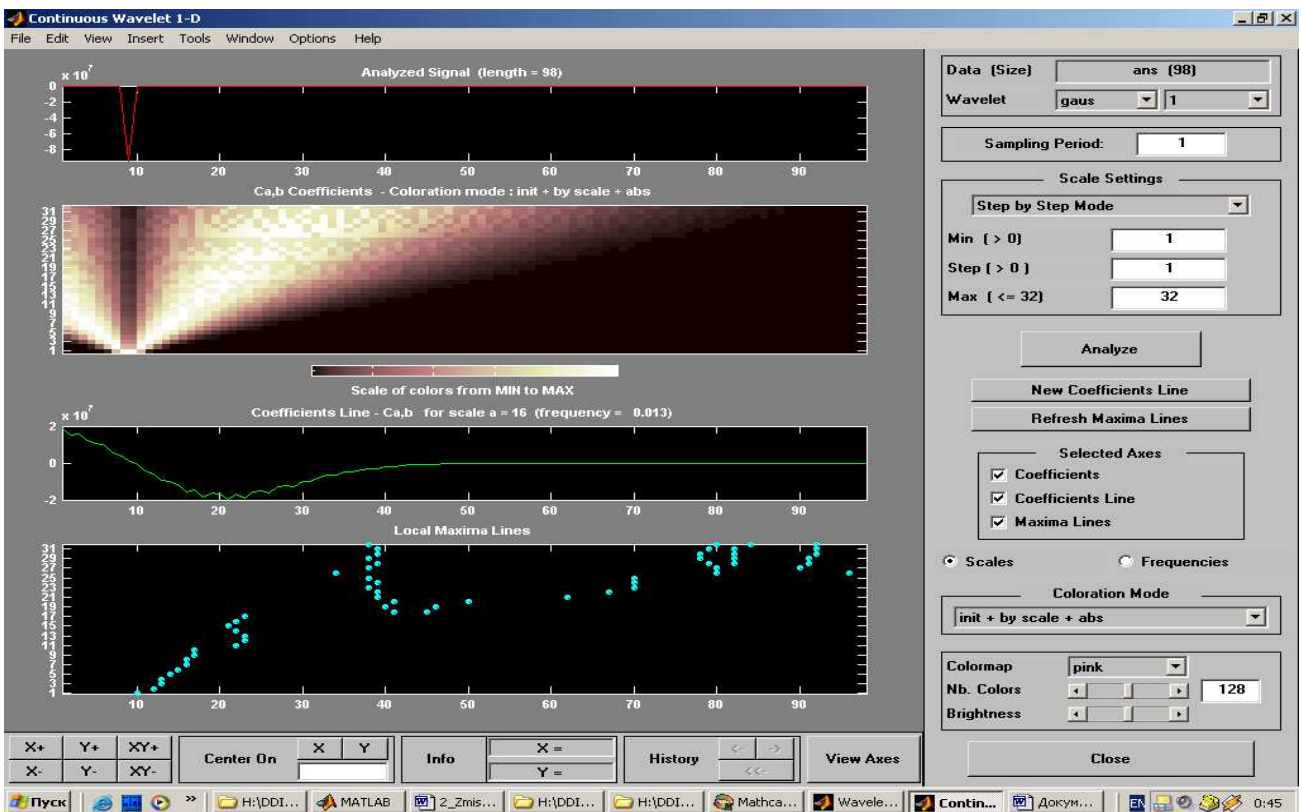


Рис. 3. Амплітудно-частотні характеристики елементів та передавальної функції ланцюгових однорядних приведених схем динамічних моделей шахтних двобарабаних піднімальних машин типу 2БМ-2000/1020-3А



a



б

Рис. 4. Вейвлет-аналіз амплітудно-частотних характеристик елементів ланцюгових приведених схем динамічних моделей шахтних двобарабаних піднімальних машин типу 2БМ-2000/1020-3А: а – вейвлет meyr, б – вейвлет gaus

Переважаюча більшість цих частот відображається в енергоінформаційних сигналах і формує тут значну величину динамічної складової.

Усі методи перетворень і модифікацій сигналів, що супроводують робочі технологічні режими ГЕМК, об'єднують в ієрархічний потік оброблення та візуалізації інформаційних складових, що містять у собі ці сигнали. Сучасні технології оброблення сигналів почали застосовувати вейвлети як особливі функції, що мають вигляд коротких хвильових пакетів з нульовим інтегральним значенням і з тою, або іншою складною формою і які локалізовані по осі незалежної змінної та спроможні до зсуву по ній і масштабуванню. Вейвлети створюються за допомогою спеціальних базових функцій як прототипів, що задають їх вигляд та властивості і задовольняють визначеному ряду специфічних умов. Вони спроможні у часовому або у частотному представленні апроксимувати складні сигнали та зображення. Вейвлет-спектрограми вважаються більш інформативними, ніж Фур'є-спектрограми, що дозволяє виділяти більш тонкі локальні особливості діагностичних сигналів з прив'язкою їх до часових характеристик та координат простору. На рис. 4 представлений результат вейвлет-аналізу деяких амплітудно-частотних характеристик елементів ланцюгових приведених схем динамічних моделей шахтних двобарабанных піднімальних машин типу 2БМ-2000/1020-3А

Аналіз отриманих і візуалізованих інформаційних характеристик щодо техніко-технологічного стану даного ГЕМК виявив, що ряд вейвлетів дають більш якісне відображення внутрішніх структур енергоінформаційних сигналів і особливо це виявляється при різких перепадах, сплесках та викидах останніх. Ці властивості вейвлетів дозволяють їх використовувати як на всіх рівнях ієрархії потоку оброблення інформаційних сигналів, так і застосовувати їх до діагностичних характеристик, які виділяються за всіма напрямками.

Отже, діагностичні динамічні моделі техніко-технологічних станів типових ГЕМК можуть бути зручно структуровані, незважаючи на їх реальну конструкційну складність і різноманітність. При цьому треба відмітити фільтруючі властивості передавальних функцій, що залежать не тільки від динамічних властивостей всієї механічної структури гірничого комплексу в цілому та параметрів технологічного процесу, а також і від місця розташування вхідної та вихідної змінних. Визначені таким шляхом діагностичні динамічні моделі можуть бути використані для автоматизація процесів ідентифікації та прогнозування при вирішенні задач діагностування і управління техніко-технологічних станів ГЕМК.

Список літератури

1. Мещеряков Л.И. Математические основы построения дисперсионных диагностических моделей горных электромеханических систем. //Вибрации в технике и технологиях: Всеукр. науч.-техн. журн. – 2002. - №1(22). – С.41-44.
2. Дудля М.А., Мещеряков Л.И. Діагностика та проектування бурових машин і механізмів: Навч. посібник.– Д: НГУ, 2004.– 267 с.
3. Мещеряков Л.И. Основы энергоинформационного диагностирования горных электромеханических систем //Сб. науч. тр. НГУ. – 2000. – №10. – С. 179-185.