

4. Meshcheriakov, L., Tokar, L., Ziborov, K., (2015). Identification of stabilizing modes for the parameters of drilling tools. *Energy Efficiency Improvement of Geotechnical Systems*, 135-142.

ABSTRACT

Purpose. There is research of possibility of authentication of degree of wear of structural elements of armour - elevator operators on the basis of method of authentication of nonlinear objects the unclear bases of knowledge.

The methodology. The worked out intellectual forecasting model of complex estimation of the state of lining-up of mill is used on the basis of method of authentication of nonlinear objects the unclear bases of knowledge.

Finding. The intellectual forecasting model of complex estimation of the state of lining-up of mill is formed as a result.

The originality. Consists of forming and use in the structure of forecasting model of method of authentication of nonlinear objects the unclear bases of knowledge.

Practical implications. Expediency of the use in the structure of forecasting model of method of authentication of nonlinear objects the unclear bases of knowledge is well-proven.

Keywords: *subsystem of diagnosing, informing descriptions, authentication, visualization, correlation function, spectral closeness*

УДК 681.518.54

© Л.І. Мещеряков, С.І. Випанасенко, Н.С. Дрешпак, А.Л. Ширін

ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ПІДСИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ГІРНИЧИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

© L. Meshcheriakov, S. Vypanasenko, N. Dreshpak, A. Shyrin

FORMING OF STRUCTURE OF SUBSYSTEM OF DIAGNOSTICS OF MOUNTAIN ELECTROMECHANICS COMPLEXES

Представлена сформована структура підсистеми діагностування гірничих електромеханічних комплексів в сукупності базових функціональних блоків. Підсистема націлена на забезпечення всієї множини основних вимог існування процесу діагностування з використанням інформаційних характеристик енергетичних параметрів.

Представлена сформированная структура подсистемы диагностирования горных электромеханических комплексов в совокупности базовых функциональных блоков. Подсистема нацелена на обеспечение всего множества основных требований существования процесса диагностирования с использованием информационных характеристик энергетических параметров.

Вступ. Основна ідея технологій енергетичної ідентифікації гірничих електромеханічних комплексів (ГЕМК) складається на першому етапі, автоматизованого діагностування, в розробці та практичній реалізації методів і способів виділення й оцінки інформативних параметрів технологічного і технічного станів об'єкта управління, в його нормальному робочому режимі, тобто без зупинки і розбирання, за характеристиками енергоспоживання які супроводжують технологічне функціонування кожного ГЕМК і на другому етапі, саме ідентифікації його моделі. Таким чином, призначенням енергетичної діагностики є оцінка стану ГЕМК, здійснювана за непрямими ознаками, а саме – за флуктуаціями характеристик параметрів енергоспоживання, що залежать від характеру технологічного процесу, взаємодії складових конструктивних елементів вузлів, машин і механізмів. Актуальність проблеми автоматизованої діагностики обумовлена як необхідністю визначення властивості спостереження ГЕМК для реалізації функції управління, так і величиною ймовірності виникнення позаштатних порушень або розвитку різного роду аварій, які можна оперативно прогнозувати з ідентифікованих моделей.

Ціль статті. Пошук та розробка структури підсистеми діагностування гірничих електромеханічних комплексів в сукупності базових функціональних блоків. При цьому підсистема повинна бути націлена на забезпечення всієї множини основних вимог існування процесу діагностування з використанням інформаційних характеристик енергетичних параметрів

Викладення матеріалу та результати. Структура підсистеми діагностування є однією з визначальних частин в практичній реалізації методу енергетичного діагностування та ідентифікації. Функцією цілі обробки сигналів енергоспоживання є формування діагностичних ознак, чутливих до досить малих змін параметрів технологічного і технічного станів ГЕМК на фоні існування високого рівня перешкод від їхньої роботи. Тому, для виділення інформативної тонкої структури сигналу, необхідне застосування різних аналітичних методів витягу інформації, таких як: гребінчаста фільтрація у вузьких смугах в сполученні з амплітудним і фазовим детектуванням сигналу в зонах збуджених і власних частот механізму; частотна і часова селекція; виділення когерентних складових; аналіз поведінки статистичних моментів одномірного і двомірного законів розподілу миттєвих значень; кепстральний і біспектральний аналізи [1, 2, 3, 4]. А для розмежування станів ГЕМК по класах ступеня працездатності та виявлення змін векторів станів необхідне використання методів розпізнавання образів і прогнозування. Це вимагає розробки і реалізації в структурах підсистем діагностування алгоритмів класифікації та прогнозування станів. Таким чином, значний обсяг обчислень пов'язаний з виділенням і обробкою поточної інформації, встановленням еталонних ознак та їхніх граничних значень, класифікацією функцій і вирішальних правил для розпізнавання стану, прогнозування його змін обумовлює розробку структури підсистеми діагностування у вигляді рис. 1.

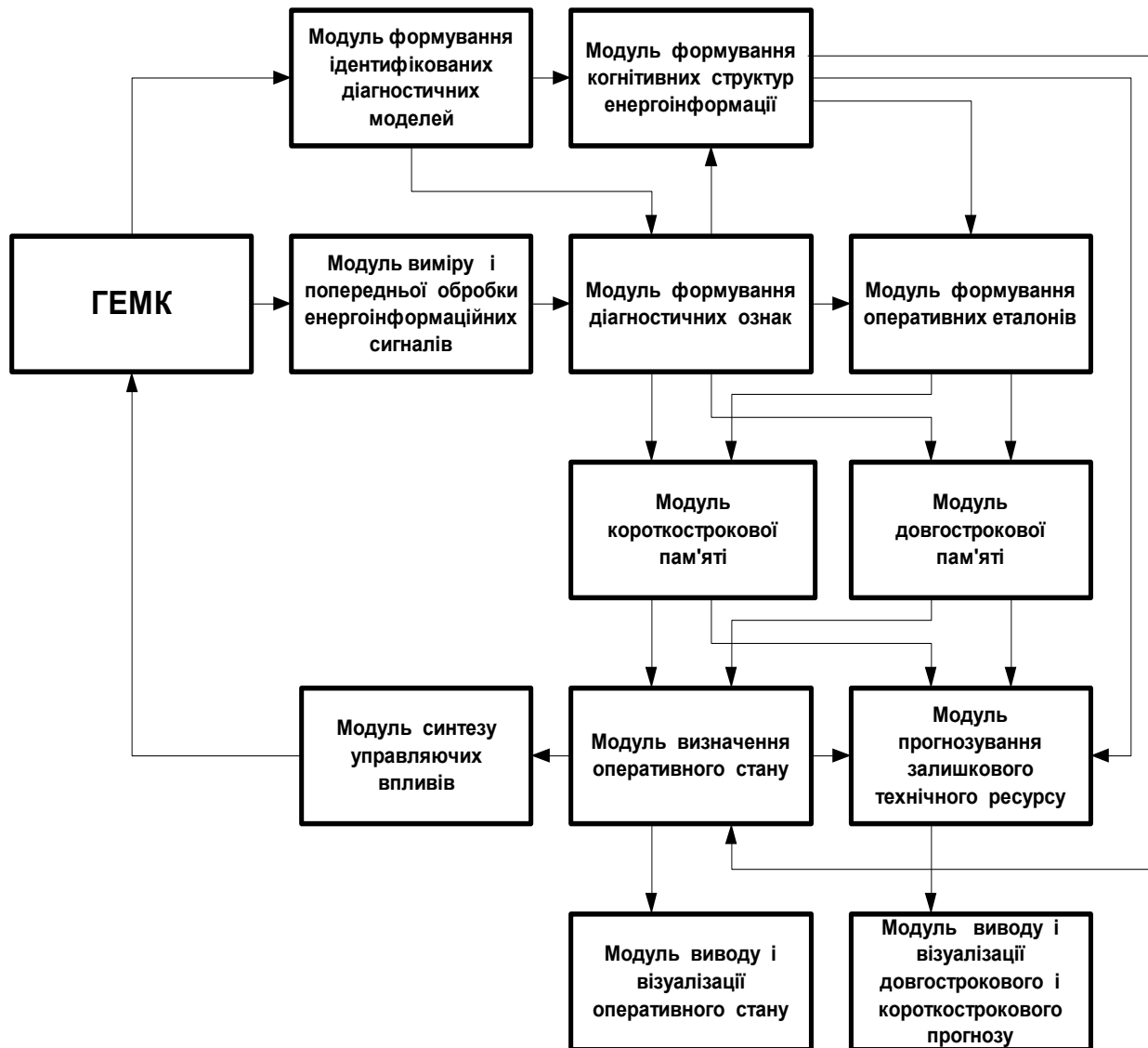


Рис. 1. Структура підсистеми енергоінформаційного діагностування ГЕМК

Тут модуль виміру і попередньої обробки енергетичних сигналів поставляє інформацію про стан ГЕМК в режимі його робочого функціонування, що утримується в енергетичному сигналі. Він являє собою первинний датчик енергетичних процесів (потужності, струму, напруги і т.д.). До складу модулю виміру енергетичних сигналів, який забезпечує знімання первинної інформації, можна підключити додаткові носії інформації, що призначені для збереження інформації з метою наступної обробки та оцінки тенденцій зміни технологічного і технічного станів ГЕМК по ускладненим алгоритмах. Пристрій виділення діагностичних ознак виконує функції перетворювача вихідної інформації відповідно до алгоритмів автоматизованого діагностування, розроблених на етапі навчання системи. У ряді випадків для підвищення точності формування діагностичних

ознак використовується моделювання за допомогою формувача діагностичних моделей, який в значній мірі полегшує процес пошуку інформативних компонентів енергетичного сигналу. Навчання системи діагностування по кожнім класі розпізнаних технологічного і технічного станів, з відповідним усередненням по класам значень діагностичних ознак і формуванням еталонів, забезпечується формувачем еталонів. У цьому модулі визначаються також граничні значення поділу класів, що відповідають граничним значенням контрольованих параметрів технологічного і технічного станів ГЕМК. Ці значення можуть бути виведені експериментально або через ідентифіковані моделі об'єкту та системи керування. Модуль когнітивних структур забезпечує структурування інформації. З його допомогою визначення поточного комплексного стану на підставі порівняння з еталонними значеннями діагностичних ознак, що зберігаються в цьому ж модулі, формується рішення про приналежність поточного стану ГЕМК до того або іншого класу технологічних або технічних станів. Таким чином, ставиться поточний діагноз, на базі якого в модулі формування керуючих впливів синтезується керуючий вплив (перевід в інший оперативний стан або аварійне відключення).

Модулі поточного діагнозу і прогнозу здійснюють інформаційне забезпечення систем сигналізації і документування та по аналізу трендів контрольованих параметрів виконують короткострокове або довгострокове прогнозування залишкового ресурсу ГЕМК з формуванням можливих рекомендацій термінів поточного або капітального ремонтів.

Процедура автоматизованого діагностування складається з двох взаємообумовлених фаз: етапу навчання системи діагностування та етапу розпізнавання. На першому етапі навчання розробляється алгоритм діагностування, для чого аналізуються такі інформаційні характеристики як кореляційні функції (рис. 2) та спектральні щільності (рис. 3) що властиві енергетичним процесам та сигналам при нормальному, штатному стані ГЕМК та з появою можливих дефектів, і на їх основі складається словник інформативних ознак множини несправностей. В подальшому обираються функції, які класифікують та встановлюють правила для розпізнавання необхідних станів. Для цього в просторі ознак формуються зони, що відповідають градаціям контрольованого параметра граничної можливості стану ГЕМК і на основі розроблених алгоритмів поточним інформативним характеристикам енергетичного сигналу ставиться у відповідність поточний стан об'єкту та автоматизованої системи керування технологічним процесом.

Головна складність такого підходу полягає у визначенні та формуванні інваріантних діагностичних ознак при вкрай обмеженому обсязі апріорної інформації щодо довірчих границь зон штатного та дефектного станів. Рішення цієї проблеми можливе за допомогою апостеріорної інформації, для чого необхідна організація контролю представницьких діагностичних ознак, що в цілому характеризують поточний стан ГЕМК, а також відповідна статистична оцінка градієнта їх зміни в часі.

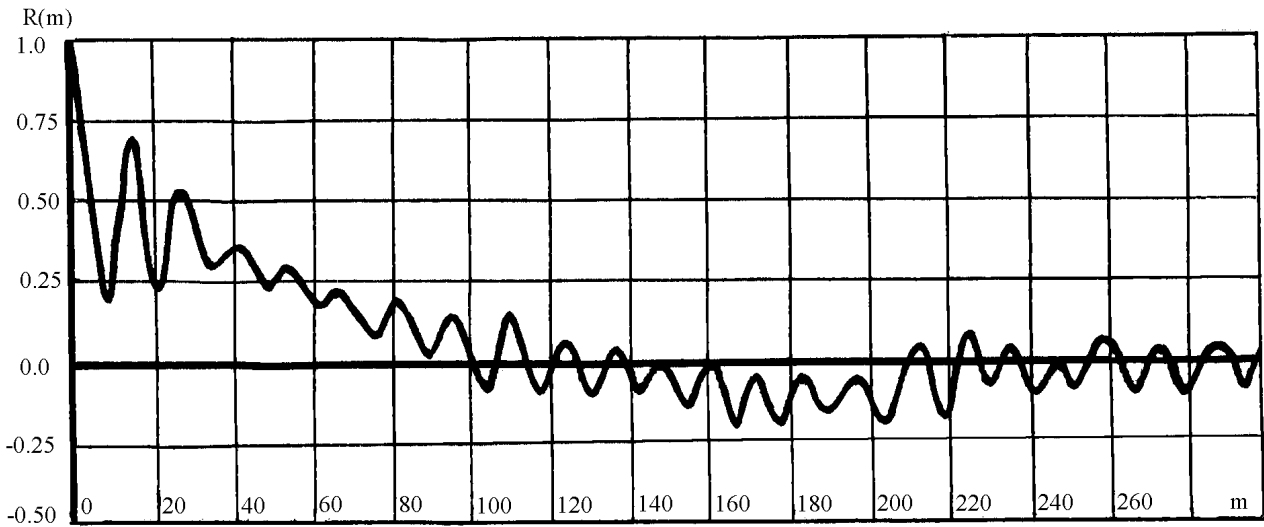


Рис. 2. Типова автокореляційна функція сигналу активної потужності привідного двигуна постійного струму ДП82 ГЕМК типу чашковий окомкувач в штатному стані

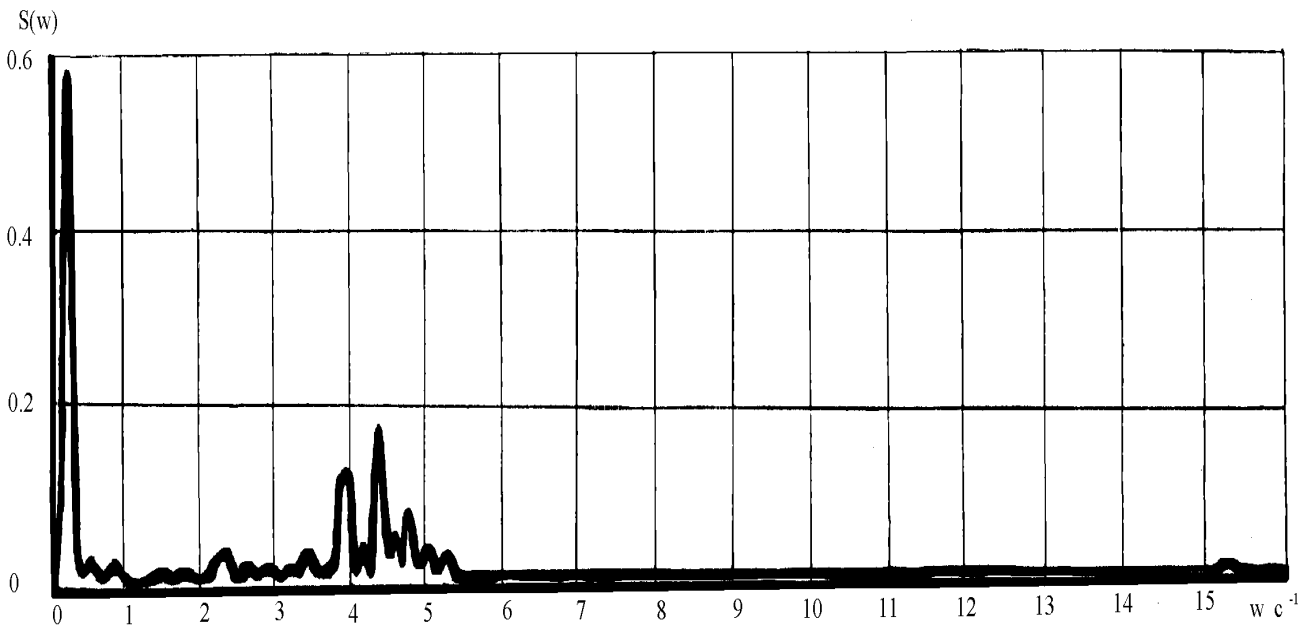
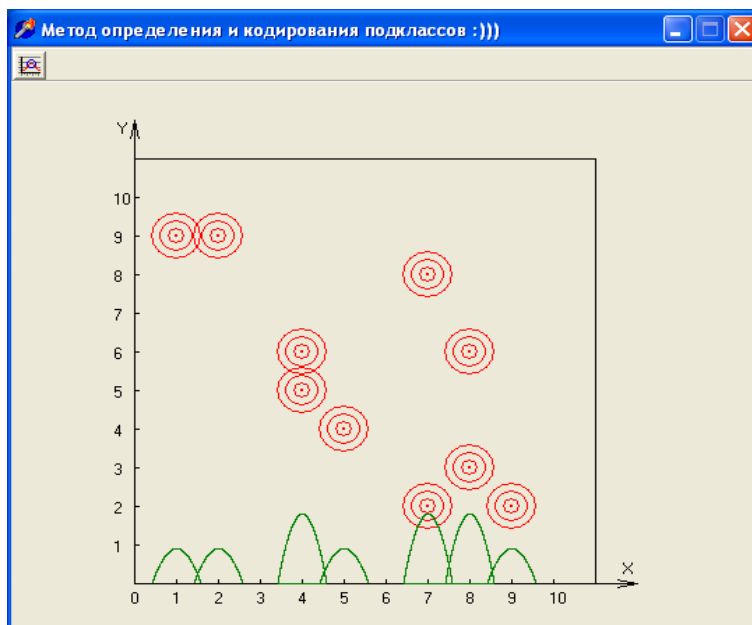


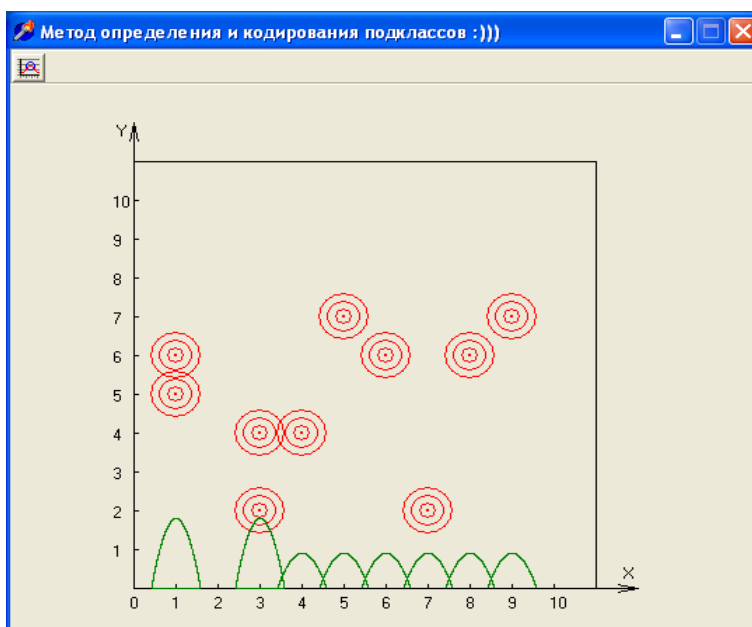
Рис.3. Типова спектральна щільність сигналу активної потужності привідного двигуна постійного струму ДП82 ($N=120$ кВт, $n=450$ об/мин, 220В) ГЕМК типу чашковий окомкувач ($D=7.5$ м, № 31-5, ФОК-1, Лебединський ГЗК) в штатному стані

В алгоритмічному забезпеченні модулів базової автоматизованої системи діагностування при розпізнаванні можуть бути застосовані не тільки вказані в її структурі методи еталонів, а й інші детерміновані та стохастичні методи: ближ-

ніх сусідів, кластерний аналіз, максимуму вірогідності, по мінімаксному критерію, по критерію Неймана-Пірсона, заснованих на застосуванні логічних ознак і т.д. Ефективним показав себе на практиці метод лінійних порогових елементів при визначенні та кодування підкласів різних станів, що використовується для визначення груп об'єктів або діагностичних ознак об'єктів в n-мірному просторі вимірів (рис. 4.).



а.



б.

Рис. 4. Приклад візуалізації результату аналізу і кодування простору, в якому є множина груп діагностичних ознак ГЕМК для двох різних станів (а, б)

Інформаційні можливості енергетичної діагностики визначаються тим, що сигнали датчиків, містить як корисну інформацію про стан об'єкту, так і фриктивну (шумову) інформацію. Тому проблема формування діагностичних ознак ГЕМК пов'язана з проблемою виділення корисного сигналу на фоні перешкод. Для практичної реалізації цієї проблеми застосовуються процедури фільтрації, стробіювання, детектування, синхронного нагромадження і ряду інших, котрі збільшують значення відносини сигнал/перешкода. Для виділення корисного сигналу використовується також підвищення чутливості діагностичної ознаки за рахунок виділення інформативних сигналів в значимих зонах, зонах резонансів і кінематичних зонах, як всієї структури ГЕМК, так і окремих її конструктивних елементів.

Таблиця 1

Таблиця основних причин збуджень ГЕМК,
що мають відношення до гармонік частоти обертання

Характерні причин збуджень	Інформативні частоти	Примітки
Неврівноваженість роторного вузла	f_{vr}	Основна причина збільшення коливальності комплексу
Відхилення від співвісності валів	Звичайно f_{vr} , $2f_{vr}$, іноді $3f_{vr}$ і $4f_{vr}$	Звичайний дефект
Зазори в підшипниках ковзання	Субгармоніки f_{vr} , особливо $1/2$ і $1/3 f_{vr}$	Дефект виявляється тільки на робочій швидкості і температурі
Руйнування масляної плівки в підшипниках ковзання (барабанні млини)	$(0,38 \div 0,54) f_{vr}$	Має місце тільки у високошвидкісних або важко навантажених агрегатах
Механічний люфт	$2f_{vr}$	А також субгармоніки і комбінаційні гармоніки
Неврівноваженості в комплексах зворотно-поступального принципу дії	f_{vr} і/або $n f_{vr}$, n -число незбалансованих елементів	Зростає зі зростанням частоти обертання
Коливання викликані електричними силами	f_{vr} або f_{vr} і $2f_{vr}$, синхронізоване частотою електродвигуна	Зростає зі зростанням навантаження

Розглянуті прийоми необхідно використовувати для визначення стану ГЕМК на всіх етапах їхнього життєвого циклу: на стадії виготовлення, експлуа-

тації і ремонту, хоча для кожного з цих етапів є свої специфічні особливості. Так на етапі виготовлення характерний і природний підхід, пов'язаний з набором статистичних даних, з формуванням еталонів по групі комплексів, де враховується їх структурна кінематика і розкид параметрів по кожному з них. На стадії експлуатації в залежності від числа та вартості складових конструктивних елементів можливі кілька підходів. При діагностуванні однотипних ГЕМК, наприклад поширених бурових комплексів типу ЗИФ-650М, УКБ-50/100, УКБ-200/300 і т.д. правила розробляються з врахуванням статистики. Для унікальних по структурі бурових комплексів типу УКБ-1200/2000, УКБ-2000/3000 і т.д. правила діагностування треба розробляти на основі індивідуального спостереження за їх характеристиками з ціллю визначення тренда та індивідуального прогнозування істотних відхилень діагностичних параметрів, що можуть привести до аварій. Специфіка діагностування ГЕМК полягає в тому, що в стендових умовах важко моделювати найбільш ймовірні несправності та оцінити характер їх прояву в енергетичному сигналі, через значні масово-габаритні параметри гірничих комплексів. Тому для ефективності задач автоматизації діагностування важлива ідентифікація ГЕМК на основі контрольованих параметрів в функціональних робочих режимах, коли в сигналах відображаються реально діючі технологічні та технічні впливи.

У реальних умовах гірничого виробництва енергетичні процеси в ГЕМК досить далекі від синусоїдальних і відображення їх у формі детермінованих синусоїдальних коливань досить грубо показує вплив несправностей на енергетичні сигнали. При цьому основними причинами збільшення амплітуд коливань на оборотних частотах роторних вузлів (робочі інструменти) можуть бути, як відхилення від співвісності валів, так і порушення геометрії вузлів обертання (породоруйнуючі інструменти, підшипникові опори, муфти і т.п.), а також періодичні сили, порушені технологічним процесом (табл. 1). Ці данні по частотним характеристикам енергоінформаційних сигналів співпадають в основному з даними роботи [2] відносно загальних характеристик механізмів.

Підсумовуючи, слід сказати, що для ідентифікації причини зміни амплітуд на оборотній частоті конструктивного вузла ГЕМК і визначення виду збудження, потрібне використання додаткової інформації. Особливо необхідна така інформація при нерівномірному зносі породоруйнуючих інструментів або забрудненню, що відбиваються на амплітудах коливань роторних частот f_{vr} , або несправностях зубцюватого зачеплення типу накопиченої похибки або поломки.

Висновок. Таким чином, специфіка енергетичної діагностики та ідентифікації полягає в тому, що незважаючи на значну різницю практичних методів і технічних засобів технологій енергоінформаційного діагностування, які можна застосувати на кожному етапі життєвого циклу ГЕМК, що обумовлено і різним характером виникаючих дефектів, і відображенням їх в сигналах, і розмаїтістю умов роботи комплексів, і вимогами цільових функцій діагностування, можна визначити загальні закономірності. І чим на більш ранній стадії вдається виявити

появу дефекту, тим більш вірогідне виключення розвитку аварійної ситуації. Це можливо з найбільшою ймовірністю під час реалізації другого шляху синтезу автоматичних систем енергетичної діагностики та ідентифікації.

Перелік посилань

1. Мещеряков, Л.И., Руссу, А.Ю., Карпиков, Д.С. (2006). Информационные характеристики технологической системы бурения. Горная электромеханика и автоматика. 103–108.
2. Генкин, М.Д., Соколова, А.Г. (1987). Виброакустическая диагностика машин и механизмов. М.: Машиностроение.
3. Мещеряков, Л.И., Дудля, М.А., Бородай, В.А., Хархардина, Д.В. (2011). Исследование воздействия технологических нагрузок на локально устойчивые состояния барабанных мельниц. Збірник наукових праць НГУ, 28–36.
4. Meshcheriakov, L., Tokar, L., Ziborov, K., (2015). Identification of stabilizing modes for the parameters of drilling tools. Energy Efficiency Improvement of Geotechnical Systems, 135-142.

ABSTRACT

Purpose. Forming of structure of subsystem of diagnostics of mountain electromechanics complexes that secures the basic customer population of existence of process of diagnostics with the use of informative descriptions of power parameters.

The methodology. A method is used of the coherent forming of structure of the modules of subsystem of the energoinformational diagnosing furnaces of electromechanics complexes.

Finding. A result a base structure is formed of the pidsystemi diagnosing furnaces of electromechanics complexes, which secures the basic requirements of functioning of process of the energoinformational diagnosing.

The originality. Consists of forming and use in the structure of subsystem of diagnosing of the modules of kognitivnih structures of energoinformatsii.

Practical implications. Practical expedience of sformirovanoy subsystem of the energoinformational diagnosing of mountain electromechanics complexes is confirmed by the great number of functional possibilities plugged in the structural modules.

Keywords: *mountain electromechanics complexes, subsystem of diagnosing, informing descriptions, authentication, visualization, correlation function, spectral closeness*