

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Ясір Юсеф Хуссейн Аль Хатіб

УДК 621.926.534.16

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ СТАНІВ БАРАБАННИХ
МЛИНІВ НА ОСНОВІ СПЕКТРАЛЬНИХ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ОЗНАК**

Спеціальність:

05.13.07 - «Автоматизація процесів керування»

Автореферат

дисертації на здобуття ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ - 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі програмного забезпечення комп'ютерних систем Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ) Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор

Мещеряков Леонід Іванович

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем (м. Дніпропетровськ).

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

Горбійчук Михайло Іванович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри комп'ютерних систем.

кандидат технічних наук, професор

Кондратець Василь Олександрович

Кіровоградський національний технічний університет Міністерства освіти і науки України, професор кафедри автоматизації виробничих процесів.

Захист відбудеться «14» червня 2013 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.07 при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

Автореферат розісланий «13» травня 2013 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доцент

О.В. Остапчук

Ясір Юсеф Хуссейн Аль Хатіб

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ СТАНІВ БАРАБАННИХ МЛИНІВ
НА ОСНОВІ СПЕКТРАЛЬНИХ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ОЗНАК**

(Автореферат)

Підписано до друку 07.05.2013. Формат 60 x 90/16.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 300 прим. Зам. №

Державний ВНЗ «НГУ»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К.Маркса, 19.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Проблеми рудопідготовки в Україні, які включають процеси самоподрібнення руд в барабанних млинах, як найбільш енергоємні, являються найгострішими та актуальними на гірничозбагачувальних комбінатах. Тому зниження матеріальних і енергетичних витрат на ці технологічні процеси шляхом інтелектуальної ідентифікації технологічних і технічних станів барабанних млинів на основі спектральних методів формування інформаційних ознак і розробка автоматизованої системи інтелектуальної підтримки ухвалення рішень в умовах невизначеності для оперативного діагностування стану устаткування, цілком забезпечує істотний економічний ефект.

Дослідження низки провідних вчених В.В. Диаконенко, В.А. Воронова, О.М. Марюти, М.І. Горбійчука, Ю.Г. Качана, Є.В. Кочури, В.О. Кондратца, В.С. Моркуна, В.М. Назаренка, И.В. Новицького, В.С. Процуто, О.М. Тихонова, О.В. Паркуян, В.О. Ульшина, В.П. Хорольського, А. Дж. Лінча, Д. Гілберта та багатьох інших саме присвячені розробці систем керування гірничими комплексами і саме процесу самодрібнення руд в барабанних млинах (БМ).

При цьому, найбільш ефективними системами інтелектуальної підтримки прийняття рішень є такі, що ґрунтуються на використанні ідентифікованої математичної моделі в контурі керування. Реалізація цих систем вимагає оперативного визначення значимих діагностичних ознак, що чутливі до змін технічного стану робочого органу барабанного млина, як найбільш навантаженого конструктивного елемента системи та відповідної зміни технологічних станів при заповненні барабана рудою, що подрібнюється.

Визначено, що сигнал миттєвої потужності електродвигуна барабанного млина є високоінформативним, а його використання при керуванні процесом самодрібнення руд здійснюється на даний час не повною мірою. Оскільки вимірювання споживаної миттєвої потужності електродвигуна приводу млина можна проводити достатньо легко в реальному часі, то це дозволяє своєчасно і достовірно визначати технічний стан компонентів броні барабана млина за непрямими показниками та відповідно корегувати основні параметри технологічного процесу самодрібнення руди. Тому розв'язання науково-технічної задачі забезпечення автоматизованого контролю ступеня зношування броні через створення і удосконалення засобів інформаційного та математичного забезпечення, які гарантують підвищення якості в створеній системі інтелектуальної підтримки прийняття рішень, дозволяє суттєво поліпшити техніко-економічні показники збагачення руд в барабанних млинах.

Таким чином, обґрунтування, розробка та впровадження методів інтелектуальної ідентифікації процесів самодрібнення руд та зносу компонентів броні з метою зниження похибок їх моделей, призначених для побудови систем інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності, є актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. В основу дисертаційної роботи покладені матеріали, що використовують дослідження автора у рамках реалізації науково-дослідних робіт, що виконувались в Державному ВНЗ «Національний гірничий університет» відповідно до закону України № 2633-14 від 11 липня 2001 р. «Про пріоритетні напрямки розвитку

науки і техніки» та Постанов Кабінету Міністрів України «Про заходи щодо розвитку гірничо-металургійного комплексу», «Про хід виконання Програми розвитку залізорудної промисловості України». Дисертаційна робота є складовою частиною досліджень, що проведені у Державному ВНЗ «Національний гірничий університет» за науково-дослідними темами «Дослідження і розробка методів діагностики і управління технологічними процесами в гірничій промисловості» (№ ДР 0105U005085), «Розробка та дослідження змісту і комплексних кваліфікаційних завдань за спеціальністю – 7.160105 Захист інформації в комп'ютерних системах та мережах» (№ ДР 0107U005084), де автор брав участь як виконавець.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є розв'язання актуальної наукової задачі удосконалення інформаційного забезпечення процесів ідентифікації стану робочого органу барабанного млина в умовах зміни динамічних режимів роботи, для підвищення продуктивності, зменшення ресурсних і енергетичних витрат.

Для досягнення мети поставлені та вирішені наступні завдання:

– дослідження точності ідентифікації процесів мокрого самоздрібнення руд і зносу конструктивних елементів броні барабана млина при зміні їх технологічних режимів роботи;

– застосування методу моментної ідентифікації до процесів мокрого самоздрібнення руд і зносу конструктивних елементів броні, що враховує нелінійні характеристики ідентифікованих моделей та не призводить до суттєвого збільшення обчислювальних витрат;

– розроблення методики, алгоритмів та програмного забезпечення для розв'язання задач ідентифікації процесів мокрого самоздрібнення руд і зносу конструктивних елементів броні;

– дослідження ефективності ідентифікації процесів мокрого самоздрібнення руд і зносу конструктивних елементів броні барабана млина у класі інтелектуальних прогнозуючих моделей;

– виконання оцінки ефективності розпізнавання передаварійних станів конструктивних елементів броні барабана млина на основі використання розроблених інтелектуальних моделей.

Об'єкт дослідження є технічні, технологічні, інформаційні процеси мокрого самоздрібнювання руд на гірничо-збагачувальних комбінатах.

Предмет дослідження є методи ідентифікації процесів зносу компонентів броні барабанних млинів, як об'єктів керування.

Методи дослідження. В основу досліджень покладені методи теорії ймовірності та статистичного оцінювання, математичного моделювання, кореляційного, спектрального аналізів, метод моментної ідентифікації сигналів – для планування, проведення і обробки результатів експериментів, дослідження інформаційних характеристик; методи систем штучного інтелекту (системи нечіткої логіки) для синтезу прогнозуючих моделей процесів зношування компонентів броні барабанів млинів та розробки програмного забезпечення систем інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності технічного стану броні БМ.

Наукові положення:

1. Автоматичний контроль ступеня зносу конструктивних компонентів броні барабанних млинів в межах довірчих інтервалів забезпечується за методом інтелектуальної ідентифікації параметрів інтервалів дискретизації та квантування вищих моментних функцій і їх спектрів від миттєвих значень споживаної активної потужності електродвигуна БМ, що дозволяє, на відміну від відомого контролю стосовно загальній потужності, підвищити точність визначення технічного стану броні, отримати моделі зі зниженими похибками.

2. Визначення тренду перетворення моментних функцій миттєвих значень реалізацій сигналів споживаної активної потужності електродвигунами БМ мокрого самоздрібнювання руд забезпечує приріст чутливості зміни ступеня зносу компонентів броні до моментної функції п'ятого порядку включно, що на відміну від відомого контролю зносу броні з візуального обстеження при зупинках млина, дозволяє автоматично контролювати процес зносу компонентів броні барабану, підвищити терміни використання плит броні та відповідно ефективність процесу самоздрібнювання руд.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше отримані експериментальні залежності моментних інформаційних характеристик сигналів споживаної електродвигунами БМ потужності від стану останніх, які відображаючи єдиний динамічний процес подрібнення та технічний стан конструктивних вузлів броні футеровки барабанних млинів, на відміну від відомого, забезпечують можливість організації оперативної автоматичної системи раннього діагностування.

2. Вперше встановлена залежність максимумів основних частотних інтервалів спектрів моментних функцій, обумовлених взаємодією конструктивних компонентів броні з рудним завантаженням барабана від технічно-технологічного стану млинів, що дозволяє підвищити якість ідентифікації для різних режимів функціонування із зниженням похибок інтелектуальних прогнозуючих моделей.

3. Одержав подальший розвиток метод моментної ідентифікації процесів мокрого самоздрібнювання руд шляхом включення в нього визначення моментних функцій п'ятого порядку та відповідно спектрів від них, що дозволяє підвищити чутливість визначення аварійних станів за конструктивними елементами броні барабанних млинів.

4. Вперше отримані інтелектуальні прогнозуючі моделі процесів зміни технічного стану конструктивних елементів броні БМ, що дозволяють знизити похибки моделей і підвищити якість керування цими процесами.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблена методика моментної ідентифікації процесів самоздрібнювання руд, яка включає процедури визначення зміни режимів роботи цих процесів та їх ідентифікацію, що дозволяє здійснювати її в режимі реального часу шляхом параметричної оптимізації моделей цими процесами.

2. Розроблено алгоритм автоматичного контролю ступеня зносу конструктивних елементів броні футеровки, що на відміну від встановлення ступеня зносу броні при зупинках млинів, дозволяє автоматично контролювати цей параметр оперативно в робочих режимах без зупинок, та підвищує техніко-економічні показники процесу самоздрібнювання руд в барабанних млинах.

3. Розроблено програмне забезпечення запропонованих методик та алгоритмів ідентифікації процесів самоздрібнювання руд і зносу компонентів броні, що дозволяє скоротити строки та витрати на їх проектування.

Розроблені методики, алгоритми та програми використані при виконанні держбюджетної науково-дослідної роботи, впроваджені ВАТ Проектний та проектно-конструкторський інститут «Металургавтоматика» в проект АСКТП гірничо-збагачувальних фабрик і використані як технічні пропозиції та рекомендації при проектуванні автоматизації секцій 10, 12 РЗФ-2 ВАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» (проект № 0476).

Особистий внесок здобувача. Усі наукові положення і результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. Здобувач брав безпосередню участь в теоретичних дослідженнях та в роботах із впровадження отриманих результатів, а також самостійно виконав прикладні дослідження.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали схвалення на VI, VII, VIII міжнародних науково-практичних і методичних конференціях «Інформаційні технології у сфері дистанційної освіти, міжнародної співпраці і інтеграції освіти, науки і виробництва» (м. Дніпропетровськ, 2009 – 2011 р.), X міжнародній конференції «Проблеми використання інформаційних технологій в сфері освіти, науки і виробництва» (м. Дніпропетровськ, 2013 р.).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковані в 13 роботах, з них 11 у наукових фахових виданнях і 2 в матеріалах конференцій.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи – 215 сторінок, із них 138 сторінок – основний текст. Дисертація містить 66 рисунків, 38 – таблиці, список використаних джерел із 131 найменувань на 12 сторінках, і 3 додатки на 14 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовані мета і задачі досліджень, наведений зв'язок роботи з науковими програмами і темами, викладена наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.

У **першому розділі** виконаний аналіз існуючих методів, засобів та математичних моделей автоматизації контролю технічного стану робочого органу барабанних млинів, а також аналіз інтелектуальних методів ідентифікації технологічних процесів самоздрібнення.

Барабан млина має в середині розташовані по колу конструктивні елементи броні – ліфтери та плити броні між ними. При обертанні барабана матеріал, що мелеться, відцентровою силою притискається по периметру, підіймається, потім, досягнувши визначеної висоти, починає падати або скочуватися вниз. З протилежної сторони, в технологічному процесі здрібнення руди відбувається також і зношування компонентів самої броні, тому важливо виявити момент зупинки млина для заміни зношених компонентів броні. В сучасній технології для цього ураховують число робочих годин та пропускну спроможність для непрямого

визначення терміну служби броні та її заміни, а також виконуються періодичні зупинки млинів з візуальним обстеженням. Проведений моніторинг вимагає значних матеріальних та енергетичних витрат. Тому для технології виробництва важливо уникати зношування плит броні за рахунок своєчасної заміни зношених ліфтерів. При цьому в процесі здрибнення в барабані вся сила падаючого матеріалу, прикладається в верхню частину ліфтера і броню в зоні “п'яти”. У цей момент відбувається заповнення рудою простору між ліфтерами над плитою і в період подальшого проходу броні під сегментом руди заповнення, який виконує обертально-коливальні рухи, здійснюється інтенсивне стирання торців ліфтерів і матеріалу заповнення між ліфтерами об сегмент заповнення. Після того як зноситься верхня частина ліфтера до рівня виступів плити броні, настає критична ситуація, коли матеріал заповнення не утримується в просторі між ліфтерами і не закриває від зносу плити. З цього моменту починається інтенсивне стирання не тільки торцевих частин ліфтерів, але і плит. Важливо контролювати висоту ліфтерів для своєчасної їх заміни і уникання зношування плит броні, що значно дорожчі.

Проведений аналіз досліджень ударних взаємодій, які формуються робочим інструментом броні в системі БМ показав, що при будь-якому ступені заповнення барабана рудою в районі безперервної взаємодії матеріалу, що обсипається і падає, з компонентами броні утворюється зона, так звана “п'ятою”. При обертанні барабана млина, обладнаного ліфтерами, відбувається удар ліфтерів, що набігають, з рудою цієї зони. Основою розгляду даного явища як ударного є відносна короткочасність взаємодії дотичних поверхонь за час якого відбуваються різкі зміни координат точок системи взаємодії, а також раптового виникнення і зникнення значних ударних сил. При цьому система рівнянь для визначення сили удару ліфтера і подрібнюваного матеріалу в зоні контакту може для цього випадку мати вигляд:

$$\begin{cases} m_b \frac{d^2 x}{dt^2} = N \cos \beta \\ N = c_2 \left[(-V_2 \cos \alpha + V_2'') - U_2^1 \right] \\ \varepsilon = x_2 - x_1 = f(N) . \end{cases} \quad (1)$$

Аналіз ударних імпульсів, що формуються взаємодією ліфтерів та руди заповнення барабану, при різних технологічних режимах, для млинів з новими і зношеними ліфтерами показує, що виникаючі при зіткненні ліфтерів з рудним завантаженням ударні імпульси залежать від коливальних рухів та величини рудного заповнення, та найбільш сильно залежать від зносу ліфтерів по висоті.

На сьогодні відомий широкий спектр різних способів діагностування оперативного стану гірничих комплексів. Їх аналіз показує, що найбільш економічно ефективним для барабанних млинів є метод інтелектуального прогнозування оперативного стану, який ґрунтується на аналізі сигналу споживаної миттєвої потужності електродвигуна приводу за допомогою модифікованого методу моментної та спектральної ідентифікацій.

У другому розділі дисертації виконані теоретичні дослідження формування

інформаційних ознак за конструктивними складовими барабанних млинів (БМ), як об'єктів автоматичного контролю і управління, для обґрунтування методів технічного і технологічного діагностування.

Визначення ідентифікаційних оцінок режимних характеристик БМ у роботі проводилося за кореляційними таблицями. Причому визначалися внутрішні інформаційні зв'язки між різними технологічними станами для БМ ММС 70*23. Як вхідна змінна u_1, u_2, \dots, u_N приймався параметр заповнення, за вихідну величину y_1, y_2, \dots, y_N приймалися значення споживаної миттєвої потужності і за змінну стану x_1, x_2, \dots, x_N ступінь зношування броні. Для заповнення кореляційних таблиць використовувалися дані виміряних послідовностей відповідних сигналів. Отримані таким чином значення в кожній клітинці таблиці позначені через $v(x, u, y)$. Кожне із значень $v(x, u, y)$ ділилося на загальне число заміряних точок в реалізації і знаходилися оцінки вірогідності сумісної появи x, u і y , тобто оцінки тривимірної щільності випадкових величин x, u і y . Також визначалися частоти $v(x), v(u)$ і $v(y)$ появи відповідних значень x, u і y в реалізаціях, які знаходилися підсумовуванням значень відповідних рядків і стовпців кореляційних таблиць як

$$v_j(y) = \sum_{i=1}^k \sum_{l=1}^k v_{ijl}(x, u, y) \quad v_l(u) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k v_{ijl}(x, u, y) \quad v_j(y) = \sum_{i=1}^k \sum_{l=1}^k v_{ijl}(x, u, y) \quad (2)$$

За кореляційними таблицями виконано обчислення оцінок математичних очікувань, дисперсій, коефіцієнтів кореляції, регресії, дисперсійних відносин і середньоквадратичних відхилень коефіцієнтів кореляції, дисперсійних відносин реалізацій сигналів u, x і y . Таким чином, визначалися характеристики для кожного фіксованого значення t випадкових функцій входу $u(t)$, стану $x(t)$ і виходу $y(t)$. Аналіз отриманих результатів обробки показав, що значення взаємних кореляційних функції $r_{YX}(m), r_{YU}(m), r_{XU}(m)$ і взаємних дисперсійних функцій $\eta_{YX}(m), \eta_{YU}(m), \eta_{XU}(m)$ свідчать про наявність істотного нелінійного статистичного зв'язку між заповненням, зношування броні та споживаної привідним електродвигуном потужності. Це підтверджує коректно ідентифіковану нелінійність цієї форми взаємозв'язку і закладається база визначення структури представлення барабанного млина як об'єкту автоматичного управління через лінійну і нелінійну складові.

Барабанні млини, як крупногабаритні гірничі електромеханічні конструкції, з позицій теорії катастроф можуть бути описані за допомогою потенційних функцій, мінімальні значення яких визначають локально стійкі стани. При цьому оперативний технічний стан БМ описується положенням точки в деякому просторі станів конструкції. Із збільшенням навантаження на конструкцію БМ потенційна функція змінюється. Значне навантаження може привести до втрати стійкості конструкції БМ, тобто до її руйнування унаслідок порушення локально стійкого стану, який є для даної системи розрахунковим. Застосування методу теорії катастроф дозволили визначити чутливість БМ як до неякості збірки конструкції, так і до динамічної дії і відповідно до рівноваги, стійкості і втрати стійкості, а також до можливих форм руйнування. З огляду на те, що між

конструктивними елементами БМ існує сильний зв'язок, то остання обставина має важливе практичне значення, оскільки свідчить про те, що в системах БМ, складених з конструкційних елементів, можуть виникати несподівані форми руйнування з жорсткою чутливістю до недосконалості.

Для моделі БМ, що розглядається, динамічна чутливість до недосконалості більш істотна, ніж статична. Так, якщо нижню поверхню барабана БМ прийняти в моделі у вигляді пологою арки з негативним значенням, то рівноважна форма такої арки за відсутності сил навантаження і початкових дефектів визначається як стан або форма арки під навантаженням. Арка, що руйнується, математично описується за допомогою катастрофи подвійної збірки. Спочатку є два нестійкі стани рівноваги з $a_2 \neq 0$ поблизу стійкого стану рівноваги $a_2 = 0$. Ці два нестійкі стани рівноваги відповідають положенню «поклацування». При зростанні навантаження F поклацування арки спостерігається при менших значеннях $|a_2|$. При наближенні до критичного навантаження поклацування може мати місце вже при $|a_2| \rightarrow 0$ і невелике збурення може виявитися причиною руйнування. Недосконалість пологої арки БМ може бути обумовлена переміщенням точки навантаження та іншими причинами. Потенційна функція $V_i(x; F, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$, що описує стан недосконалої пологої арки барабана БМ при загальній деформації ростка катастрофи збірки, має вигляд

$$V_i(x; F, \varepsilon_1, \varepsilon_2) = \varepsilon_1 x + \frac{1}{2} (F_p - F + \varepsilon_2) x^2 - \frac{1}{4} x^4. \quad (3)$$

де x – координати, F_p – критичне завантаження, $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – параметри стану.

Таким чином, дослідження динаміки поведінки барабанів млинів мокрого самоздрібнення різних типів залежно від завантаження, дозволяє сформулювати наступні висновки: навантаження на нижню поверхню барабана розподіляється симетрично із зростанням від країв до центру барабана; величина рівноважної сили барабанів млинів із ступенем завантаження, що дорівнює 0% зростає із збільшенням діаметра барабана, але його поведінка має однакову тенденцію; поява негативних величин на графіках залежності критичного навантаження від прикладеної сили говорить, що поклацування пологої арки використовується при формуванні стану катастрофи. І якщо для барабана ММС 5000x2300А такий стан недосконалий, то у барабана ММС 10500x5400 небезпека катастрофи з'являється вже при завантаженні рудою в діапазоні 30-40%.

Визначення ідентифікаційних оцінок режимних характеристик БМ в роботі проводилося і за технологією обчислення моментних функцій. Окрім умовних математичних очікувань $M(X_t | X_s)$ характеристиками прихованих форм зв'язку в сигналах також служить і інші моментні характеристики – умовні дисперсія, асиметрія, ексцес і центральний момент п'ятого порядку. Для цих характеристик можуть бути розраховані такі ж статистичні оцінки. Підмножина тільки характеристик моментних функцій, які нормуються загальною дисперсією, представлені в таблиці 1. В результаті формується набір інформаційних моментних функцій для аналізу випадкових процесів реалізацій. Узагальнення числових характеристик залежностей дає можливість вивчити траєкторні особливості

взаємодії та структурні зв'язки, зокрема, зв'язки переходів між різними заповненнями. Приріст визначеності в просторі входів із збільшенням розмірності i вектора вхідних змінних через величину критерію ідентифікації може тільки зростати.

Таблиця 1 - Нормовані загальною дисперсією моментні функції

	Умовне математичне очікування $M(X_t X_s)$	Умовна дисперсія $D(X_t X_s)$	Умовна асиметрія $A(X_t X_s)$	Умовний ексцес $E(X_t X_s)$	Умовний момент п'ятого порядку $F(X_t X_s)$
	1	2	3	4	5
Момент другого порядку (D)	$\frac{DM(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{DD(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{DA(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{DE(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{DF(X_t X_s)}{DX_t}$
Момент третього порядку (A)	$\frac{AM(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{AD(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{AA(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{AE(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{AF(X_t X_s)}{DX_t}$
Момент четвертого порядку (E)	$\frac{EM(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{ED(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{EA(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{EE(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{EF(X_t X_s)}{DX_t}$
Момент п'ятого порядку (F)	$\frac{FM(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{FD(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{FA(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{FE(X_t X_s)}{DX_t}$	$\frac{FF(X_t X_s)}{DX_t}$

У третьому розділі наведені результати експериментальних досліджень закономірностей формування моментних оцінок інформаційного забезпечення діагностування оперативних станів барабанних млинів.

Для реалізації математичного апарату обчислення спектральних моментних характеристик сигналів, що використовуються в роботі та виявлення якісних інформативних ознак технологічного і технічного станів БМ було розроблено спеціальне програмне забезпечення. Методика моментної ідентифікації та розроблене програмне забезпечення були використані для аналізу реальних сигналів миттєвої потужності приводу БМ з метою ідентифікації і прогнозування його технологічного і технічного стану.

Отримані в результаті досліджень спектральні щільності моментних функцій сформували інформативні частотні інтервали, значення амплітуд і характер інтенсивності, в яких вони використовувалися як якісні ознаки для ідентифікації. Часові та частотні інтервали при цьому ідентифікувалися латинськими буквами і були зведені в таблиці. При цьому при дослідженні використовувалися наступні технологічні стани барабанного млина з заповнення барабана подрібнюваною рудою: 37% – недовантаження; 40% – перехід до недовантаження; 43% – перехід в оптимальний стан; 47% – оптимальний стан; 50% – перехід до перевантаження; 55% – перевантаження. Також в аналізі використовуються наступні умовні позначення:

- ∪ – якнайменший мінімум; ~ – точка перепаду;
- ∩ – найбільший максимум; - – немає екстремуму.

Якщо наведені позначення зустрічається в псевдонімі інтервалу, це значить,

що всі аналізовані резонансні піки інтервалу відносяться до вказаного типу. Наприклад, інформаційні характеристики прихованої періодичності автодисперсійних функцій умовних математичних очікувань щодо загальної дисперсії представлені в таблиці 2 і частотні характеристики в таблиці 3.

Таблиця 2 – Приховані періодичності автодисперсійних функцій умовних математичних очікувань сигналів миттєвої потужності млинів типу ММС 70*23

		Приховані періодичності								
		A _n	B _n	C _n	D _n	E _n	F _n	G _n	H _n	I _n
	T, з	0.09-	0.19-	0.37-	0.56-	0.65-	0.84-	1.02-	1.16-	1.30-
	φ, %	0.19	0.37	0.56	0.65	0.84	1.02	1.16	1.30	1.44
Технологічні стани по заповненню	37	0.21	0.31	0.18	0.06	0.10	0.09	0.06	0.05	0.13
	40	0.16	0.15	0.09	0.21	0.14	0.28	0.15	0.10	0.14
	43	0.25	0.16	0.21	0.10	0.09	0.18	0.20	0.20	0.13
	47	0.13	0.16	0.08	0.22	0.21	0.19	0.11	0.13	0.21
	50	0.11	0.14	0.08	0.13	0.24	0.12	0.15	0.16	0.11
	55	0.09	0.16	0.11	0.17	0.08	0.27	0.12	0.26	0.07

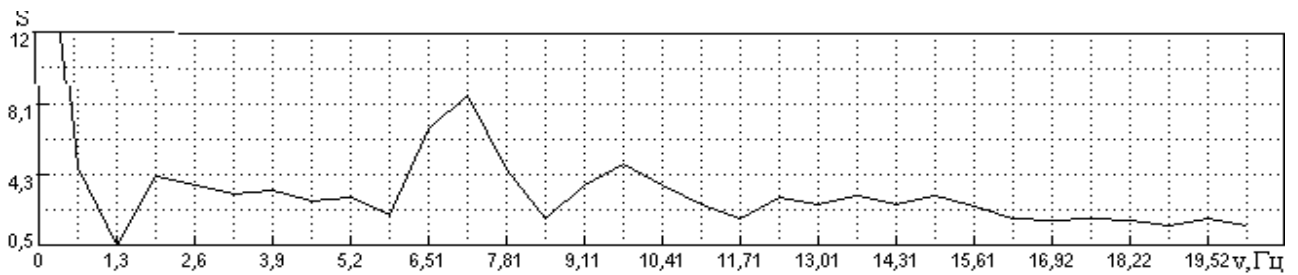
Для отриманих автодисперсійних функцій формується характерне розбиття на три групи інформаційних інтервалів: 1) А, В, С; 2) D, E, F; 3) G, H, I. – відповідно до змін співвідношень екстремумів при переході від одного стану до іншого. Для стану недовантаження характерні малі значення екстремумів всіх інтервалів окрім групи 1, де спостерігаються підйом значень до рівня 0,2 – 0,3. При подальшому завантаженні (стан заповнення 40%) спостерігається збільшення значень екстремумів у групі 2 до рівня 0,2 – 0,3, які формують співвідношення між собою у вигляді F>D>E. Значення решти екстремумів, що виділяються візуально, не перевищують значення 0,16. При переході в оптимальний стан (43%) найбільшими стають значення екстремумів груп 1 і 3, а в групі 2, навпаки, значення екстремумів падають, за винятком інтервалу F, значення екстремуму якого приблизно відповідає групам 1 і 2. Для оптимального стану (47%) характерне те, що значення екстремумів інтервалів групи 2 є найбільшими і приблизно рівними між собою. В оптимальному стані також виділяється екстремум інтервалу I. В станах відповідних перевантаженню спостерігається загальний спад значень екстремумів, за винятком інтервалів E для стану заповнення 50% і F, H для стану заповнення 55%, які приймають максимальні значення.

Таблиця 3 – Амплітудно-частотні характеристики автодисперсійних функцій умовних математичних очікувань миттєвої потужності млинів ММС 70*23

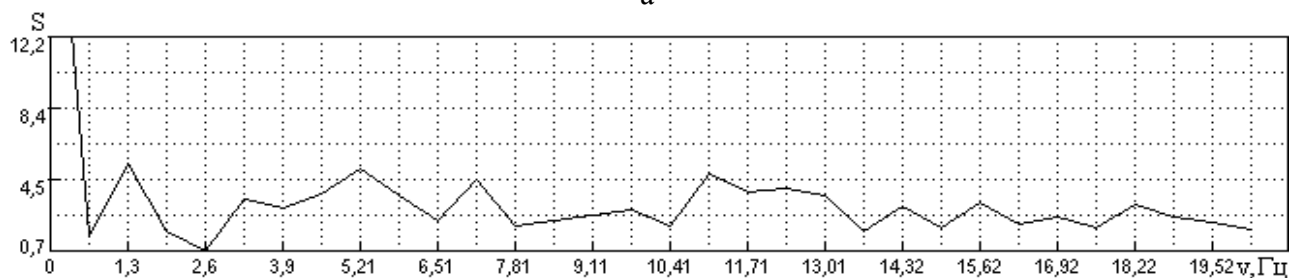
		Амплітудно-частотні характеристики				
		A	B	C	D	E
	ν, Гц	0.00	3.25	7.15	10.39	12.34
	φ, %					
Технологічні	37	∩ 21.7	-	∩ 6.40	-	∩ 4.90
	40	∩ 28.1	∩ 5.31	∪ 2.07	∪ 2.93	-

стани по заповненню	43	\cap 25.4	\cup 3.15	\cap 8.55	-	\cap 3.03
	47	\cap 25.9	\cap 3.46	\cap 4.50	\cup 2.00	\cap 3.98
	50	\cap 25.8	\cap 4.94	\cap 5.78	\cap 4.80	\cup 3.04
	55	\cap 24.5	\cap 8.15	\cap 6.68	\cap 4.73	\cup 2.49

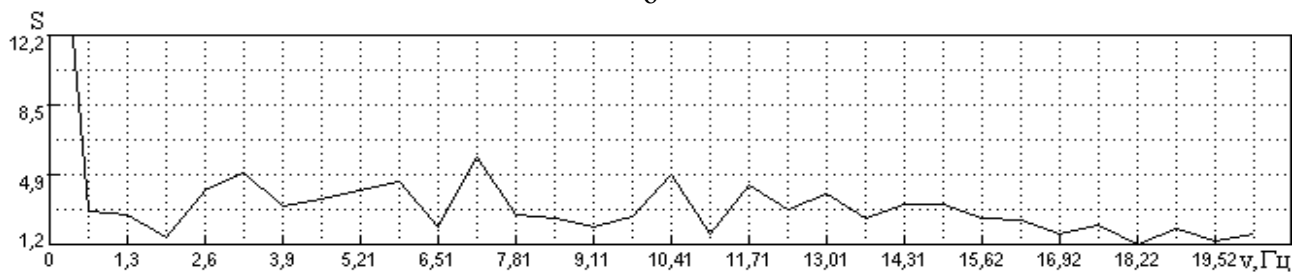
НЮ



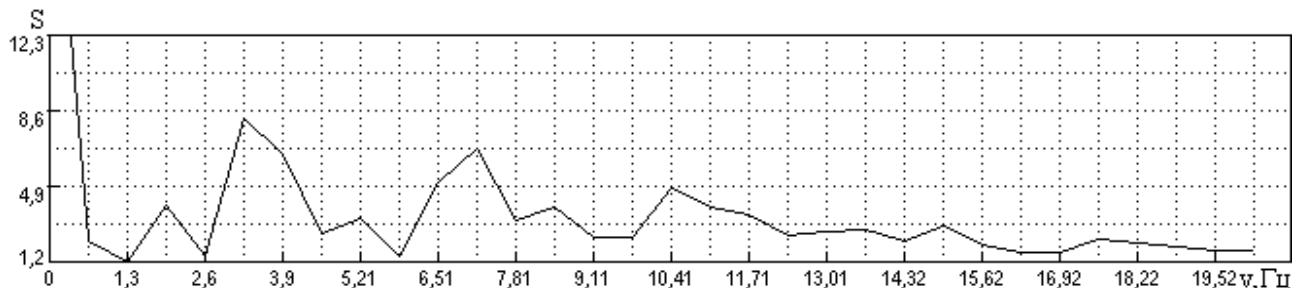
а



б



в



г

Рис. 1. Спектральна щільність автодисперсійних функцій умовних математичних очікувань щодо загальної дисперсії для споживаної потужності млинів ММС 70*23 по заповненню: а – 43%; б – 47%; в – 50%; г – 55%;

Відповідно, в таблиці 3 представлені амплітудно-частотні характеристики автодисперсійних функцій. Для спектральної щільності даної автодисперсійної функції (рис. 1) показовими є частоти В і Е. При недовантаженні на частоті В екстремуму немає, а в стані заповнення 40% і в стані перевантаження екстремум приймає найбільші значення, а в оптимальному режимі – якнайменші. Слід відмітити, що при переході в оптимальний режим (43%) тип екстремуму мінімум, а в оптимальному стані стає максимальним. Значення екстремуму на частоті Е приймає максимальне значення при недовантаженні, а при переході в оптимальний

режим знижується і в оптимальному режимі знову зростає, а потім знижується до мінімального значення при перевантаженні. При недовантаженні і в оптимальному стані тип цього екстремуму – максимум, при перевантаженні – мінімум.

Визначені в результаті досліджень закономірності за максимальними і мінімальними значеннями інформаційних характеристик автокореляційних, автодисперсійних, автоасиметрійних автоексцесійних функцій і моментних функцій 5-го порядку сигналів потужності електродвигуна БМ ММС 70*23, а також спектральні щільності від них в заданій символіці зведені в таблицях. Показники інформаційних характеристик, у вигляді кількості та характеру екстремумів спектрів моментних функцій різних типів, що використовують центральні моменти при збільшенні ступеня підвищують чутливість ознак, які додають інформацію для збільшення точності ідентифікації.

Четвертий розділ присвячений процесу інтелектуальної ідентифікації технічного стану базових компонентів броні барабанного млина та розробці програмного забезпечення для практичної реалізації інформаційної системи інтелектуального діагностування стану млина.

Інтелектуальна прогнозуюча модель комплексної оцінки ступеня зносу компонентів броні барабанного млина синтезована на основі методу інтелектуальної ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань. Побудова моделі проводилася в два етапи: перший – структурна ідентифікація; другий – параметрична ідентифікація. Сформоване дерево логічного висновку діагностики ступеня зносу компонентів броні БМ представлено на рис. 2.

Структурі прогнозуючої моделі для диференціальної діагностування ступеня зношування ліфтерів БМ (рис. 2) відповідає система рівнянь:

$$x = f_x(z_1, z_2, y_9);$$

$$z_1 = f_{z_1}(y_1, y_3, y_7, y_{12}, y_{13}); \quad (4)$$

$$z_2 = f_{z_2}(y_2, y_4, y_5, y_6, y_8, y_{10}, y_{11}, y_{14}, y_{15}, y_{16}, y_{17}).$$

Оцінки лінгвістичних змінних і формування системи нечітких логічних рівнянь інтелектуальної ідентифікації виконували за класичним алгоритмом. Для достовірної оцінки значень лінгвістичних змінних в роботі використовується стандартна шкала якісних термів інтелектуальної технології ідентифікації: Н – низький, нС – нижче середнього, С – середній, вС – вище середнього, В – високий (Таблиця 4).

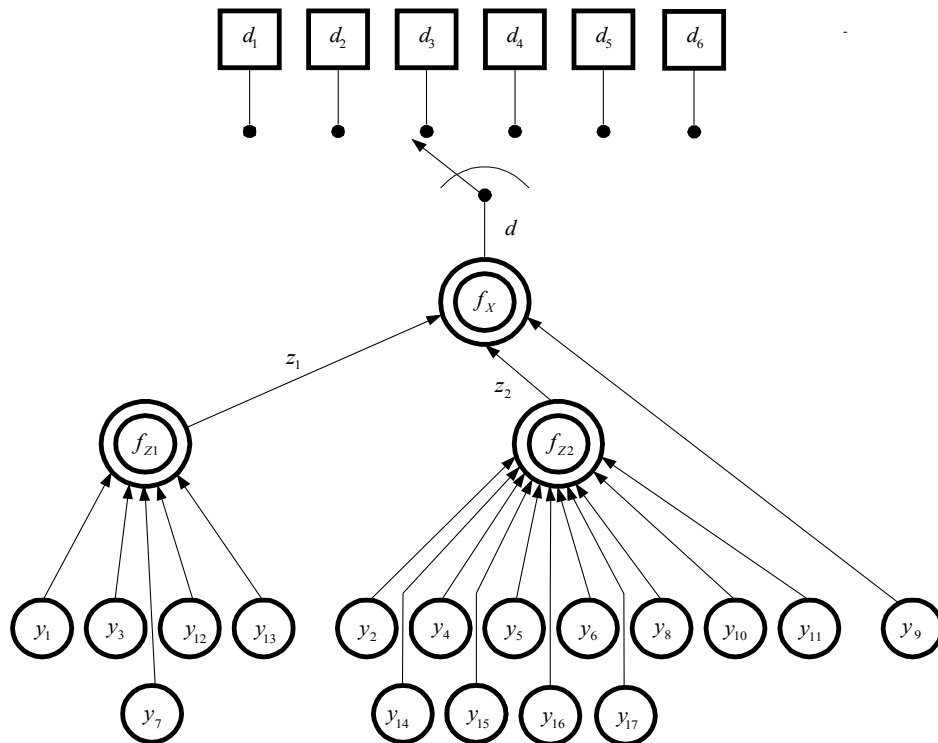


Рис. 2. Дерево логічного висновку діагностування ступеня зношування ліфтерів БМ: $d_1 - d_6$ – усереднені лінійні значення висоти ліфтерів, z_1, z_2 – лінгвістичні змінні, зі знання оперативного технологічного і технічного станів БМ.

Таблиця 4 - Відповідності основних технологічних і технічних параметрів інтервалів спектрів моментних функцій стандартній шкалі якісних термів

Параметри	Н	нС	С	вС	В
$y_1(0.01-0.5)$	0.05-0.061	0.061-0.072	0.072-0.083	0.083-0.094	0.094-0.105
$y_2(0.5-1.0)$	0.012-0.014	0.014-0.015	0.015-0.017	0.017-0.018	0.018-0.02
$y_3(1.0-1.5)$	0.012-0.035	0.035-0.057	0.057-0.08	0.08-0.102	0.102-0.125
$y_4(1.5-2.0)$	0.025-0.04	0.04-0.055	0.055-0.07	0.07-0.085	0.085-0.1
$y_5(2.0-2.5)$	0.009-0.016	0.016-0.023	0.023-0.031	0.031-0.038	0.038-0.045
$y_6(2.5-3.0)$	0.001-0.004	0.004-0.007	0.007-0.011	0.011-0.014	0.014-0.017
$y_7(3.0-3.5)$	0.001-0.015	0.015-0.029	0.029-0.042	0.042-0.056	0.056-0.07
$y_8(3.5-4.0)$	0.006-0.019	0.019-0.032	0.032-0.044	0.044-0.057	0.057-0.07
$y_9(4.0-4.5)$	0.009-0.025	0.025-0.041	0.041-0.058	0.058-0.074	0.074-0.09
$y_{10}(4.5-5.0)$	0.006-0.009	0.009-0.012	0.012-0.014	0.014-0.017	0.017-0.02
$y_{11}(5.0-5.5)$	0.0005-0.0028	0.0028-0.0051	0.0051-0.0074	0.0074-0.0097	0.0097-0.012
$y_{12}(5.5-6.0)$	0.0009-0.00312	0.0031-0.00534	0.0053-0.0075	0.0076-0.0098	0.00978-0.012
$y_{13}(6.0-6.5)$	0.0003-0.00144	0.0014-0.00258	0.0026-0.0037	0.0037-0.0049	0.00486-0.006
$y_{14}(6.5-7.0)$	0.0005-0.0006	0.0006-0.0007	0.0007-0.0008	0.0008-0.0009	0.0009-0.001
$y_{15}(7.0-7.5)$	0.0005-0.002	0.002-0.0035	0.0035-0.005	0.005-0.0065	0.0065-0.008
$y_{16}(7.5-8.0)$	0.0005-0.0044	0.0044-0.0083	0.0083-0.012	0.0120-0.016	0.0160-0.020
$y_{17}(8.0-9.0)$	0.0004-0.00212	0.0021-0.00384	0.0038-0.0055	0.0056-0.0073	0.00728-0.009

Кожний із заданих якісних термів ідентифікації залишкового ресурсу зносу ліфтерів представляє нечітку множину, що обумовлюється і задається за допомогою функцій приналежності. Використовуючи введені якісні терми та знання експерта були сформовані співвідношення таблиць. Використовуючи формалізовані знання про співвідношення лінгвістичних змінних і якісних термів ресурсним діагнозам інтегрованого зносу ліфтерів і операції «*» (I – min) і « \vee » (АБО – max), можна записати системи нечітких логічних рівнянь, що зв'язують функції приналежності інтегрованих діагнозів і відповідних вхідних лінгвістичних змінних та якісних термів. Щодо типів діагнозів залишкового ресурсу інтегрованого зносу ліфтерів за висотою, які ідентифіковані змінними $d_1 - d_6$, інтелектуальна система нечітких логічних рівнянь матиме вид:

$$\begin{aligned}
 v^{d_1}(d) &= [v^H(z_1) \times v^H(z_2) \times v^H(y_9)] \vee [v^H(z_1) \times v^H(z_2) \times v^{nC}(y_9)] \vee [v^{nC}(z_1) \times v^H(z_2) \times v^{nC}(y_9)]; \\
 v^{d_2}(d) &= [v^H(z_1) \times v^H(z_2) \times v^H(y_9)] \vee [v^H(z_1) \times v^H(z_2) \times v^{nC}(y_9)] \vee [v^{nC}(z_1) \times v^H(z_2) \times v^{nC}(y_9)]; \\
 v^{d_3}(d) &= [v^H(z_1) \times v^H(z_2) \times v^H(y_9)] \vee [v^H(z_1) \times v^H(z_2) \times v^{nC}(y_9)] \vee [v^{nC}(z_1) \times v^H(z_2) \times v^{nC}(y_9)]; \quad (5) \\
 v^{d_4}(d) &= [v^H(z_1) \times v^H(z_2) \times v^H(y_9)] \vee [v^H(z_1) \times v^H(z_2) \times v^{nC}(y_9)] \vee [v^{nC}(z_1) \times v^H(z_2) \times v^{nC}(y_9)]; \\
 v^{d_5}(d) &= [v^H(z_1) \times v^H(z_2) \times v^H(y_9)] \vee [v^H(z_1) \times v^H(z_2) \times v^{nC}(y_9)] \vee [v^{nC}(z_1) \times v^H(z_2) \times v^{nC}(y_9)]; \\
 v^{d_6}(d) &= [v^H(z_1) \times v^H(z_2) \times v^H(y_9)] \vee [v^H(z_1) \times v^H(z_2) \times v^{nC}(y_9)] \vee [v^{nC}(z_1) \times v^H(z_2) \times v^{nC}(y_9)].
 \end{aligned}$$

Після відповідних перетворень система нечітких логічних рівнянь діагнозів ступеня інтегрованого зносу ліфтерів $d_1 - d_6$ отримала вигляд:

$$\begin{aligned}
 D10 &= \max \left[\min(Y100_{8,2}, Nz10, Nz20), \min(Y100_{8,2}, nCz10, nCz20), \min(Y100_{8,2}, nCz10, Cz20) \right]; \\
 D20 &= \max \left[\min(Y100_{8,2}, nCz10, nCz20), \min(Y100_{8,2}, Cz10, nCz20), \min(Y100_{8,2}, nCz10, Cz20) \right]; \\
 D30 &= \max \left[\min(Y100_{8,2}, nCz10, Cz20), \min(Y100_{8,2}, vCz10, nCz20), \min(Y100_{8,2}, Cz10, Cz20) \right]; \quad (6) \\
 D40 &= \max \left[\min(Y100_{8,2}, Cz10, vCz20), \min(Y100_{8,2}, vCz10, vCz20), \min(Y100_{8,2}, vCz10, vCz20) \right]; \\
 D50 &= \max \left[\min(Y100_{8,2}, Vz10, Vz20), \min(Y100_{8,2}, Vz10, vCz20), \min(Y100_{8,2}, Vz10, vCz20) \right]; \\
 D60 &= \max \left[\min(Y100_{8,2}, Vz10, Vz20), \min(Y100_{8,2}, Vz10, vCz20), \min(Y100_{8,2}, Vz10, vCz20) \right].
 \end{aligned}$$

За найбільшим значенням стандартних функцій приналежності $D10, D20, D30, D40, D50, D60$ відповідно режимним технологічним і технічним параметрам ресурсного стану ступеня інтегрованого зносу ліфтерів визначається їх

оперативний діагноз залишкового ресурсу відповідно заданих діапазонів. Для випадку $\varphi = 5\%$ заповнення барабана подрібнюваною рудою, де величини відповідно дорівнюють $D_{10} = 0.842$, $D_{20} = 0.051$, $D_{30} = 0.051$, $D_{40} = 0.051$, $D_{50} = 0.051$, $D_{60} = 0.051$, чітко ідентифікується низьке зношування висоти ліфтерів в межах першого інтервалу (D_{10}). Аналогічна точність отримана і за іншими заповненнями. Розмитість рішення визначається тільки при значенні заповнення $\varphi = 33\%$.

Для впровадження математичного апарату алгоритмів інтелектуальної ідентифікації стану компонентів броні барабанних млинів, що використовується в даній роботі було розроблено спеціальне програмне забезпечення у вигляді експертної системи. Розроблена експертна система виконує комплексне діагностування також і за основними технологічними та технічними параметрами процесу здрибнення руд та барабанних млинів.

У **додатках** наведені графіки та таблиці експериментальних та отриманих на моделях даних, а також акт про практичне використання результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науковою роботою, у якій вирішена важлива науково-технічна задача удосконалення інформаційного забезпечення автоматизації процесів контролю стану робочого органу БМ для підвищення продуктивності, надійності, зменшення ресурсних і енергетичних витрат.

Основні висновки і результати роботи полягають у наступному:

1. Встановлено, що для сигналів активної потужності, що споживається електродвигунами приводів барабанних млинів типу ММС 70*23 фільтрація фрикативних складових повністю виконується вже на третьому рівні ієрархії, що обумовлює з цього рівня підвищення точності визначення глобальних періодичних інформаційних складових в цих сигналах.

2. Встановлено, що застосовані в роботі числові оцінки тісноти статистичних моментних зв'язків випадкових значень енергоінформаційних сигналів активної потужності БМ є новими знаннями за всіма основними ознаками і можуть бути використані як інформаційні суті при формуванні предметних областей систем інтелектуальної підтримки ухвалення рішень для задач автоматизації процесів керування в умовах невизначеності стану.

3. Одержані нові аналітичні залежності, які розкрили поглиблені закономірності внутрішніх зв'язків та залежності технологічних і технічних параметрів процесу подрібнення через апроксимуючі функції регресії умовних математичних очікувань, що визначило можливість представлення БМ в різних режимах через лінійні та нелінійні моделі.

4. Одержані показники інформаційних характеристик, у вигляді кількості та характеру екстремумів моментних функцій, що використовують центральні моменти парних ступенів, є подібними, проте при збільшенні ступеня підвищується чутливість моментної функції, що дозволяє збільшити точність ідентифікації. Інформаційні характеристики моментних функцій, що використовують центральні моменти непарних ступенів аналогічно подібні.

5. Встановлено, що розширення інформаційного забезпечення автоматизації процесів управління БМ за рахунок використання моментних функцій ступенів, більших четвертого порядку для парного ряду і п'ятого порядку для непарного ряду не дає істотного приросту інформації при ідентифікації технологічних станів барабанних млинів

6. Розроблено метод автоматичної ідентифікації на основі вперше сформованого комплексу числової залежності характеристик екстремумів спектральних оцінок моментних функцій миттєвих значень споживаної активної потужності приводу барабанних млинів ММС 70*23 при різних технологічних станах по заповненню барабана подрібнюваною рудою.

7. Розроблено метод автоматизації процесу подрібнення в барабанних млинах на основі методу інтелектуальної ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань, який забезпечує в межах допустимої достовірності виконати оперативний контроль ступеня зносу компонентів броні барабана, що дозволяє підвищити точність та надійність визначення передаварійних і аварійних ситуацій в технологічних системах барабанних млинів.

8. Розроблене інформаційне та програмне забезпечення направлене на збір, зберігання і використання знань, отриманих від експертів, з метою рішення прикладних задач інтелектуальної ідентифікації та ухвалення рішень щодо оперативних станів барабанних млинів. Програма містить всі екранні форми, необхідні для внесення змін в настройки експертної системи.

9. Основні наукові результати роботи прийняті до впровадження в проект ВАТ Проектний та проектно-конструкторський інститут «Металург автоматика» при проектуванні автоматизації секції 10, 12 РОФ-2 ВАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» (проект № 0476).

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Идентификация информационного обеспечения технологических состояний барабанных мельниц / Л.И. Мещеряков, Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб, И.В. Биленко // Зб. наук. праць НГУ. – Дніпропетровськ, 2007. – № 29. – С. 246–250

2. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Системный підхід до автоматизованого керування барабанних млинів / Л.И. Мещеряков, Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб // Зб. наук. праць НГУ. – Дніпропетровськ, 2008. – № 31. – С. 197–200.

3. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Интеллектуальная идентификация степени износа лифтеров футеровочной брони барабанных мельниц / Г.В. Кузнецов, Л.И. Мещеряков, Т.В. Бабенко, Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб, И.А. Чуркина, В.В. Варакин // Гірнична електромеханіка та автоматика. – 2010. – Вип. 84. – С. 133–142.

4. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Программное обеспечение экспертной системы интеллектуальной идентификации состояний барабанных мельниц / Г.В. Кузнецов, Л.И. Мещеряков, Т.В. Бабенко, Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб // Гірнична електромеханіка та автоматика. – 2010. – Вип. 85. – С. 103–111.

5. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Моментная идентификация сигналов мгновенной мощности привода барабанной мельницы мокрого самоизмельчения / Л.И.

Мещеряков, Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. А.И. Зубарев, О.А. Сопильняк //Зб. наук. праць НГУ. – Дніпропетровськ, 2010. – № 34. Т.2 – С. 191–196.

6. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Исследование информационных характеристик моментных функций третьего порядка сигналов мгновенной мощности приводов барабанных мельниц / Г.В. Кузнецов, Л.И. Мещеряков, Т.В. Бабенко, Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб // Зб. наук. праць НГУ. – Дніпропетровськ, 2010. – № 35. Т.1 – С. 145–150.

7. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Исследование моментных характеристик условных математических ожиданий сигналов мгновенной мощности приводов барабанных мельниц / Л.И. Мещеряков, С.В. Самуся, А.И. Зубарев, Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб // Вібрації в техніці та технологіях, 2011. – №4(64). – С. 44–48.

8. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Исследование воздействий технологических загрузок на локально устойчивые состояния барабанных мельниц / Л.И. Мещеряков, Н.А. Дудля, В.А. Бородай, Д.В. Хархардина, Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб // Зб. наук. праць НГУ. – Дніпропетровськ, 2010. – № 35. Т.1 – С. 145–150.

9. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Информационные свойства моментных функций четвертого порядка сигналов мгновенной мощности потребляемой барабанными мельницами ММС70*23 / Л.И. Мещеряков, С.В. Самуся, Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб // Гірнична електромеханіка та автоматика. – 2011. – Вип. 86. – С. 100–105.

10. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Выделение скрытых переодичностей моментных функций пятого порядка сигналов мгновенной мощности потребляемой приводом мельниц ММС 70*23 / Л.И. Мещеряков, В.А. Бородай, В.А. Новодранова, Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб // Зб. наук. праць ДВНЗ «НГУ». – Дніпропетровськ, 2012. – № 37. – С. 172–179.

11. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Оценка лингвистических переменных и формирование системы нечетких логических уравнений интеллектуальной идентификации барабанных мельниц / Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб // Зб. наук. праць ДВНЗ «НГУ». – Дніпропетровськ, 2012. – № 39. – С. 155–165.

12. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Программное обеспечение интеллектуальной идентификации состояний барабанных мельниц / Л.И. Мещеряков, Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб, В.В. Прошниченко // Зб. наук. праць НГУ, Матер. конф. «Інформаційні технології у сфері дистанційної освіти, міжнародної співпраці і інтеграції освіти, науки і виробництва» – Дніпропетровськ, 2009. – № 33. Т.2. – С. 66–72.

13. Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб. Программное обеспечение идентификации состояний барабанных мельниц /Л.И. Мещеряков, Ясир Юсеф Хуссейн Аль Хатиб, А.И. Зубарев//Зб. наук. праць НГУ, Матер. конф. «Інформаційні технології у сфері дистанційної освіти, міжнародної співпраці і інтеграції освіти, науки і виробництва» -Дніпропетровськ, 2010. – № 34. Т.1 – С. 267–274.

У роботах, опублікованих у співавторстві здобувачеві належать: [1, 4] – обґрунтування інтелектуальної ідентифікації барабаних млинів; [2] – розробка системного підходу автоматизованого керування млинами; [3, 5] – розробка і застосування програмного забезпечення інтелектуальної ідентифікації млинів; [6] –

розробка експертної системи; [10] – дослідження критичних станів млинів; [7, 8, 9, 11, 12] – дослідження інформаційних властивостей спектральної щільності моментних функцій сигналів потужності споживаної барабанними млинами.

АНОТАЦІЯ

Ясір Юсеф Хуссейн Аль Хатіб. Інтелектуальна ідентифікація станів барабанних млинів на основі спектральних методів формування інформаційних ознак. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – Автоматизація процесів керування. ДВНЗ “Національний гірничий університет”. Дніпропетровськ, 2013.

Дисертація присвячена рішення актуальної наукової задачі – автоматизації процесів управління технічним станом конструктивних елементів броні футеровки барабанних млинів мокрого самоподрібнення шляхом застосування моментної ідентифікації у якості інформаційного засібу автоматизації на основі встановлення нових закономірностей формування моментних характеристик та їх спектрів сигналів активної потужності привідного електродвигуна барабанного млина. Вирішення цієї задачі дозволяє підвищити ефективність подрібнення за рахунок підтримки броні барабана в технологічно раціональному стані, підвищити продуктивність та надійність процесу подрібнення, знизити ресурсні і енергетичні витрати.

Науково обгрунтовані інформаційне забезпечення, функціонально-алгоритмічні структури та програмне забезпечення до систем автоматичного контролю і регулювання процесів зносу конструктивних елементів броні футеровки барабанних млинів.

Результати роботи впроваджені в проектній документації і можуть бути використані на залізородних збагачувальних фабриках у гірничо-металургійній промисловості.

Ключові слова: барабанні млини мокрого самоподрібнення, автоматизація управління, автоматичний контроль, системи і алгоритми автоматичного регулювання, інтелектуальна ідентифікація, якість.

АННОТАЦИЯ

Ясір Юсеф Хуссейн Аль Хатіб. Интеллектуальная идентификация состояний барабанных мельниц на основе спектральных методов формирования информационных признаков. На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 – Автоматизация процессов управления. – ГВУЗ “Национальный горный университет”. Днепропетровск, 2013.

Диссертация посвящена решению актуальной научной задачи – автоматизации процессов управления техническим состоянием конструктивных элементов броні футеровки барабанных мельниц мокрого самоизмельчения путем применения моментной идентификации в качестве информационного средства автоматизации на основе установления новых закономерностей формирования моментных характеристик и их спектров сигналов активной мощности приводного

электродвигателя барабанной мельницы. Решение этой задачи позволяет повысить эффективность измельчения за счет поддержания брони футеровки барабана в технологически рациональном состоянии, повысить производительность, надежность процесса измельчения, снизить ресурсные и энергетические затраты.

Установлено, что для энергоинформационных сигналов активной мощности потребляемой приводными электродвигателями БМ ММС 70*23 фильтрация фриктивных составляющих полностью выполняется уже на третьем уровне моментной иерархии, что обуславливает из этого уровня повышение точности определения периодических составляющих.

Установлено, что впервые примененные в работе числовые оценки тесноты статистических моментных связей случайных значений энергоинформационных сигналов потребляемой активной мощности барабанных мельниц являются новыми знаниями по всем основным признакам и могут быть использованы как информационные естества при формировании предметных областей систем интеллектуальной поддержки принятия решений для задач автоматизации процессов управления БМ в условиях неопределенности состояния последних.

Использование раскрытых закономерностей технологических и технических параметров процесса измельчения через аппроксимирующие функции регрессии условных математических ожиданий определило возможность представления БМ в разных режимах через линейные и нелинейные модели.

Впервые установлено, что показатели информационных характеристик, в виде количества и характера экстремумов моментных функций, что используют центральные моменты парных степеней подобны, однако при увеличении степени повышается чувствительность моментной функции, что дает дополнительную информацию для увеличения точности идентификации. Информационные характеристики моментных функций, что используют центральные моменты непарных степеней аналогично подобны.

Установлено, что расширение информационного обеспечения автоматизации процессов управления БМ за счет использования моментных функций степеней, больше четвертого порядка для парного ряда и пятого порядка для непарного ряда не дает существенного прироста информации при идентификации технологических состояний барабанных мельниц

Установлены числовые зависимости характеристик экстремумов спектральных оценок моментных функций непрерывных случайных сигналов активной мощности потребляемой приводными электродвигателями барабанных мельниц ММС 70*23 при разных технологических состояниях по заполнению барабана измельчаемой рудой.

Впервые установлено, что автоматизация процесса измельчения в барабанных мельницах на основе метода интеллектуальной идентификации нелинейных объектов нечеткими базами знаний обеспечивает в пределах допустимой достоверности выполнение оперативного контроля степени износа брони барабана, что позволяет повысить точность и надежность определения предаварийных и аварийных ситуаций в барабанных мельницах.

Разработанное информационное и программное обеспечение направлено на сбор, сохранение и использование знаний, с целью решения прикладных задач

интеллектуальной идентификации и принятия решений относительно оперативных состояний барабанных мельниц. Программа содержит все экранные формы, необходимые для настройки экспертной системы.

Основные научные положения и результаты работы приняты к внедрению в проект ОАО Проектное и проектно-конструкторский институт «Металлургавтоматика» при проектировании автоматизации секции 10, 12 РОФ-2 ОАО «Арселор Миттал Кривой Рог» (проект № 0476).

Ключевые слова: барабанные мельницы мокрого самоизмельчения, автоматизация управления, автоматический контроль, системы и алгоритмы автоматического регулирования, информационное обеспечение, интеллектуальная идентификация, качество, надежность.

ABSTRACT

Yasir Yousef Hussin Al Khatib. Intellectual Identification of Drum Mills on the Basis of Spectral Method of Information Characteristics Formation. Manuscript.

Ph D. thesis on the 05.13.07 specialism area – Automation of control processes. SHEI “National Mining University”. Dnipropetrovsk, 2013.

The thesis is devoted to solving such a relevant scientific problem as automation of control of structural components of coating armour of drum mills of wet self-grinding through moment identification as information technique of automation based on identification of new laws of moment characteristics forming as well as their spectra of active power of the drum mill drive motor. The problem solving helps to improve grinding efficiency owing to keeping armour of a drum in technologically rational conditions. That will help to improve efficiency as well as reliability of grinding process, and to reduce both resource and power consumption.

Data support, functional and algorithmic structures are scientifically grounded as well as software for the systems of automatic control and control of wear of structural elements of drum mills coating armour.

The results are implemented in project documents; they can be applied at iron-ore preparators of ore mining and smelting industry.

Key-words: self-grinding drum mills, control automation, automatic control, systems and algorithms of automatic control, data support, intellectual identification, quality.