

**С.Д. Приходченко**

(Україна, Дніпропетровськ, ДВНЗ "Національний гірничий університет")

## **ЗАСТОСУВАННЯ СУМАТОРА, ЗДАТНОГО ДО НАВЧАННЯ, В СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ВНУТРІФАБРИЧНОГО ГІДРОТРАНСПОРТУ**

В сучасних умовах велика увага приділяється проблемам підвищення продуктивності устаткування гірничо-збагачувальних підприємств, в світлі чого на більшості ГЗК проводяться комплексні заходи щодо підвищення ККД обладнання. Такого роду заходи включають в себе автоматизацію технологічних процесів і агрегатів. Разом з тим, хоча автоматизація за вже існуючими схемами приносить певний ефект, сучасні умови вимагають збільшення продуктивності одночасно із зменшенням енергоспоживання. Для досягнення цієї мети необхідна розробка нових більш досконалих методів автоматизації, які, у свою чергу, вимагають побудови більш достовірних моделей гірничого обладнання, за рахунок застосування яких можна досягти більшого ефекту підвищення продуктивності з одночасним підвищенням економії енергії.

У тих випадках, коли повністю автоматична робота устаткування неможлива з тих чи інших причин, на виробництві впроваджують автоматизовану систему, тобто систему частково керовану людиною. Для підвищення продуктивності праці і рівня достовірності прийнятих рішень цієї людини зазвичай у програмно-апаратний комплекс автоматизованої системи вбудовують SCADA - інструментальну програму для розробки програмного забезпечення систем управління технологічними процесами в реальному часі.

У сучасних джерелах зазвичай вказується, що процес гідротранспортування вимагає саме автоматизованого управління, при цьому розробки SCADA-системи для систем гідротранспорту в даних джерелах не велися, що робить актуальним завдання побудови SCADA-системи для цих потреб.

Потужність, споживана насосом, не повністю реалізується в машині на корисну роботу, вона також втрачається на подолання гідравлічних опорів, протікання частини витрати через ущільнення, механічні втрати (визначені тертям у сальниках, підшипниках та ін.) У порівнянні зі звичайними насосами в шламових виникають додаткові опори внаслідок взаємодії твердих частинок з потоком, деградації частинок та інших явищ. Наявність додаткових втрат в насосах для гідросумішей зменшує їх ККД приблизно на 10-20% в порівнянні з насосами для води, ККД зменшується і в міру зношування деталей машин.

Звідси, а також з робіт [1,2], випливає, що для діагностики стану системи гідротранспорту буде достатньо контролю таких параметрів, як свідчень в реальному часі споживаної насосом потужності, показань датчика щільності пульпи та стану заслінки насоса. Крім того, потрібно знати механічні параметри насоса в ідеальному стані.

Як було показано в роботі [1], можна з високим рівнем достовірності говорити про інформативність енергетичних сигналів гірських машин. У той же час нерозглянутими є питання управління гідротранспортними системами в умовах несталої течії пульпи та динамічних змін її щільності [3].

Для вирішення завдання визначення амплітудно-частотних характеристик гірничих машин в цілому, і шламових насосів зокрема, доцільно застосувати метод моделювання, описаний в [4].

У розглянутій проблемі приймемо кілька припущень щодо моделі агрегату, а саме: усі елементи цієї машини розділимо на зосереджені маси і безінертні пружні з'єднання. Крім того, припустимо, що всі з'єднання в створюваній математичній моделі механізму мають одну ступінь свободи за аналогією з моделями в джерелі [4].

У цьому випадку динамічну математичну модель механічної системи можна назвати еквівалентною схемою. Структурно вона складається з ідеалізованих елементів - зосереджених мас і безінертних пружних з'єднань.

Значення параметрів цих елементів і схема їх з'єднань однозначно визначає динамічні властивості моделі.

Використовуючи підсумовування мас, зазначених у технічній документації, отримаємо схему моделі шламового насоса 5-ГРк8, наведену нижче на рис. 1.

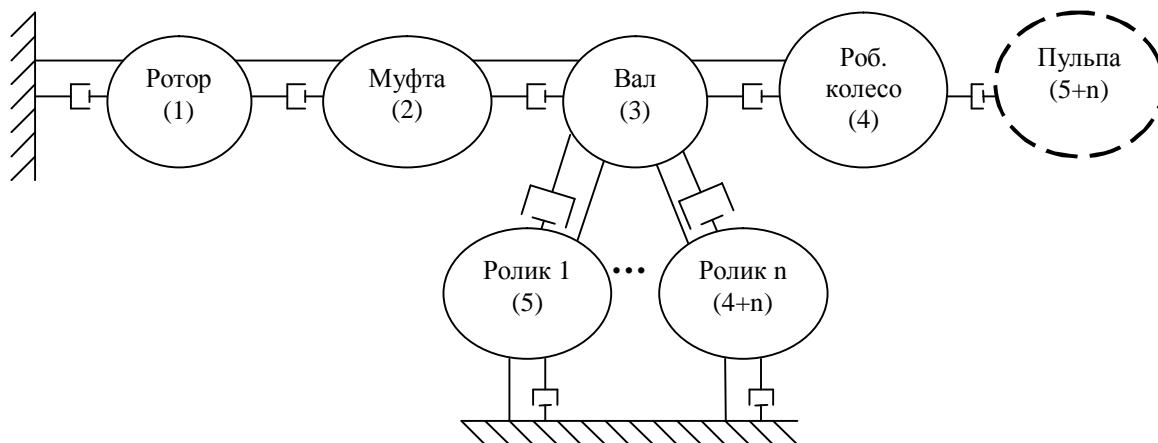


Рис. 1 - Спрощена схема динамічної моделі насоса 5-ГРк8  
(n - загальна кількість роликів у підшипниках валу)

Модель всієї системи буде виражена як система рівнянь

$$\left. \begin{aligned}
 P_0(S) &:= B_1(S) \cdot B_{10}(S) \\
 P_1(S) &:= B_1(S) \\
 P_2(S) &:= B_1(S) \cdot B_{21}(S) \cdot B_2(S) \\
 P_3(S) &:= B_1(S) \cdot B_{21}(S) \cdot B_2(S) \cdot B_{32}(S) \cdot B_3(S) \\
 P_4(S) &:= B_1(S) \cdot B_{21}(S) \cdot B_2(S) \cdot B_{32}(S) \cdot B_3(S) \cdot B_{43}(S) \cdot B_4(S) \\
 P_5(S) &:= B_{10}(S) \cdot B_1(S) \cdot B_{21}(S) \cdot B_2(S) \cdot B_{32}(S) \cdot B_3(S) \cdot B_{43}(S) \cdot B_4(S) \cdot B_{54}(S) \cdot B_5(S)
 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

де P - передавальні функції, а B - вхідні функції, розраховані за методикою [4].

При розрахунку математичної моделі, що враховує задані параметри, в результаті отримана амплітудно-частотна характеристика віброактивності системи гідротранспорту, представлена на рис. 2.

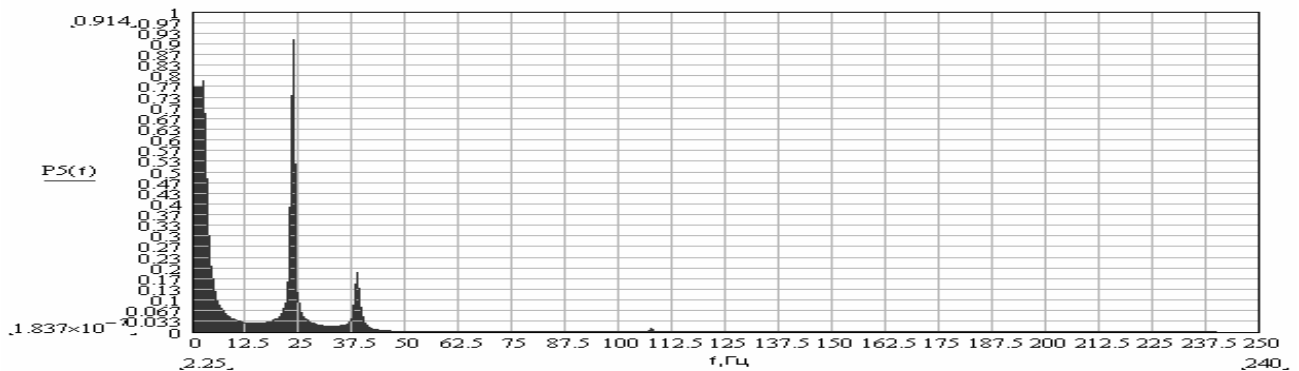


Рис. 2. Амплітудно-частотна характеристика вібраційної активності системи гідротранспорту

На рисунку 2 по осі X показані частоти в Гц, а по осі Y - відносна вага даних частот у загальному розподілі. Так, на наведеному рис. 2, згідно з розрахунками, виділяються 3 основних піку - 0-5 Гц, 25 Гц, 37-41 Гц і помітний пік, рівний 108 Гц. Всі ці частоти легко пояснити, й передбачувати: 25 Гц - частота обертання двигуна і основних деталей; 108 Гц - частота обертання роликів підшипників вала, 38 Гц - частота вібрації муфти і 0-5 Гц - частоти, одержувані від взаємодії робочого колеса насоса з пульпою.

При введенні в модель даних, що імітують знос роликів підшипників, амплітудно-частотна характеристика вібрацій моделі змінюється, а саме: частота обертання роликів підвищується, а амплітуда їх коливань збільшується, що узгоджується з усіма експериментальними даними.

Автоматизація моніторингу стану об'єкта можлива як шляхом різного роду статистичних аналізів спектральних густин надійшли сигналів, так і шляхом застосування в аналізі станів деяких елементів і методів штучного інтелекту, таких як штучні нейронні мережі та експертні системи.

Використання штучних нейронних мереж (ШНМ) в процесі моніторингу дозволяє уникнути складного та довготривалого моделювання об'єкта, властивості якого необхідно контролювати. Замість моделювання достатньо навчити нейронну мережу розпізнавати стану об'єкта на прикладах надходять з об'єкта сигналів.

Іншим шляхом розвитку систем штучного інтелекту, що застосовуються в даний час в промисловості, є застосування спеціалізованих експертних систем, які в процесі роботи імітують логічні передумови, міркування і висновки людини-експерта в даній області. В основі всіх експертних систем використовується набір фактів та правил обробки цих фактів, накопичених і формалізованих експертом, званий базою знань. В якості алгоритму роботи експертних систем застосовується причинно-наслідковий аналіз і обробка інформації бази знань.

Завдання діагностики, на відміну від завдань моніторингу, більш складні, тому що передбачають не тільки контроль стану об'єкта в цілому, але і конт-

роль стану окремих вузлів і механізмів спостережуваного об'єкта, а також прогнозування стану технологічного процесу в цілому, об'єкта і його вузлів.

Підсумовуючи, можна зазначити, що для аналізу функціонального стану контрольованого об'єкта представляється перспективним використання, як статистичних методів обробки сигналів, так і методів, які використовують парадигми штучного інтелекту. Так як в даний час розвиток обчислювальної техніки йде по шляху паралельної обробки інформації, тобто більш перспективним є підхід, при якому для аналізу вступників сигналів будуть паралельно задіяні як статистичні методи, так і методи штучного інтелекту.

При такому підході є неможливою перехресна перевірка результатів різних варіантів аналізу, що зведе ймовірність помилки розпізнавання стану до мінімуму, і, як наслідок, підвищить надійність систем контролю.

Таким чином, для вирішення даної проблеми, необхідно побудувати програмно-апаратний комплекс, який об'єднує в своєму складі всі вищеописані компоненти. Для здійснення цього завдання складемо укрупнену блок-схему роботи розробляється комплексу (представлена на рисунку 3).

Для повноцінного функціонування системи, що розробляється, в її базі даних повинне міститися така кількість прикладів, яке б містило від 70% до 90% можливих станів сигналів, їх описів, а також пропоновані варіанти рішень диспетчера з даного сигналу, які система могла б запропонувати в якості керуючих впливів на технологічний процес. Ці дані можуть бути отримані як емпі-

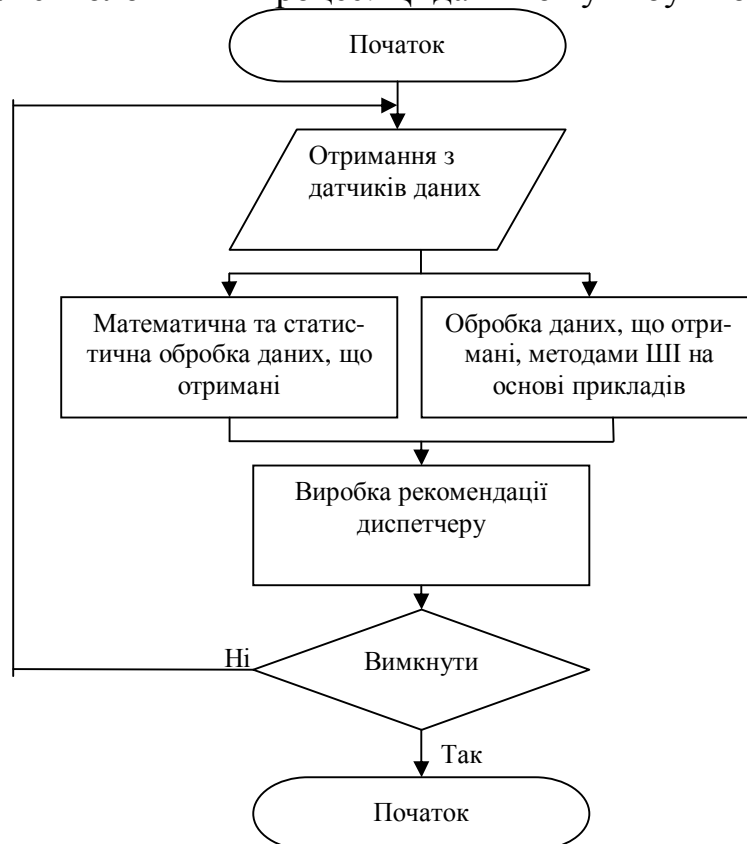


Рис. 3. Узагальнена блок-схема роботи програмно-апаратного комплексу

ричним шляхом - запис сигналів безпосередньо технологічного процесу і запис дій диспетчерської служби на ці сигнали, так і шляхом моделювання - запис си-

гналів математичної моделі процесу з передбачуваними впливами диспетчера. Обидва шляхи недостатньо досконалі: емпіричний - унаслідок важковідтворимі всіх можливих варіантів сигналів, особливо аварійних, а моделювання можливо пов'язане з неповним урахуванням різних параметрів моделі і, як наслідок, недостатньою точністю. Тому для заповнення бази даних прикладів сигналів необхідно використовувати обидва методи, а також додаткову запис прикладів сигналу безпосередньо у процесі функціонування системи підтримки прийняття рішень.

Розроблена система функціонує на основі методів розпізнавання і методів штучного інтелекту, заснованих на використанні прикладів, для побудови висновків і рекомендацій до дій людини-диспетчера. Схема такої системи представлена на рис. 4

Для забезпечення роботи SCADA-системи будується база знань, в яку заноситься ряд прикладів - зразків сигналу гідротранспортної системи, варіанти дій диспетчера, як реакції на ситуацію, описану сигналами та оцінка вірності цих дій.

Для цього на початковому етапі на зразкову математичної моделі гідротранспортної системи в базу знань вносяться зразки сигналів, отримані шляхом моделювання, і передбачувані еталонні дії диспетчера, як реакції на дані зразки сигналів, при цьому кожен сигнал відноситься до одного з класів, наприклад: «Нормальна робота», «Передаварійний режим», «Аварія» і т.п., а також передба-

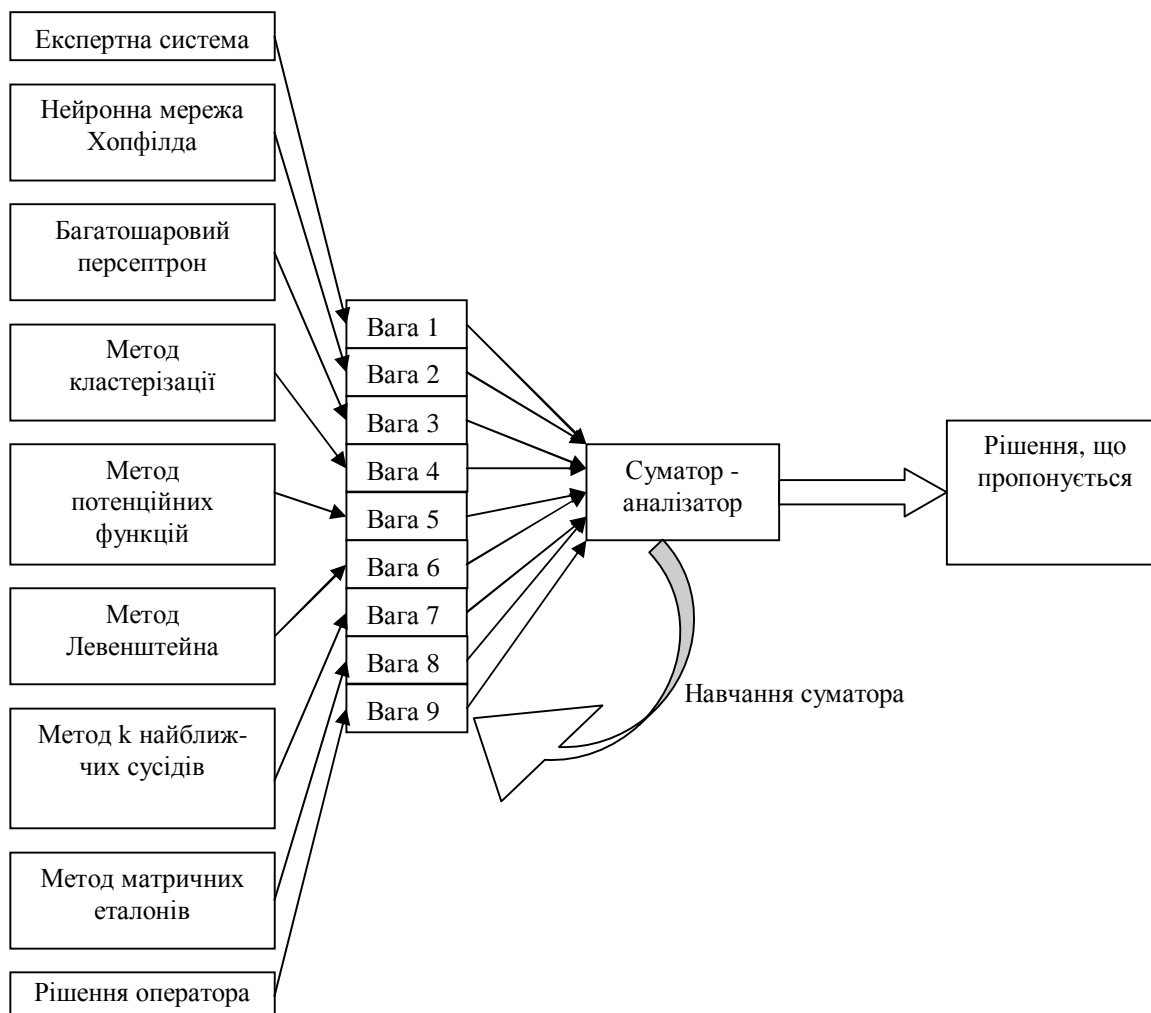


Рис. 4. Схема системи підтримки прийняття рішень з суматором, що навчається

чувана дія диспетчера у відповідь на цей сигнал, наприклад, у відповідь на сигнал про аварію в проводці насоса необхідно відключення цього насоса. Крім того, кожному з методів присвоюється власна вага, що відображає вірність висновків даного методу. У процесі роботи ваги методів змінюються в залежності від вірності їх висновків, а саме: вага методу, який дав правильний прогноз, збільшується, а вага методу, який дав невірний прогноз, зменшується. Таким чином, чим вірніші відповіді будуть у даного методу, тим вищою буде його вага в прийнятті консолідованого рішення системи.

На наступному етапі - етапі навчання - SCADA-система працює в режимі «учня»: порівнює реальні сигнали гідротранспортної системи зі змодельованими сигналами і, в разі достатнього подоби, модифікує сигнал, або ж вносить до бази знань новий зразок. При цьому SCADA-система відстежує дії диспетчера та їх правильність, тобто записавши дію диспетчера в базу, програма через певні проміжки часу контролює стан гідротранспортної системи, і, якщо сигнали відповідають нормальній роботі, програма приймає рішення оцінити зроблене дію, як вірне.

На етапі внесення у базу знань даних, отриманих на моделі, були створені і внесені в базу знань 100% можливих станів гідротранспортної мережі і сигнали, що відповідають цим станам. При цьому, при коригуванні бази знань в режимі «учня», не завжди представляється можливим записати всі аварійні або перед аварійні сигнали з причин пред'являються технікою безпеки. Тому, при накопиченні потрібного, на думку експерта-вчителя, але необов'язково абсолютно повного обсягу реальної інформації про можливі стани і у відповідь дії диспетчера, розроблену SCADA-систему рекомендується перевести в основний режим роботи - режим розпізнавання та підтримки прийняття рішень диспетчерської служби.

На основному етапі роботи, що полягає в аналізі сигналів і видачі рекомендацій диспетчеру, над сигналом спочатку проводиться статистичний і спектральний аналізи, а потім кожен з методів аналізує отриманий сигнал і результати попередніх аналізів, порівнює їх з аналогічними результатами еталонних сигналів, і видає відповідь, відносячи отриманий сигнал до одного з класів сигналів. Після цього всі результати методів аналізу множаться на «вагомність» даного методу, і результати підсумовуються для отримання підсумкового відповіді. За результатами підсумкового відповіді методів розпізнавання сигналів диспетчеру пропонується здійснити те чи інше керуюча дія або рішення.

Аналіз роботи запропонованої системи на експериментальних і змодельованих даних дав наступні значення:

Розроблена система, порівнювана з будь-яким з методів, використаних в ній, дає приріст точності від 15% (для нейронної мережі Хопфілда) до 0,7% (для багат шарового персептрона) на даних без урахування зношування деталей.

Для даних, змодельованих з урахуванням зносу і старіння деталей, точність системи зростає ще в середньому на 3%, у порівнянні з даними без урахування зношування.

Таким чином, розроблена система [5] здатна до розпізнавання сигналів, що надходять від гідротранспортної системи в режимі реального часу, і давати рекомендації до дії диспетчеру, який контролює роботу системи внутріфабричного гідротранспорту.

#### Список літератури:

1. Приходченко С.Д. Зависимость спектра потребляемой мощности электродвигателя от физических параметров механизма. // Геотехническая механика. Межвед. сб. науч. работ. Институт геотехнической механики им. М.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2006. – Вып. 64. – с. 123-129.
2. Звягильский Е.Л., Блюсс Б.А., Назимко Е.И. Семенов Е.В. Совершенствование режимов работы гидротранспортных установок технологий углеобогащения. – Севастополь: «Вебер», 2002., - 247 с.
3. Приходченко С.Д. Анализ современных моделей гидротранспортных систем //Гірнична електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. – Дніпропетровськ, НГУ, 2007 – вип 78. – с. 56-62
4. Динамика проходческих комбайнов. Бреннер В.А. и др., М.: Машиностроение, 1977, 224 с.
5. Приходченко С.Д. Разработка SCADA-системы для внутрифабричного гидротранспорта //Збірник наукових праць Національного гірничого університету – Дніпропетровськ, НГУ, 2008 – вип 30. – с. 135-141.