

## ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ІНФОРМАТИВНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ ВИДОБУВНИХ КОМБАЙНІВ ЯК МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ

А.В. Бубліков, В.В. Надточий  
(Україна, Дніпро, НТУ «Дніпровська політехніка»)

**Постановка проблеми.** Наразі існує проблема недостатнього використання потенціалу інформативної компоненти видобувних комбайнів як мехатронних систем з позиції зменшення питомих енерговитрат на видобуток вугілля та підвищення їх продуктивності. Незадіяні на сьогодні інформаційні потоки всередині видобувних комбайнів як мехатронних систем можна використовувати для автоматизації прийняття рішень. Особливо це актуально для випадку динамічного характеру зміни режимів роботи видобувних комбайнів, коли через брак часу навіть досвідчений оператор приймає неефективне рішення. Це призводить до того, що режими роботи комбайнів є неефективними через людський фактор – крім браку часу на прийняття рішення, рішення про ефективний режим роботи комбайна оператор приймає лише на основі свого досвіду та візуальної інформації. Крім того, людина змушена перебувати в небезпечній зоні біля комбайна для спостереження за його роботою.

Перспективним рішенням озвученої проблеми є створення експертних систем нечіткого автоматичного управління видобувним комбайном з використанням спеціальних алгоритмів для інтелектуального аналізу інформаційних потоків. Використання таких систем забезпечить мінімізацію витрат енергетичних ресурсів на видобуток вугілля, а також створить базу для рішення проблеми безлюдної виїмки вугілля у забої.

Таким чином, **метою даної роботи** є обґрунтування унікальних закономірностей в інформативному сигналі, що притаманні тільки певним режимам роботи видобувного комбайна, та інструменту перетворення інформативного сигналу з метою виділення з нього цих закономірностей.

**Виклад матеріалів дослідження.** У роботі [1] були запропоновані режими роботи видобувного комбайна як мехатронної системи та обґрунтовані інформативні сигнали, що можуть бути використані для ідентифікації режимів роботи. Було зазначено, що характеристики режимів роботи комбайна приймаються як терми для вхідних лінгвістичних змінних експертної системи нечіткого автоматичного управління, якими є інформативні критерії для ідентифікації того чи іншого режиму роботи. Тобто, інформативні критерії – це статистичні оцінки інтелектуальної обробки інформативних сигналів, що дозволяють виявити унікальні закономірності в інформативному сигналі, які

притаманні тільки певним режимам роботи комбайна, або певним фізичним процесам за умови взаємодії комбайна із зовнішнім середовищем.

Наразі на видобувних комбайнах основними джерелами інформативних сигналів є давачі фазних струмів статорів електродвигунів приводів подачі та різання. На сьогодні динаміка процесу формування навантаження на виконавчих органах комбайну у різних режимах його роботи добре вивчена та наведена у роботах [2, 3]. Виділяють три ділянки частотного діапазону, на яких частотні складові моменту опору на виконавчих органах формуються під впливом різних за своїм характером фізичних процесів. На високочастотній ділянці спектру (від 3 до 50 Гц) формуються коливання, що викликані особливостями процесу руйнування вугілля й породи зубками виконавчого органу, коли ті поступово врізаються у масив з подальшим відколом невеликого шматка вугілля або породи. Параметри цих коливань з випадковою амплітудою та майже рівномірним розподілом спектральних складових у широкій полосі частот залежать від гірничо-фізичних властивостей матеріалу, що руйнується зубками.

Причиною коливань моменту опору на виконавчому органі комбайна на середньо-частотній ділянці спектру (від 1 до 3 Гц) є конструкція виконавчого органу, із-за якої, з однієї сторони, протягом його обертання змінюється кількість зубків, що знаходяться у контакті з масивом вугілля, а з іншої – площа контакту лопат виконавчого органу з масою зруйнованого вугілля. Енергія даних коливань майже вся зосереджена навколо частоти, яка дорівнює частоті обертання виконавчого органу, що помножена на кількість лопат, а амплітуда коливань визначається гірничо-фізичними властивостями матеріалу, що руйнується зубками, та характером процесу транспортування та навантаження вугілля й породи виконавчим органом.

Коливання моменту опору на виконавчому органі комбайна на низькочастотній ділянці спектру (до 1 Гц) викликані нерівномірним просторовим розподілом міцності вугілля, а також порушенням цілісності масиву внаслідок явища віджимання вугілля із-за перерозподілу тиску у верхніх шарах покрівлі. Зміна амплітуди цих коливань має випадковий характер, а самі коливання у зв'язку із досить низькою частотою слід розглядати як трендову складову динаміки моменту опору, оскільки дослідження закономірностей зміни інформативних сигналів відбувається на короткому часовому інтервалі до 60 секунд.

Виділимо деякі режими роботи комбайна на тонких вугільних пластах та притаманні їм унікальні закономірності зміни інформативних сигналів, на основі яких можлива ідентифікація цих режимів:

- нормальний режим роботи, коли відсутнє перевантаження двигунів приводів різання та виконавчі органи справляються з транспортуванням та навантаженням вугілля й породи на забійний конвеєр (відсутня заштибовка виконавчого органу). Цей режим характеризується значною долею високочастотної складової у спектрі моменту опору на виконавчому органі (від

80 до 90% сумарної дисперсії) та незначною долею середньо-частотної складової (від 10% до 20% сумарної дисперсії). Спостерігається нестационарність статистичних характеристик моменту опору на середньо-частотній та високочастотній ділянках спектру;

- режим слабкої заштибовки виконавчого органу видобувного комбайна, коли в періоді обороту виконавчого органу з'являються інтервали зі змінною у часі тривалістю, на яких спостерігається навантаження зруйнованого вугілля та породи у силовому режимі. За умови силового навантаження за рахунок значного тиску маси вугілля на частини виконавчого органу з'являються значні дисипативні сили, які умовно є еквівалентними в'язкому супротиву обертанню виконавчого органу. При цьому на цих інтервалах значно збільшується момент опору на виконавчому органі, а також відбувається демпфування його високочастотних коливань. Період появи силового навантаження визначається конструкцією виконавчого органу, отже за рахунок суттєвого збільшення моменту опору на інтервалах силового навантаження у цьому режимі значно збільшується доля середньо-частотної складової моменту опору;

- режим значної заштибовки виконавчого органу видобувного комбайна, коли на усьому періоді обертання виконавчого органу спостерігаються силові навантаження та транспортування зруйнованого вугілля або породи. Цей режим визначається постійним демпфуванням високочастотних коливань моменту опору на виконавчому органі та відсутністю значних перепадів моменту опору з періодом, кратним періоду обертання шнека, у порівнянні з режимом слабкої заштибовки. Тобто, амплітуда коливань моменту опору на середньо-частотній ділянці спектру у порівнянні з режимом слабкої заштибовки стає значно меншою та визначається не процесом руйнування масиву, як у нормальному режимі роботи, а процесом силових навантаження й транспортування зруйнованого вугілля.

Колівання моменту опору на виконавчому органі на середньо-частотній ділянці спектру без спотворень будуть відображатися й у динаміці фазного току статора, оскільки ця ділянка знаходиться лівіше частоти зрізу амплітудно-частотної характеристики двигуна привода різання комбайна. Але високочастотні коливання моменту опору будуть значно посилені на резонансній частоті амплітудно-частотної характеристики двигуна привода різання, в той час, як на інших частотах ці коливання будуть подавлені та майже будуть відсутні у спектрі фазового струму. Тобто, енергія високочастотних коливань моменту опору на виконавчому органі зосереджена на вузькій частотній ділянці навколо резонансної частоти у спектрі фазового струму статора електродвигуна приводу різання. Можна спрогнозувати, що описані вище закономірності, що притаманні високочастотним коливанням моменту опору на виконавчому органі, будуть характерні й для коливань фазного струму статора на вузькій частотній ділянці його частотного спектра навколо резонансної частоти двигуна привода різання.

Отже підсумуємо, які закономірності ми повинні виявляти у динаміці інформативного сигналу, яким є фазний струм статора двигуна приводу різання видобувного комбайна. Ми повинні фіксувати аномальні зміни енергії коливань на певних частотних ділянках спектру інформативного сигналу з фіксацією, на яких саме часових інтервалах відбувалися ці зміни. Тобто, для виявлення даних закономірностей аналіз інформативного сигналу потрібно проводити одночасно у двох площинах – частотній та часовій. Це ми можемо виділити як першу вимогу до інструменту аналізу інформативного сигналу, що обирається. Також звернемо увагу на можливість застосовувати інструменту аналізу інформативного сигналу, що обирається, для аналізу сигналів зі нестаціонарними статистичними характеристиками. Крім того, не останню роль грає вимога щодо простоти алгоритму аналізу та можливість його програмної реалізації за допомогою простих операторів. Тобто, бажано, щоб алгоритм аналізу інформативного сигналу був заданий через рекурентні рівняння.

Усім пред'явленим вимогам щодо інструменту аналізу інформативного сигналу відповідає швидке дискретне вейвлет-перетворення сигналу, оскільки квадрат вейвлет-коефіцієнта характеризує скільки енергії припадає на ту чи іншу ділянку частотного спектру у різні моменти часу. Його можна застосувати як перший етап аналізу інформативного сигналу, метою якого є розкладення сигналу на складові, в яких шукані закономірності у сигналі простежуються більш явно.

**Висновки.** Характер процесу руйнування, транспортування й навантаження вугілля й породи виконавчим органом видобувного комбайна дозволяє у частотному спектрі фазного струму статора двигуна приводу різання комбайна, що є основним інформативним сигналом, виділити певні ділянки, за зміною енергії коливань на яких можна простежити за характером зміни режимів роботи комбайна. Аналіз закономірностей зміни інформативного сигналу, що є унікальними для певних змін режимів роботи комбайна, дозволяє зробити висновок щодо використання швидкого дискретного вейвлет-перетворення як ефективного інструменту для аналізу інформативного сигналу з метою виявлення цих закономірностей.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Бубліков А.В. Підхід щодо автоматизації режимів роботи вугільних видобувних комбайнів / А.В. Бубліков // Матеріали XIII міжнародної конференції з проблем розвитку впровадження інформаційних технологій в наукову та інноваційну сферу освіти. – Д. : Національний гірничий університет, 2017. – С. 33–35.
2. Стариков Б. Я. Асинхронный электропривод очистных комбайнов / Б. Я. Стариков, В. Л. Азарх, З. М. Рабинович. – М. : Недра, 1981. – 288 с.
3. Докукин А. В. Статистическая динамика горных машин / А. В. Докукин, Ю. Д. Красников, З. Я. Хургин. – М. : Машиностроение, 1978. – 239 с.