

© Л.І. Мещеряков¹, О.М. Галушко¹, О.І. Сироткіна¹, О.Т. Демідов¹

¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТАНІВ БАРАБАНИХ МЛИНІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ АДАПТИВНОГО РЕЗОНАНСУ

© L. Meshcheriakov¹, O. Galushko¹, O. Syrotkina¹, O. Demidov¹

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

RECOGNITION OF TECHNOLOGICAL STATES OF DRUM MILLS ON THE BASIS OF NEURON NETWORKS OF ADAPTIVE RESONANCE

Метою роботи є обґрунтування принципової можливості використання непрямих оцінок спектрального складу миттєвихчень споживаної привідним електродвигуном активної потужності та методів штучного інтелекту у вигляді нейронних мереж адаптивного резонансу для контролю технологічного параметра заповнення барабанів в млинах мокрого самоподрібнення.

Методи дослідження. Використана методика виділення інформативних характеристик спектрального складу миттєвих значень споживаної привідним електродвигуном активної потужності та базові алгоритми нейронних мереж адаптивного резонансу для аналізу властивостей інформативної чутливості реальних сигналів миттєвої активної потужності електродвигунів приводів барабанних млинів з метою ідентифікації та прогнозування технологічних станів останніх по величині заповнення барабанів подрібнюваною рудою.

Результати. На основі виконаних досліджень, на програмній імітаційній моделі, підтверджена принципова можливість здійснення непрямого контролю технологічного параметра заповнення в барабанних млинах на основі чутливості інформативних характеристик спектрального складу флуктуацій миттєвих значень споживаної привідним електродвигуном активної потужності та властивостей розпізнавання алгоритмів нейронних мереж адаптивного резонансу для барабанних млинів типу ММС 90*30А. Для підтвердження статистичної стійкості запропонованої методики планується проведення додаткових експериментальних досліджень на виробництві.

Наукова новизна. Сформована нова методика непрямого розпізнавання оперативних значень технологічного параметра заповнення рудою барабана в млинах мокрого самоподрібнення на основі імітаційної моделі по базовому алгоритму нейронних мереж адаптивного резонансу.

Практичне значення. Введення в структуру автоматизованих систем управління барабанними млинами нових непрямих інформативних алгоритмів для підвищення достовірності ідентифікації їх поточного оперативного стану.

Ключові слова: барабанні млини, сигнал споживаної потужності, спектральний склад сигналу, нейронні мережі адаптивного резонансу, інформативність.

Вступ. При автоматизації управління потужними гірничими електромеханічними системами часто виникає необхідність оперативного контролю окремих важливих параметрів технологічного процесу, доступ до вимірювання яких через конструктивні особливості агрегатів утруднений або взагалі неможливий. До та-

ких параметрів відноситься і ступінь заповнення барабана подрібнюваним матеріалом в барабанних млинах [1]. Технологічно її побічно оцінюють по значенню середньої споживаної приводним електродвигуном потужності. Існує і ряд інших способів вимірювань. Найефективнішим і точним з них є радіоізотопний, хоча він і створює цілий ряд додаткових труднощів по забезпеченню безпеки обслуговуючого персоналу і тому не є широко поширений.

Мета роботи. При всьому цьому інформаційні можливості перевіреного часом і надійного сигналу споживаної потужності ще далеко не повністю використані. Інформаційний резерв тут прихований в реально існуючій динамічній складовій миттєвих значень споживаної приводним електродвигуном активної потужності, яка відображає через флуктуації енергоспоживання всю складну техніко-технологічну динаміку гірничого агрегату. Тому метою роботи і є перевірка можливостей застосування інформаційної чутливості нейронних мереж при рішенні вказаної задачі.

Викладання основного матеріалу. Як моделі навчання і прогнозу в задачах автоматичної діагностики гірничих електромеханічних систем достатньо перспективним є використання нейронних мереж і зокрема нейронних мереж адаптивного резонансу. На основі теорії адаптивного резонансу було розроблено декілька нейромережевих моделей, але у випадку, що розглядається, використовувалася нейронна мережа ART-1 [2].

Загальна схема функціонування нейронної мережі адаптивного резонансу згідно стандартної структури виглядає таким чином:

1. Початковий сигнал через вхідний шар X подається на структуру нейронів першого шару адаптивного резонансу.
2. На наступному етапі зважені за допомогою матриці ваг V виходи структури першого шару Y_0 поступають на структуру входів другого шару.
3. Далі зважені за допомогою матриці ваг T виходи структури другого шару Y_1 повертаються до структур першого шару.
4. При цьому виходи структури першого шару Y_0 і вхідний вектор X порівнюються, і відповідно виконується перевірка виникнення стану резонансу, інакше перевіряється властивість розпізнавання системою представленого образу або ж розпізнавання немає.
5. В результаті, якщо шуканий резонанс, що по розпізнаванню не встановлено то відповідно модифікується структура другого шару і процедура повторюється з другого етапу загальної схеми.

Алгоритмічно даний технологічний процес забезпечується в покроковій інструкції наступними діями:

1. Спочатку ініціюються матриці ваг V і T ;
2. Подається на вхід вектор X ;
3. Виконується розрахунок виходу блоку управління G ;
4. Виконується розрахунок виходів нейронів структури першого шару;
5. Виконується розрахунок поточного стану нейронів структури другого шару;
6. Знаходиться нейрон структури другого шару з максимальною активністю, який ще не був «переможцем»;

7. У разі відсутності нового нейрона-переможця необхідно перейти на п.14, інакше перейти на наступний пункт;
8. Виконується розрахунок виходу блоку управління G;
9. Виконується розрахунок виходів нейронів структури першого шару;
10. Виконується розрахунок значення блоку скидання R;
11. Якщо не виконується задана умова то необхідно видалити поточний нейрон-переможець з порівняння при змаганні, перейти на п.6 інакше перейти на наступний пункт;
12. У випадку якщо поточний нейрон-переможець структури другого шару не зарезервованій та знайдений новий образ, перейти на п.16 інакше перейти на наступний пункт;
13. При виникненні стану резонансу, відповідно вхід X успішно є класифікований, номер класу рівний номеру поточного нейрона-переможця структури другого шару, і потрібно перейти на п.17;
14. Коли знайдений новий невідомий образ, необхідно знайти вільний нейрон структури другого шару;
15. Якщо ж немає вільного нейрона структури другого шару, то виходить, що пам'ять заповнена, і неможливо запам'ятати новий невідомий образ, необхідно перейти на п.17, інакше перейти на наступний пункт;
16. Далі слід зарезервувати знайдений вільний нейрон структури другого шару і модифікувати його вагу;
17. Виконується закінчення роботи [2, 3].

По алгоритму даної моделі розроблено програмне забезпечення, модулі якого приведені на рисунках блок схемами. Згідно представленої схеми першого модуля на Рис. 1. спочатку виконується вибірка контрольних точок. На наступному кроці відбувається додавання нових точок на графік і передача вектора значень на вхід в нейронну мережу. Відповідно класично відбувається ініціалізація структури першого шару і структури другого шару. І виконується обчислення виходу структури другого шару. В наступному програмному модулі обчислюється стан структури другого шару. Далі відбувається обчислення виходу структури першого шару і перевірка на наявність нейрона «переможця». Виконується перевірка на наявність образу і збереження образу в нейроні. На наступному кроці здійснюється пошук наступного переможця і пошук вільного нейрона. При позитивному результаті проведеного пошуку виконується повернення сигналу. Надалі зберігається образ в нейроні, модифікується вага і виконується вихід на повернення сигналу.

Структура моделі ART-1 відноситься до дискретних, так як працює з бінарними сигналами, рекурентних нейронних мереж і архітектурно складається з трьох шарів, вхідного і двох оброблювальних, і двох функціональних спеціальних блоків, управління G і скидання R. Як і у разі персептрона [3] пам'ять системи складається з матриці вагових коефіцієнтів зв'язків нейронів, але у відмінності від персептрона процес функціонування мереж ART не розділяється на дві фази навчання і робочого стану. ART-1 здатна навчатися постійно і самостійно, у міру надходження нових образів.

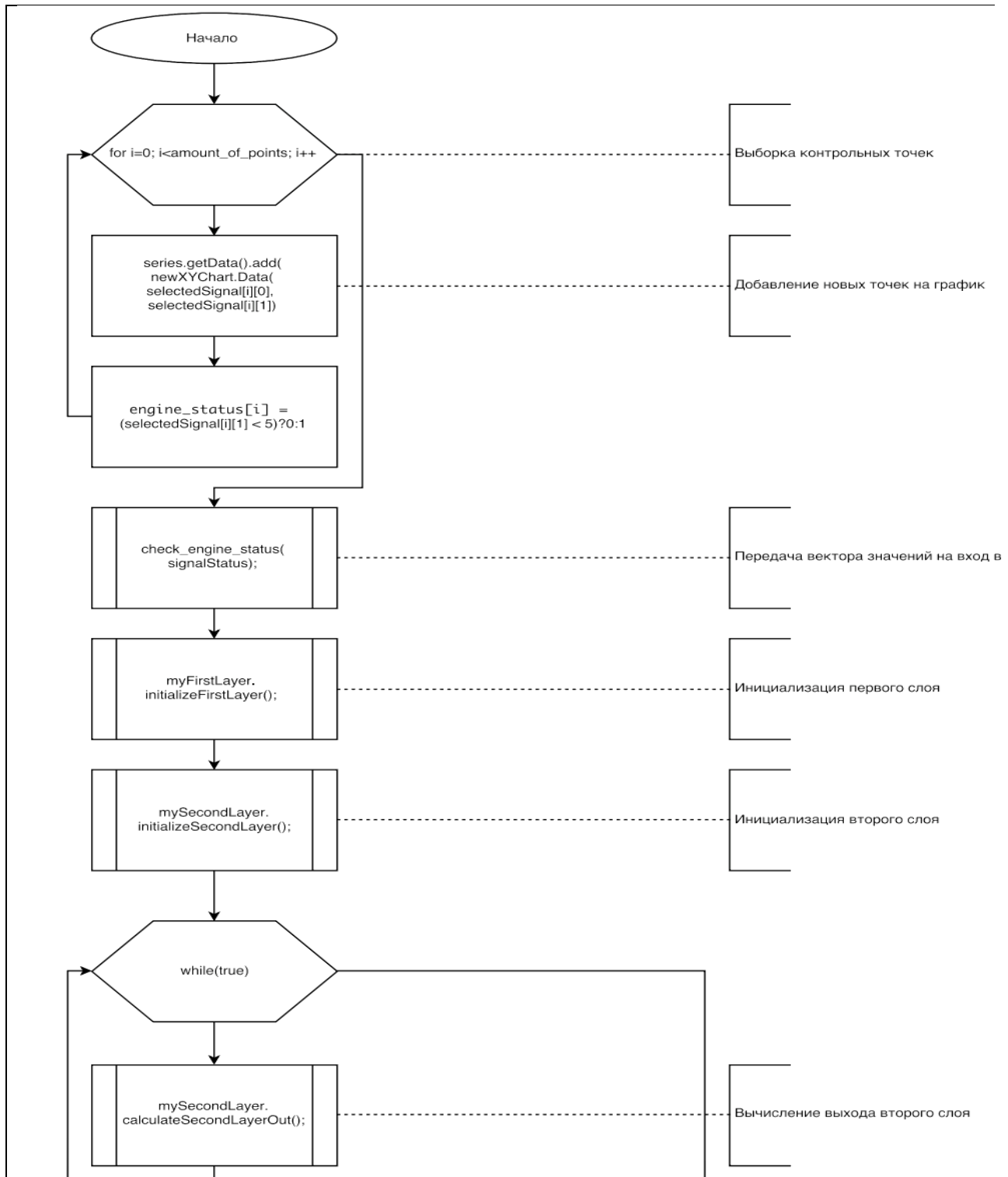


Рис. 1. Блок схема першого модуля програмного забезпечення реалізації імітаційного моделювання нейронних мереж адаптивного резонансу

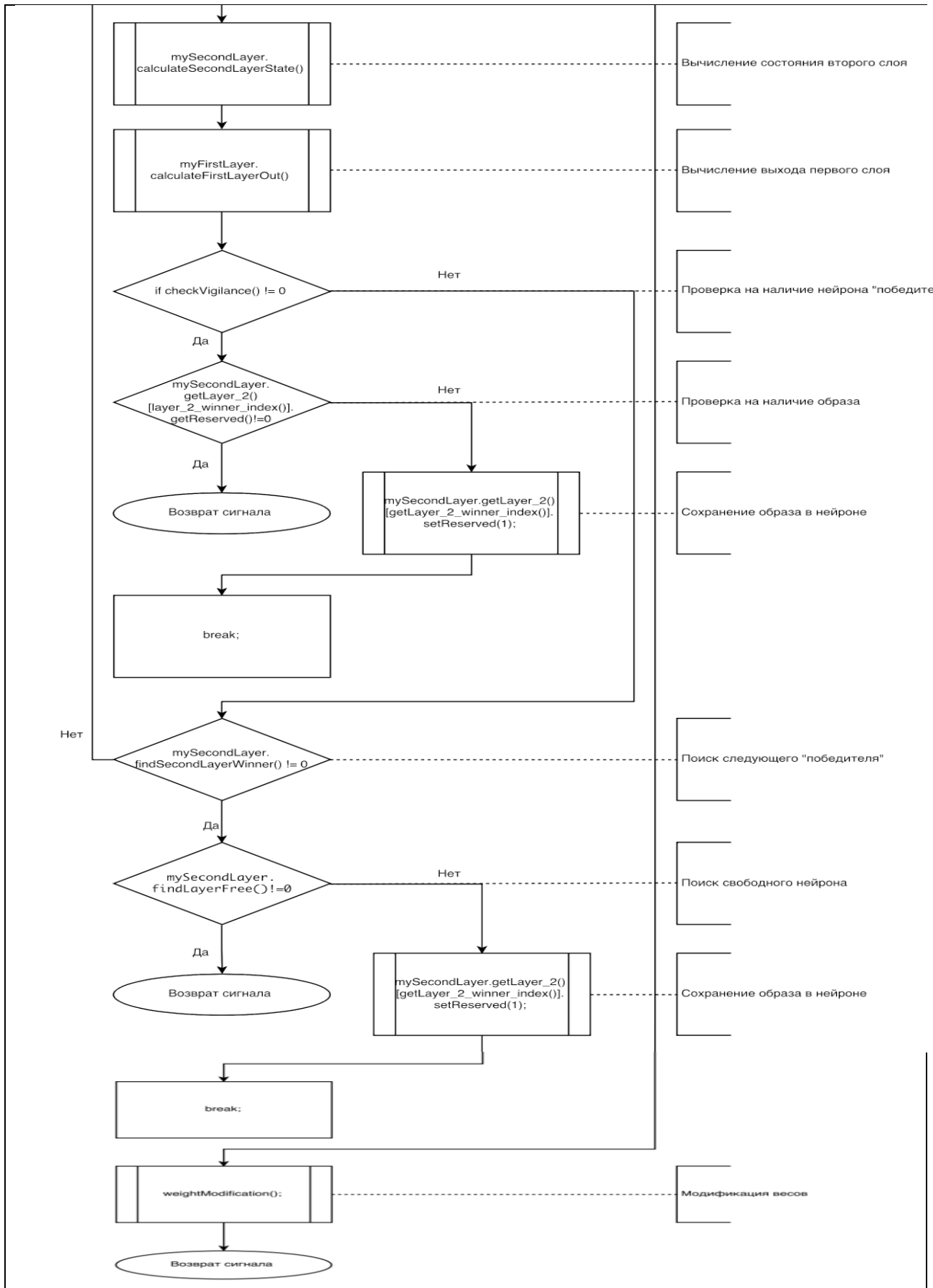


Рис. 2. Блок схема второго модуля программного обеспечения реализации имитационного моделирования нейронных сетей адаптивного резонанса

Таким чином, реалізація програмного забезпечення імітаційного моделювання контролю ступеня завантаженості потужного барабанного млина типу ММС 90х30А була виконана по наступному алгоритму. В процесі синтезу програмного продукту використовувалася мова програмування Java, а також платформа JavaFX. Для наочного відображення сигналів був використаний компонент ChartBox. В процесі відображення спектральної щільності відбувається аналіз інформативних екстремумів і в подальшому їх порівняння з усередненою величиною по відображенню еталонного значення, яке експериментально обчислене раніше.

Сформований вектор значень передається в нейронну мережу, де і виконується алгоритм визначення відповідностей. Після закінчення роботи нейронна мережа видає результуюче визначення, до якого ж шаблону належить запропонований до аналізу сигнал, по еталону зв'язний із ступенем заповнення барабана млина подрібнюваною рудою. Робоча форма інтерфейсу розробленого програмного забезпечення імітаційного моделювання і розпізнавання стану по заповненню барабана млина представлена на рис. 3.

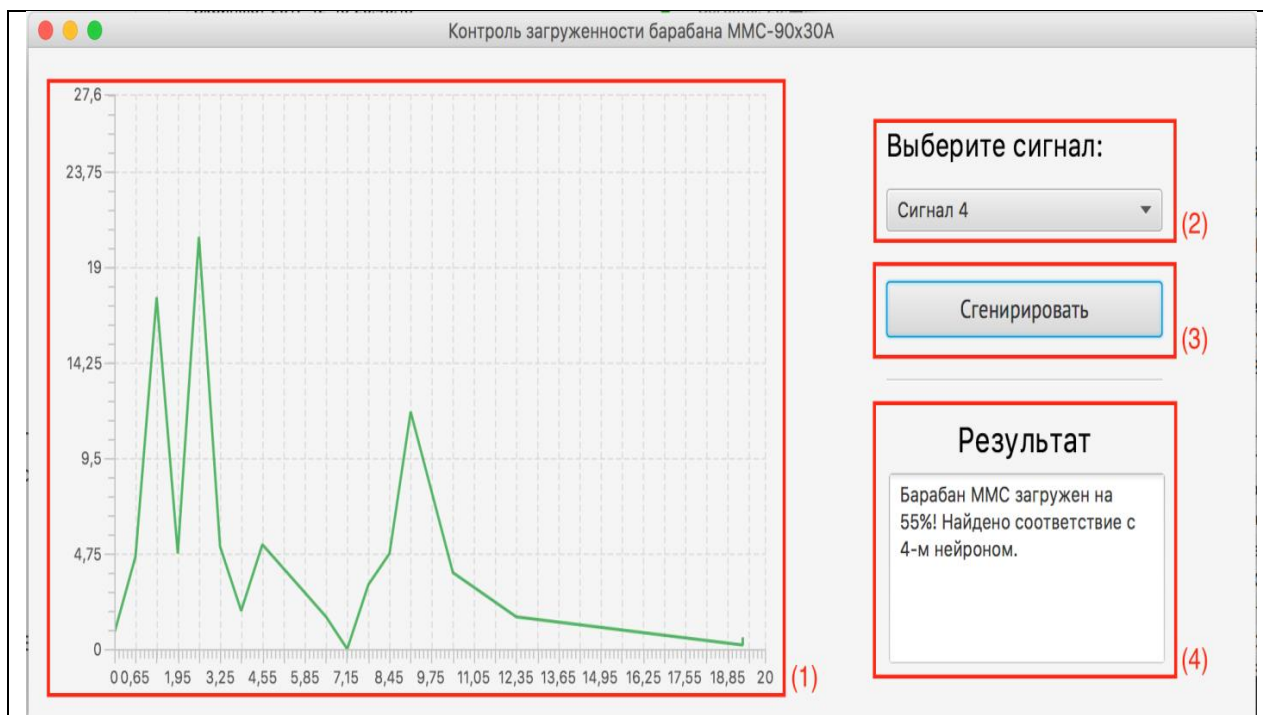
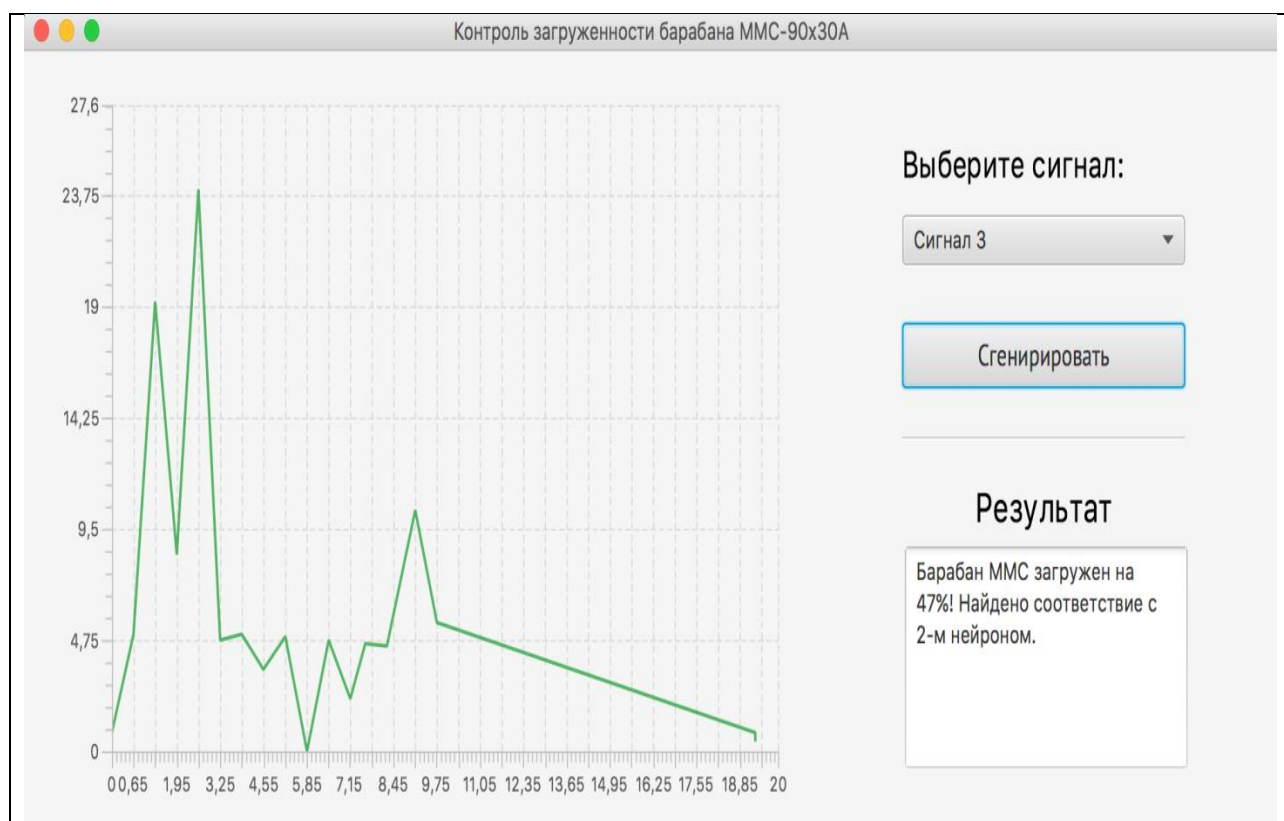
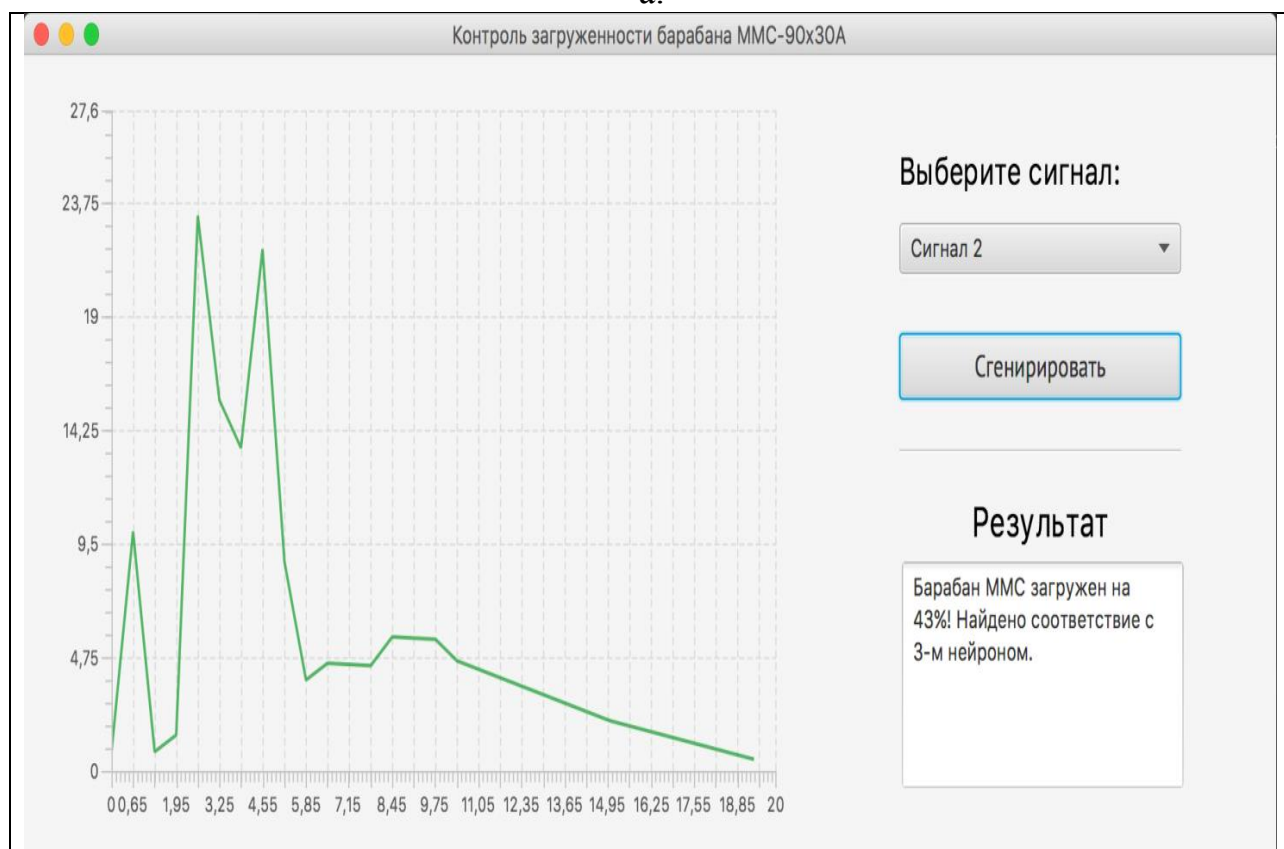


Рис. 3. Інтерфейс програмного забезпечення імітаційного моделювання і розпізнавання стану барабана млина по заповненню



а.



б.

Рис. 4. Робочі форми інтерфейсу програмного забезпечення імітаційної моделі контролю завантаженості барабана млина типу ММС 90х30А подрібнюваним матеріалом: а – заповнення 47%; б - заповнення 43%

Структурно елемент під номером 1, відображає вибраний для аналізу сигнал у вигляді спектральної щільності від автокореляційної функції миттєвих значень сигналу споживаної приводним електродвигуном активної потужності для різних технологічних станів по заповненню. Елемент під номером 2 визначає базові еталонні сигнали, наперед визначені в програмі на основі раніше проведених досліджень. Елемент під номером 3 запускає процес побудови кривої спектральної щільності на графіці, яка відповідає сигналу, запропонованому по управляючому елементу під номером 1. Відповідно управляючий елемент під номером 4 представляє текстове поле для виведення результату роботи програми. В ньому позначається розпізнаний відсоток завантаженості барабана млина ММС 90х30А подрібнюваним матеріалом, а також номер нейрона з розпізнаним образом. Робочі форми інтерфейсу програмного забезпечення імітаційної моделі завантаженості барабана млина для різних технологічних станів представлені на рис. 4.

Висновки. Сформовані програмні імітаційні моделі розпізнавання значення технологічного параметра заповнення барабана млина подрібнюваним матеріалом за непрямыми оцінками спектрального складу миттєвих значень споживаної приводним електродвигуном активної потужності на основі нейронних мереж адаптивного резонансу підтвердили принципову можливість здійснення такого непрямого контролю. При цьому для визначення значень характеристик точності розпізнавання необхідні більш детальні статистичні дослідження.

Перелік посилань

1. Барабанные мельницы (конструкции и основные характеристики) (n.d.) Retrieved from http://chemanalytica.com/book/novyuy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/09_protsessy_i_apparaty_khimicheskikh_tekhnologiy_chast_I/
2. Классификатор на основе нейронной сети ART-1 (n.d.) Retrieved from <http://mecha-noid.kiev.ua/neural-net-art1.html>
3. Теория адаптивного резонанса. Реализация (n.d.) Retrieved from <http://www.intuit.ru/studies/courses/88/88/lecture/20549?page=1>

АННОТАЦИЯ

Цель. Обоснование принципиальной возможности использования косвенных оценок спектрального состава мгновенных значений потребляемой приводным электродвигателем активной мощности и методов искусственного интеллекта в виде нейронных сетей адаптивного резонанса для контроля технологического параметра заполнения барабанов в мельницах мокрого самоизмельчения.

Методика. Использована методика выделения информативных характеристик спектрального состава мгновенных значений потребляемой приводным электродвигателем активной мощности и базовые алгоритмы нейронных сетей адаптивного резонанса для анализа свойств информативной чувствительности реальных сигналов мгновенной активной мощности электродвигателей приводов барабанных мельниц с целью идентификации и прогнозирования технологических состояний последних по величине заполнения барабанов измельчаемой рудой.

Результаты. На основе выполненных исследований, на программной имитационной модели, подтверждена принципиальная возможность осуществления косвенного контроля технологи-

ческого параметра заполнения в барабанных мельницах на основе чувствительности информативных характеристик спектрального состава флуктуаций мгновенных значений потребляемой приводным электродвигателем активной мощности и свойств распознавания алгоритмов нейронных сетей адаптивного резонанса для барабанных мельниц типа ММС 90*30А. Для подтверждения статистической устойчивости предложенной методики предполагается проведение дополнительных экспериментальных исследований на производстве.

Научная новизна. Сформирована новая методика косвенного распознавания оперативных значений технологического параметра заполнения рудой барабана в мельницах мокрого самоизмельчения на основе имитационной модели по базовому алгоритму нейронных сетей адаптивного резонанса.

Практическая значимость. Введение в структуру автоматизированных систем управления барабанными мельницами новых косвенных информативных алгоритмов для повышения достоверности идентификации их текущего оперативного состояния.

Ключевые слова: барабанные мельницы, сигнал потребляемой мощности, спектральный состав сигнала, нейронные сети адаптивного резонанса, информативность.

ABSTRACT

Purpose. The purpose of this article is to establish the most effective methods of using indirect estimates. These estimates relate to the spectral composition for instantaneous values in two key areas: active power consumed by the drive motor and artificial intelligence (in the form of adaptive resonance neural networks). These are both necessary in order to monitor the technical parameters involved in filling drums for wet self-grinding mills.

Methodology. The method we use is as follows. First, we examine the spectral characteristics (as well as the composition of instantaneous values) consumed by the drive motor. Second, we apply the basic algorithms of adaptive resonance neural networks. This is in order to analyze the “information sensitivity” properties of real power signals generated within the drum mill motors thus allowing us to identify and predict the technological states of the latest, and largest, drums filled with crushed ore.

Findings. Based on the research we conducted using the software simulation model, there is the fundamental possibility of implementing an indirect control of the technological parameters when filling drum mills. It is based on the sensitivity of the characteristics of the spectral composition of fluctuations contained within the instantaneous values for the active power consumed by the drive motor. In addition, it realizes the recognition properties of the adaptive resonance neural network algorithms for drum mills of MMS type 90*30A. We expect to conduct additional experimental research in production to confirm the reliability of the proposed methodology.

Originality. We formed a new method of indirect recognition of the technological parameter operational values when filling the drum with ore in wet self-grinding mills. It is based on a simulation model using a basic algorithm of adaptive resonance neural networks.

Practical value. Insertion of new indirect informative algorithms to the structure of automated control systems for drum mills allows the increase in the reliability of identifying their current operational status.

Keywords: drum mills, power consumption signal, signal spectral composition, adaptive resonance neural networks, information content.