

9. ГОСТ 8.332–78 ГСИ. Световые измерения. Значения относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения. М.: Государственный комитет СССР по стандартам., 1978.- 6 с.

10. ОСТ 16.0.800.814-81. Преобразователи излучения измерительные для световых измерений, характеристика относительной спектральной чувствительности. Требования и классификация. – М.: Отраслевой стандарт, 1981.- 11 с.

11. ДСТУ 3394–96 Державна повірочна схема для засобів вимірювань світлових величин. К.: Держстандарт України, 1996. - 6 с.

**УДК 004.93:14**

**О.В. ПОЛЯРУС, докт. техн. наук, Є.О. ПОЛЯКОВ, О.О. РЕЗНИКОВ, асп.**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **АВТОМАТИЧНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ РЕЖИМІВ НАВАНТАЖЕННЯ АВТОГРЕЙДЕРА НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Постановка задачі.** Для підвищення надійності, довговічності і безпеки експлуатації дорожніх машин необхідно проводити ранню діагностику стану об'єкта [1], яка може забезпечити прогнозування можливих порушень в роботі машини. В роботі [2] розглянуто динаміку землерійно-транспортних машин при різкому зростанні опору, що дозволяє оцінити динамічні навантаження, які діють на металоконструкцію. Для виявлення несправних станів автогрейдера необхідною умовою є отримання бази даних станів справної машини і порівняння отриманих в робочих режимах даних із еталонними. Принципи планування експериментальних досліджень такого типу розглянуто в [3]. Робота автогрейдера супроводжується різними динамічними навантаженнями на конструкцію машини, що обумовлено головним чином структурою ґрунту. В зв'язку з цим виникає завдання врахування при керуванні машиною пікових навантажень на раму, що фактично означає розпізнавання режимів навантаження. Розпізнавання здійснюється на основі експериментально отриманих сигналів, що описують навантаження на шкворень автогрейдера, у фазовому просторі із застосуванням алгоритмів кластеризації і нейронних мереж. Огляд і опис методів кластеризації представлено в [4], а нейронних мереж в [5].

**Мета роботи.** Розробка моделі розпізнавання режимів навантаження автогрейдера на основі експериментально отриманих даних. Задача: створити нейромережеву модель системи розпізнавання режимів навантаження дорожньої машини і оцінити її можливості.

**Результати моделювання системи розпізнавання режимів навантаження дорожньої машини.** В ході експерименту, що був проведений в ХНАДУ, на шляху прямування автогрейдера була розташована перепона для стеження за поведінкою машини в навантаженому режимі. Вимірювання напруження здійснювалось тензOMETрами. На рис. 1. зображено графік залежності напруженості на шкворні автогрейдера від часу при виконанні робочих операцій.

До моменту часу приблизно 3 с автогрейдер працював в режимі холостого ходу, потім зустрів перепону, на що вказує стрибкоподібна зміна навантаження в момент часу 10 с. Така залежність означає зміну режиму навантаження автогрейдера. Виникає завдання



Рис. 1. Експериментальна часова залежність навантаження на шкворні автогрейдера.

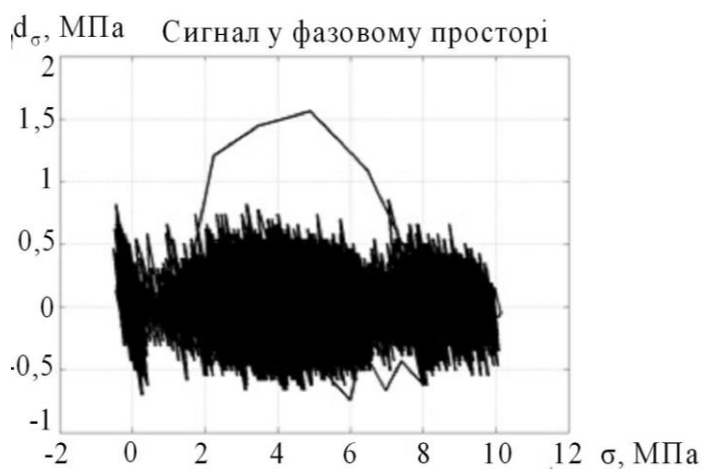


Рис. 2. Портрет сигналу навантаження у фазовому просторі.

автоматичного розпізнавання цього змінювання апаратурними засобами.

Методи розпізнавання геометричних образів добре розвинуті в літературі, наприклад, в [6]. Тому доцільним є перенесення часових сигналів (рис.1) в фазовий простір, координатами якого є напруженість на шкворні та швидкість її змінювання (рис.2). Таким чином, сигнал перетворюється в геометричний образ. В фазовому портреті (рис.2) закладені приховані закономірності, що характеризують особливості навантаження грейдера.

Розпізнавання цих особливостей може бути виконано на основі розв'язання задачі кла-

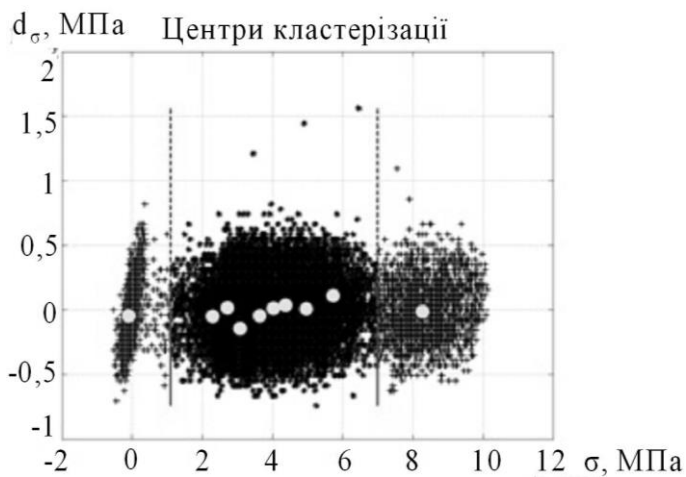


Рис.3. Результат роботи кластери заторів.

стеризації. Кластеризація дозволяє розбити фазовий простір на визначене або невідоме число кластерів на основі деякого математичного критерія якості кластеризації. Елементи в кластерах об'єднуються по схожості ознак навантаження на раму. Багатоманітність алгоритмів кластерного аналізу обумовлено наявністю багатьох критеріїв, що відображають ті чи інші аспекти якості автоматичного групування.

При цьому більшість методів мають високу обчислювальну складність та чутливість до точності апріорної інформації про кількість кластерів або максимально допустимий розмір кластера.

Залучення сучасних інтелектуальних технологій до класифікації або розпізнавання режимів роботи автогрейдера сприяє розв'язанню задачі ресурсоемності задач кластеризації за рахунок паралельної обробки інформації і забезпечує велику гнучкість в формуванні рішень та самонастроювання на конкретний тип задачі. Зокрема, для розпізнавання режимів навантаження можна застосовувати елементи нечіткої логіки. При нечіткій кластеризації елемент образу може належати одночасно різним режимам і в цьому випадку здійснюється визначення степені належності до того чи іншого кластера. В статті реалізація розпізнавання режимів роботи автогрейдера виконано з використанням вже добре розвинутого апарату нейронних мереж. Серед багатьох нейронних мереж була вибрана самоорганізуюча мережа Тойво Кохонена, яка не вимагає визначення наперед кількості режимів навантаження автогрейдера. Мережа або карта Кохонена [5]. складається з двох шарів нейронів, які розміщені у вигляді двомірної решітки. Нейрони вихідного шару називаються кластерними елементами, а їх кількість визначає максимальну кількість режимів навантаження. Кожному нейрону ставиться у відповідність ваговий вектор і визначається відстань між векторами методами функціонального аналізу. Тому кожний вхідний вектор вже відноситься до деякого кластерного елемента. Перед початком функціонування мережа навчається на деякій множині даних. Серед низки методів навчання, як правило, вибирається метод змагання. На кожному кроці навчання з початкового набору даних випадково вибирається один з векторів, а потім здійснюється пошук нейрона вихідного шару, для якого відстань між його вектором вагів і аналогічним вхідним вектором є

мінімальною. Після знаходження мережею нейрона – переможця здійснюється коректування вагів нейронної мережі.

Для сигналу напруження, що приведений на рис. 1, 2, з допомогою зазначеної мережі визначені центри кластеризації (рис.3, світлі круги). При групуванні точок, що характеризують режим навантаження грейдера (границя поділу вказана пунктиром), застосовано метод найближчого сусіда. Згідно з цим методом відстань від кластера до найближчого сусіда, кластер якого не виявлено, порівнюється з пороговим значенням  $i$ , якщо не перевищує його, – відноситься до даного кластера, а якщо ні – формує новий. Регулюванням рівня порогу досягається необхідна чутливість системи. З рис. 3 випливає, що нейронна мережа виділила три кластери навантаження рами грейдера, що відповідають режимам холостого ходу, ненавантаженого і навантаженого. Очевидно, що аналогічна класифікація може бути проведена при вимірюванні інших параметрів, які характеризують роботу грейдера, наприклад, тиску в гідросистемі, прискорень елементів машини тощо.

**Висновки.** Вдосконалення землерійно-транспортних технологій вимагає впровадження в конструкцію дорожніх машин інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем, робота яких може ґрунтуватись на нейромережевих алгоритмах. Це дає змогу проводити автоматичне розпізнавання стану роботи машин, що необхідно для покращення якості їхнього функціонування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Барков А. В., Баркова Н. А., Азовцев А. Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. Санкт-Петербург.: Изд. СПМТУ, 2000. 158 с.
2. Холодов А. М. Динамика землеройно-транспортных машин при резком возрастании сопротивлений. //Труды ХАДИ, вып. 22, 1960. – С. 71-81.
3. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 280с.
4. Дж. Вэн Райзин. Классификация и кластер. - М: Мир, 1980. – 389 с.
5. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
6. Дж. Ту, Р. Гонсалес. Принципы распознавания образов. – М: Мир, 1978. – 411 с.