

problem has been stated. Several criteria are used in the task: integral and terminal. The integral criterion reflects the energy and dynamic undesirable characteristics of the system, which nonlinearly depend on its generalized coordinates. It has been shown that by choosing the boundary conditions of motion it is possible to achieve absolute minima of the terminal criteria. It has been established that under the Legendre condition an integral criterion may reach a minimum. An analysis of the optimization problem has shown that the nonlinear Euler-Poisson equation must be solved in order to find the solution. In order to find approximate solution of the problem the collocation method was suggested to use. A polynomial which satisfies the boundary conditions of the system's motion and contains a free parameter has been used as the basis function for an approximate solution of the problem. In the article the value of the free parameter has been found, so the original problem has been reduced to the solution of the cubic algebraic equation. Its solution was found by the Cardano's method. The approximate solution of the optimization problem allowed to obtain dependences which describe the energy, dynamical on the kinematic functions of the system „the mechanism of lifting a load - a load - a vehicle”. They are characterized by smoothness of changes in time, which improves the operation efficiency of the lifting machine.

Key words: vehicle, crane, optimal control, dynamic loads

УДК 631.31:64

ШТУЧНІ КОГНІТИВНІ СИСТЕМИ В ПРОЦЕСАХ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Д. Ю. Калініченко, здобувач*

І. Л. Роговський, кандидат технічних наук

e-mail: irogovskii@gmail.com

Анотація. В основі технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів за технічним станом лежить технічний контроль, за допомогою якого проводять безперервний або періодичний контроль параметрів технічного стану, що характеризують поточний фактичний стан вузлів, механізмів чи агрегатів. Прогнозування виконують при безперервному контролі для визначення наробітку, протягом якого збережеться

***Науковий керівник – кандидат технічних наук І. Л. Роговський**

© Д. Ю. Калініченко, І. Л. Роговський, 2017

працездатний стан, а при періодичному контролі – для визначення моменту часу наступного контролю.

Процес технічного контролю несправностей складається з виявлення та локалізації дефектів у системі зернозбиральних комбайнів. По мірі ускладнення технічних систем зернозбиральних комбайнів і зростання вимог до безпеки, надійності та екологічності, технічний контроль несправностей стає все більш значущою процедурою. Одним з прикладів є система технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів, де потрібна висока надійність і працездатність, низький рівень викидів, крім того, технічний контроль сприяє підвищенню ефективності ТО зернозбиральних комбайнів.

Ключові слова: *аналіз, система, стратегія, технічне обслуговування, зернозбиральний комбайн*

Постановка проблеми. В основі технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів за технічним станом лежить технічний контроль, за допомогою якого проводять безперервний або періодичний контроль параметрів технічного стану, що характеризують поточний фактичний стан вузлів, механізмів чи агрегатів. Прогнозування виконують при безперервному контролі для визначення наробітку, протягом якого збережеться працездатний стан, а при періодичному контролі – для визначення моменту часу наступного технічного контролю.

Аналіз останніх досліджень. Процес технічного контролю несправностей складається з виявлення та локалізації дефектів у системі зернозбиральних комбайнів. По мірі ускладнення технічних систем зернозбиральних комбайнів і зростання вимог до безпеки, надійності та екологічності, технічний контроль несправностей стає все більш значущою процедурою. Одним з прикладів є система технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів, де потрібна висока надійність і працездатність, низький рівень викидів, крім того, технічний контроль сприяє підвищенню ефективності ТО зернозбиральних комбайнів [1–8].

Мета досліджень – узагальнити та виконати аналіз застосування штучних когнітивних систем в процесах технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів.

Результати досліджень. Наслідками несправностей силової енергетичної установки зернозбиральних комбайнів можуть бути:

- підвищення викидів, що забруднюють екосистеми;
- зниження рівня безпеки;
- збільшення витрати палива;
- погіршення керованості зернозбиральних комбайнів або його стійкості.

При своєчасному виявленні несправностей, ці наслідки можна запобігти або хоча б зменшити. Загальна структура технічного контролю представлена на рис. 1, де в системі технічного обслуговування (далі – ТО) зводяться всі наявні знання про процес (сюди входять вимірювані параметри та інша інформація, на підставі якої робиться висновок про фактичний технічний стан зернозбиральних комбайнів).



Рис. 1. Загальна структура технічного контролю зернозбиральних комбайнів в системі ТО.

Сучасні апаратно-програмні засоби для різного роду обчислень, все частіше характеризуються словосполученням штучні когнітивні системи (від англ. Artificial cognitive systems).

В основі штучних когнітивних систем лежить процес "імітування" розумової діяльності людини, вони засновані, як правило, на моделях штучних нейронних мереж (від англ. Artificial neural networks) (далі – ШНМ), які являють собою математичні моделі, побудовані на основі принципів організації біологічних нейронних мереж.

Серед безлічі різних способів і методів виявлення несправностей при технічному контролі зернозбиральних комбайнів в США, Польщі, Швейцарії, Китаї та ряді інших країн, в останнє десятиліття одним із прогресивних методів є використання штучних когнітивних систем на основі математичного апарату ШНМ.

Після розробки алгоритмів навчання ШНМ, одержувані моделі використовують у практичних цілях: в задачах прогнозування, розпізнавання образів, в задачах управління та ін.

Штучні нейронні мережі, в даний час, проектуються в автономне програмне забезпечення, яке здатне обробляти багатовимірні вхідні дані в режимі реального часу. Мережа навчається передбачати одну із змінних, використовуючи інші. Різниця між прогнозом і вимірюванням використовується, щоб відрізнити нормально працюючий механізм, вузол чи агрегат зернозбиральних комбайнів від несправного. Наприклад, використовуючи ШНМ, ми можемо з високим ступенем точності виявити помилки датчика абсолютного тиску впускного колектора (V_s) і клапани системи рециркуляції відпрацьованих газів (V_a).

У впускному колекторі силової енергетичної установки зернозбиральних комбайнів, схематично зображено на рис. 2, швидкість масової витрати повітря (V_i), рециркуляція відпрацьованих газів (V_a), обороти двигуна (V_o) і абсолютний тиск (V_s) пов'язані рівнянням динаміки першого порядку:

$$\frac{dV_s}{dt} = f(V_i, V_o, V_a, V_s)$$

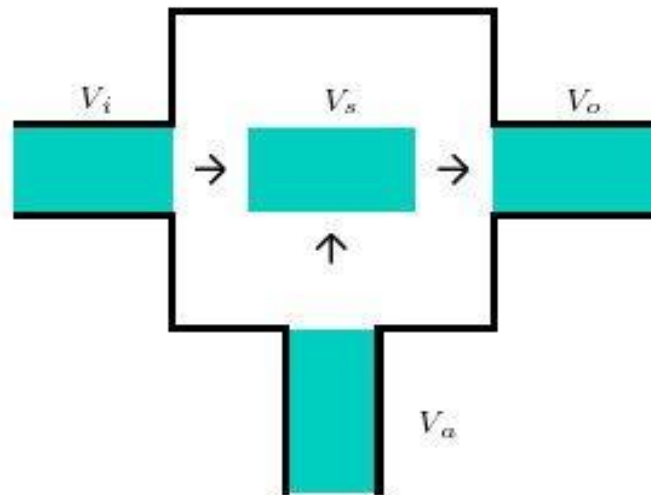


Рис. 1. Схема циркуляції потоків в силовій енергетичній установці зернозбиральних комбайнів.

У багатьох зернозбиральних комбайнів датчики вимірюють змінні дані. Завдяки взаємозв'язку цих змінних і фіксації їх змін у часі, ми можемо виявляти несправності датчиків. Таким чином, наприклад, контролюючи змінну V_s , ми здатні з високою точністю виявляти помилки в змінній V_a .

Розглянемо модель нейронної мережі, яка здатна фіксувати динаміку шестициліндрової силової енергетичної установки зернозбиральних комбайнів в умовах автоматизованих робочих процесів та на виробництві. Незважаючи на те, що представлена модель ШНМ лише для певної техсервісної проблеми, даний підхід є загальним і може легко бути адаптований під рішення більш широкого кола завдань технічного контролю параметрів технічного стану в системі ТО зернозбиральних комбайнів.

Використовуючи тришарову нейронну мережу із зворотним зв'язком, архітектура якої показана на рис. 2, можна спрогнозувати змінну V_s , використовуючи інші три змінні. Прогнозована змінна V_s повертається на вхід (принцип дії мереж зі зворотним зв'язком) в якості четвертого вхідного нейрона.

Мережі зі зворотним зв'язком навчається на навчальному наборі даних, який був сформований шляхом імітування

несправностей V_s і V_a . Дані для навчання подаються наступним чином:

1. Знаходиться випадкова початкова точка в довшій часовій послідовності даних і встановлюється початкове значення входу зворотного зв'язку змінної V_s .

2. Виконується вхід, щоб отримати V_s на виході і обчислити помилку (квадрат різниці прогнозованого значення V_s і отриманого).

3. Встановлюється пряма подача на вхід до наступної точки даних і вхід зворотного зв'язку до спрогнозованому значенням V_s .

4. Повторюються кроки 2 і 3 у циклі ($n=100$) для збору сигналів про помилки.

5. Повторюються кроки 1, 2, 3 і 4 у циклі ($n=4$) для подальшого збору сигналів про помилки.

6. Оновлюється з'єднання згідно з правилом зворотного поширення помилки (від англ. Back Error Propagation).

7. Повторюються кроки з 1 по 6 до тих пір, поки помилка не перестане зменшуватися або поки не буде досягнута межа обчислень.

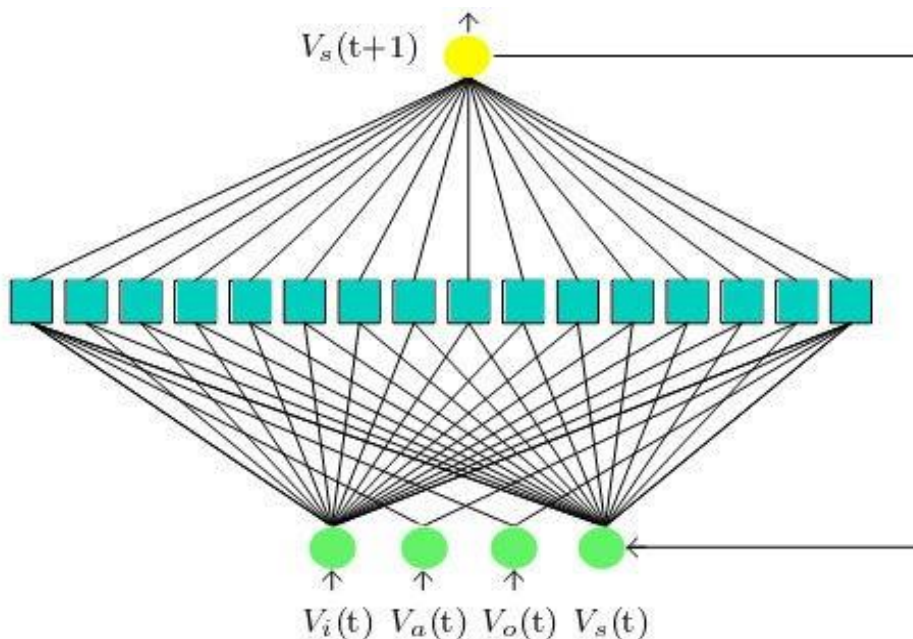


Рис. 2. Архітектура тришарової ШНМ із зворотним зв'язком технічного контролю зернозбиральних комбайнів в системі ТО.

Робочі характеристики мережі зазвичай перевіряються на окремому тестовому наборі даних. Опис виявлення несправностей з використанням штучної нейронної мережі на прикладі технічного контролю параметрів технічного стану силових енергетичних установок зернозбиральних комбайнів в системі ТО, на які

встановлюються датчики для вимірювання параметрів роботи під час експлуатації можливий за моніторингом, який формує файл даних, що містить певні контрольні-діагностичні параметри силової енергетичної установки. Завдання інженера-діагноста зводиться до того, щоб, використовуючи отримані дані моніторингу, виявити дефекти силової енергетичної установки без його розбирання. Традиційний спосіб вирішення даної задачі – це використання методик, заснованих на фізичних закономірності: виникнення певного дефекту викликає певні відхилення тих чи інших контрольованих параметрів, тому, проводячи аналіз характеру цих змін, робиться припущення про можливу наявність дефектів, що викликають ці зміни.

Дане завдання з використанням математичного апарату ШНМ вирішується таким чином: у вхідному векторі перцептрона X передбачають місця для всіх параметрів моніторингу, на значення яких впливають виявлені дефекти. Можливі дефекти силової енергетичної установки зернозбиральних комбайнів в системі ТО кодуються у вихідному векторі D за допомогою двійкової системи числення. Вектори бажаних виходів D_q складаються за результатами стендових розборок силової енергетичної установки. Крім того, передбачається, що при початку експлуатації нового або зернозбирального комбайна, який пройшов ТО, його силова енергетична установка повністю справна і дефектів в ній немає, тоді як перед самим завершенням моніторингу силова енергетична установка вже має ті самі дефекти, які і виявилися при її розбиранні. Тому з усієї безлічі параметрів моніторингу цінність для навчання нейронної мережі мають параметри саме першого і останнього наробітку до ТО зернозбирального комбайна. Тоді для кожної силової енергетичної установки, що побувала у розбиранні, потрібно сформулювати пару навчальних векторів X_q та D_q . Якщо кількість навчальних прикладів буде достатньою, то правильно спроектований багатосаровий перцептрон навчиться надійно ставити діагноз несправності силової енергетичної установки, в тому числі і тих, які в навчальній множині не були присутні.

Висновок. Завдання з використанням математичного апарату ШНМ вирішується у вхідному векторі перцептрона X і передбачають місця для всіх параметрів моніторингу, на значення яких впливають виявлені дефекти вузлів, механізмів чи агрегатів зернозбиральних комбайнів в системі ТО.

Список літератури

1. https://www.researchgate.net/publication/280303319_Technical_and_economic_performance_of_combine_harvester_in_farmers_field.html.
2. conf.rd.asu.lt/index.php/rd/article/download/151/34.html.

3. *Роговський І. Л.* Відновлення працездатності складальних одиниць сільськогосподарської машини. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2015. Вип. 159. С. 224—232.
4. *Роговський І. Л.* Методологічність виконання технологічних операцій відновлення працездатності сільськогосподарських машин при обмежених ресурсах. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 212. Ч. 1. С. 314—322.
5. *Rogovskii I. L., Melnyk V. I.* Model of parametric synthesis rehabilitation agricultural machines. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 241. С. 387—395.
6. *Rogovskii I. L., Melnyk V. I.* Analyticity of spatial requirements for maintenance of agricultural machinery. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 251. С. 400—407.
7. *Rogovskii I. L.* Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 254. С. 424—431.
8. *Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л.* Аналіз систем і стратегій технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів та їх складових частин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 382—392.

References

1. https://www.researchgate.net/publication/280303319_Technical_and_economic_performance_of_combine_harvester_in_farmers_field.html.
2. conf.rd.asu.lt/index.php/rd/article/download/151/34.html.
3. *Rogovskii I. L.* (2015). Recovery Assembly units of agricultural machines. Bulletin of Kharkov National Technical University of Agriculture named Peter Vasilenko. Kharkov. Vol. 159. 224-232.
4. *Rogovskii I. L.* (2015). Methodologist technological operations recovery of agricultural machines with limited resources. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 2015. Vol. 212. Part 1. 314-322.
5. *Rogovskii I. L., Melnyk V. I.* (2016). Model of parametric synthesis rehabilitation agricultural machines. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 2016. Vol. 241. 387-395.
6. *Rogovskii I. L., Melnyk V. I.* (2016). Analyticity of spatial requirements for maintenance of agricultural machinery. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 2016. Vol. 251. 400-407.
7. *Rogovskii I. L.* (2016). Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 254. 424-431.
8. *Kalinichenko D. Yu., Rogovskii I. L.* (2017). Systems analysis and strategies for technical maintenance of combine harvesters and their parts. Scientific Herald of

ИСКУССТВЕННЫЕ КОГНИТИВНЫЕ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Д. Ю. Калиниченко, И. Л. Роговский

Аннотация. В основе технического обслуживания зерноуборочных комбайнов за техническим состоянием лежит технический контроль, с помощью которого проводят непрерывный или периодический контроль параметров технического состояния, характеризующих текущее фактическое состояние узлов, механизмов или агрегатов. Прогнозирование выполняют при непрерывном контроле для определения наработки, в течение которого сохранится работоспособное состояние, а при периодическом контроле – для определения момента времени следующего контроля.

Процесс технического контроля неисправностей состоит из обнаружения и локализации дефектов в системе зерноуборочных комбайнов. По мере усложнения технических систем зерноуборочных комбайнов и рост требований к безопасности, надежности и экологичности, технический контроль неисправностей становится все более значимой процедурой. Одним из примеров является система технического обслуживания зерноуборочных комбайнов, где требуется высокая надежность и работоспособность, низкий уровень выбросов, кроме того, технический контроль способствует повышению эффективности технического обслуживания зерноуборочных комбайнов.

Ключевые слова: анализ, система, стратегия, техническое обслуживание, зерноуборочный комбайн

ARTIFICIAL COGNITIVE SYSTEMS IN PROCESSES OF TECHNICAL MAINTENANCE OF COMBINE HARVESTERS

D. Yu. Kalinichenko, I. L. Rogovskii

Abstract. The basis of the technical maintenance of combine harvesters for the technical condition is technical control, through which conduct continuous or periodic monitoring of the parameters of the technical condition characterizing the actual state of units, mechanisms or agregatu. Forecasting is performed by continuous monitoring to determine the developments during which you will remain healthy state and under periodic monitoring to determine the time of the next control.

The process of technical control of faults consists of detection and location of defects in the system of combine harvesters. As the

complexity of technical systems of combine harvesters and the growth requirements of safety, reliability and sustainability, technical fault monitoring is becoming increasingly important procedure. One example is the system of technical maintenance of combine harvesters, which require high reliability and performance, low emissions, in addition, the technical control helps to improve the effectiveness of the technical maintenance of combine harvesters.

Key words: analysis, system, strategy, technical maintenance, combine harvester

УДК 656.1.004

ВАРІАНТИ СТРУКТУРНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВОГО ЗБІЖЖЯ

О. А. Воронков, аспірант*

**І. Л. Роговський, кандидат технічних наук
e-mail: irogovskii@gmail.com**

Анотація. Для вирішення завдань управління необхідно застосовувати не тільки сучасні математичні моделі та методи управління, але і сучасні обчислювальні та телекомунікаційні засоби. Особливо це відноситься до того випадку, коли система управління транспортними потоками є підсистемою інтелектуальних транспортних систем перевезення зернового збіжжя. Система управління транспортними потоками перевезення зернового збіжжя створюється для вирішення задач керування в реальному часі як підсистема інтелектуальних транспортних систем. Система є системою зі зворотним зв'язком. На підставі проведеного аналізу можна виділити наступні дванадцять особливостей системи. Засоби комутації повинні забезпечити задані структуру і параметри системи зв'язку для передачі зібраних даних. Слід зазначити, що для передачі даних можливо, при дотриманні вимог безпеки, використовувати загальнодоступні канали зв'язку, наприклад Інтернет провайдерів або канали зв'язку операторів зв'язку даного регіону. Підсистема повинна бути орієнтована на зміни в структурі мережі зв'язку, типів каналів зв'язку (провідні, радіо,

*Науковий керівник – кандидат технічних наук І. Л. Роговський

© О. А. Воронков, І. Л. Роговський, 2017