

**І. Г. КИРИЧЕНКО, д. т. н.,**

**О. В. ЄФИМЕНКО, к. т. н., Т. В. ПЛУГІНА, к. т. н.**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ОСНОВНІ МОДУЛІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ БУДІВЕЛЬНИХ І ДОРОЖНІХ МАШИН**

**Атуальність проблеми.** Зараз розвивається більш ускладнена структура системи інтелектуалізації будівельно-дорожніх машин (БДМ). Основними підсистемами цієї структури є: підсистема високошвидкісних комп'ютерних пристроїв; підсистема інформаційних високоточних сенсорів; підсистема математичних моделей оптимізації параметрів та режимів роботи машин. Кожна з цих підсистем характеризується набором програмно-технічного забезпечення зі своїми вимогами щодо функціонування та експлуатації.

Концентрація будівельно-дорожніх робіт вимагає застосування високопродуктивної техніки. З огляду на вимоги щодо габаритів цих машин, екстенсивні шляхи їхнього вдосконалювання тільки за рахунок підвищення потужності приводів та міцності конструкцій не можуть забезпечити істотного зростання показників ефективності. Одним з ефективних шляхів удосконалювання БДМ є впровадження мехатронних принципів проектування [2, 3], що вимагає рішення актуальної наукової задачі створення теорії робочих процесів БДМ як мехатронних систем.

**Аналіз публікацій.** Розвиток систем керування БДМ обумовлено збільшенням кількості датчиків, модернізації й ускладнення стандартних алгоритмів керування складними робочими операціями БДМ [1]. Спостерігається інтеграція алгоритмічних методів керування складними об'єктами й методів штучного інтелекту для завдань з невизначеністю вихідної інформації [2]. До таких завдань можна віднести: оцінку ситуації; прогноз поведінки об'єкта в штатному режимі та розвитку аварійних ситуацій; синтез і оцінку можливих дій оператора й вибір найкращих [3]. Відмінною рисою інтелектуальних систем є здатність до планування поведінки, адаптації й навчанню [4]. Розвиваються та впроваджуються мережоцентричні технології в ефективному супроводженні дорожньо-будівельної техніки.

**Мета і постановка задачі.** Метою роботи є підвищення ефективності управління будівельно-дорожніми машинами за рахунок проектування та розробки інтелектуальної системи управління БДМ.

Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати типову структуру інтелектуальної системи управління БДМ, визначити основні модулі, проаналізувати існуючі інструментальні засоби реалізації та висунути вимоги, щодо їх функціонування.

**Аналіз інтелектуальної системи управління будівельними і дорожніми машинами.** Структура інтелектуальної системи БДМ у найбільш класичному вигляді складається із трьох рівнів. Нижній рівень введення/виводу містить у собі датчики, виконавчі механізми. Середній рівень складається з контролерів. Їхнє завдання - обробити отримані дані, видати керуючий вплив, передати дані на верхній рівень. На верхньому рівні розташовані сервери баз даних і операторських станцій, завдання яких надати людино-машинний інтерфейс операторові й здійснювати обмін із сервером і програмувальними логічними контролерами (ПЛК). Структура інтелектуальної системи БДМ представлена на рис.1.

Мехатронний підхід припускає високий ступінь інтеграції механічної, електричної, гідравлічної, електронної й інформаційної підсистем у конструкції БДМ [1]. Таким чином, машина повинна представлятися як сукупність взаємозалежних виконавчих механізмів та базових корпусних елементів конструкції, що змінюють своє положення в просторі під дією приводів її силових систем у результаті комп'ютерного керування.

Принципи керування повинні бути закладені в систему інтелекту БДМ [2] - програмне забезпечення бортового комп'ютеру для рішення завдання багатокритеріальної оптимізації робочого циклу за критеріями продуктивності, енергоспоживання й надійності з урахуванням обмежуючих факторів, а також прогнозування відмов елементів на основі поточних даних про параметри, що характеризують стан елементів машини й властивості зовнішнього середовища, завдань, одержуваних від оператора й зовнішньої керуючої системи.

Система інтелекту БДМ виконує наступні завдання: адаптивна оптимізація робочих процесів підсистем БДМ; оцінка працездатності виконавчих механізмів – аналіз відповідності технічній характеристиці показників виконуваних операцій і технічного стану елементів конструкції машини; прогнозування залишкового ресурсу елементів конструкції БДМ на підставі аналізу навантажень за весь час її функціонування й історії заміन відповідних вузлів; збір даних про параметри робочих

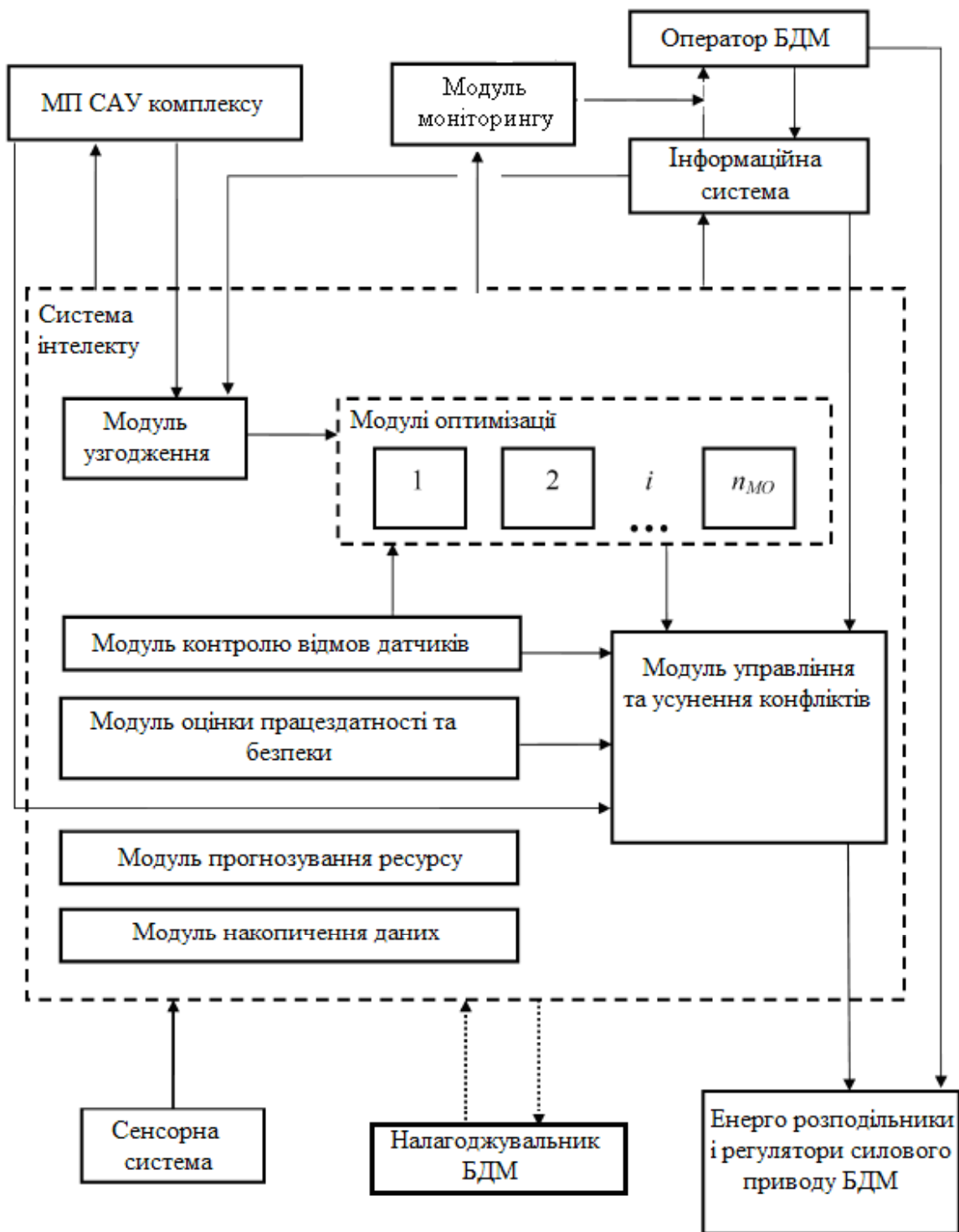


Рис.1. Структура інтелектуальної системи БДМ.

процесів і відмови елементів конструкції БДМ; узгодження робочого процесу машини з функціонуванням іншого встаткування комплексу машин; забезпечення безпеки експлуатації машини.

На основі сформульованих завдань із урахуванням особливостей робочого процесу БДМ, до системи інтелекту машини пред'являються наступні вимоги:

- відкритість – можливість доповнення й коректування алгоритмів роботи системи інтелекту відповідно до розв'язуваних завдань;
- багатозадачність – паралельне виконання алгоритмів рішення декількох завдань;
- стійкість до конфліктів завдань – коректне відпрацьовування суперечливих рішень різних завдань системи інтелекту;
- стійкість до відмов датчиків – максимально можливе збереження працездатності машини при виході з ладу інтегрованих елементів;
- самонавчання й адаптивність – коректування дій системи інтелекту з урахуванням історії роботи БДМ в умовах мінливого зовнішнього середовища;
- модульна структура – алгоритм функціонування системи інтелекту повинен складатися з максимально незалежних функціонально завершених модулів, кожний з яких відповідає окремому розв'язуваному завданню;
- робота в реальному часі – взаємодія з керованими силовими системами машини, своєчасна подача команд керування;
- можливість вибору критеріїв і коефіцієнтів їхньої вагомості при оптимізації робочих процесів БДМ.

На рисунку 1 наведена структурна схема інтелектуальної системи БДМ. До складу системи входять наступні модулі: модуль узгодження - формує вектор вагомості критеріїв оптимізації робочих процесів; модулі оптимізації - для самонавчання й оцінки ефективності керування робочими процесами; модуль контролю відмов датчиків - для безпосередньої й непрямой оцінки працездатного стану інтегрованих в елементи конструкції машини датчиків; модуль оцінки працездатності й безпеки - для фіксування відмов елементів конструкції машини й відключення машини в небезпечних і аварійних режимах роботи; модуль прогнозування ресурсу - для оцінки залишкового ресурсу елементів конструкції машини з метою прогнозування їхніх планових заміन.

Сучасні засоби технічних комунікацій повною мірою дозволяють реалізувати модульний принцип системи управління, але виникає задача вибору оптимальної кількості й переліку діагностичних параметрів, необхідних для обробки й аналізу у віддаленому технічному центрі.

Критеріями, що визначають необхідність і можливість використання того або іншого структурного, регульовального або діагностичного параметру при безперервному моніторингу технічного стану вилученого об'єкта, можуть бути наступні фактори:

- інтегральність параметрів (продуктивність машини, потужність двигуна, витрата палива) вимагає наступного поглибленого пошуку несправностей, але дозволяють оперативно реагувати на можливу зміну показників працездатності машин і зменшують кількість переданої інформації;

- наявність систем самодіагностики будівельно-дорожніх машин;

- вплив контрольованих параметрів на інтенсивне зношування елементів;

- можливість прогнозування на основі одержуваної інформації;

- необхідність встановлення додаткових датчиків, що не входять у штатну комплектацію;

- вартість технічного контролю обраних параметрів.

Для визначення оптимального складу діагностичної інформації на підставі певних пріоритетів (техніко-економічні показники, ресурсні показники, показники безпеки, можливості комунікаційної системи й т.п.) створюється матриця діагностичних параметрів. Діагностична матриця представляє собою логічну модель, що описує зв'язки між діагностичними параметрами і можливими несправностями об'єкта. Найбільш важливою величиною, що характеризує процес діагностики будь-якого об'єкта, є інформативність діагностичних параметрів, що визначається чутливістю цих параметрів до структурних змін в об'єкті й однозначністю в постановці діагнозу. Постановка діагнозу істотно ускладнюється, якщо доводиться користуватися декількома діагностичними параметрами. Тоді необхідно з множини всіх можливих станів об'єкту виділити одне, найбільш імовірне. Тому, завданням діагнозу за багатьма параметрами є розкриття множинних зв'язків між структурними й відповідними їм діагностичними параметрами. При складанні матриці прагнуть застосовувати мінімальне число діагностичних параметрів. Для цього використовують тільки найбільш чутливі й інформативні параметри. У той же час число діагностичних параметрів повинне бути достатнім для одержання достовірного й однозначного діагнозу. Основним недоліком таких діагностичних матриць є відсутність елемента прогнозування технічного стану об'єкта діагностики в процесі його експлуатації. Це пояснюється тим, що логічна двозначна модель дозволяє лише визначити справний або несправний об'єкт. Фізична сутність рішення даного завдання полягає у виключенні несправностей, несумісних з існуванням певної комбінації обмірюваних діагностичних параметрів. Процес виявлення несправності можна розглядати як зниження ступеня невизначеності технічного стану об'єкту, що діагностується.

**Висновки.** Досвід розробки теоретичних основ і практичної реалізації інтелектуальних систем БДМ свідчить про їхню велику перспективність для застосування в галузі дорожніх робіт.

Проектування інтелектуальних систем підтримки оператора БДМ носить ітеративний характер і базується на проектуванні окремих модулів, підсистем і їхньої інтеграції в єдине ціле на основі штучного інтелекту й використання сучасних інструментальних засобів створення інтелектуальних додатків.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Шабаев О. Е. Принципы интеллектуализации рабочих процессов мехатронной горной выемочной машины / О. Е. Шабаев, А. К. Семенченко, Н. В. Хиценко // Вісті Донецького гірничого інституту. – Донецьк.: ДГІ, 2010. – №1. – С. 68 – 77.

2. Амелин В. Н. Электронные системы управления и контроля строительных и дорожных машин / В. Н. Амелин, Ю. М. Иньков, В. И. Марсов, Б. И. Петленко. - М.: Интекст, 1998. – 382 с.

3. Плугина Т. В. Проектирование интеллектуальных операторских станций распределенных систем управления / Т. В. Плугина, Д. О. Маркозов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – Х.: ХНАДУ, 2013. – Вып. 63. – С. 93 – 97.

4. Хмара Л. А. Сетецентрические технологии в эффективном сопровождении дорожно-строительной техники / Л. А. Хмара, С. И. Кононов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – Х.: ХНАДУ, 2012. – Вып. 57. – С. 36 – 42.

**УДК 631.316.22**

**О. В. СТИНЬО, аспірант.**

*Національний університет водного господарства та природокористування*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛИ І ПИТОМОГО ОПОРУ ВІЛЬНОГО РІЗАННЯ ГРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА**

**Актуальність проблеми.** У Національному університеті водного господарства та природокористування був створений глибокорозпушувач, схема роботи якого