

УДК 681.5:62-192

В. Я. Ворошчук, канд. техн. наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ТЕНДЕНЦІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ СМАРТ-СИСТЕМ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

V. Voroshchuk, Ph.D., Assoc. Prof.

TRENDS IN THE IMPLEMENTATION OF SMART SYSTEMS FOR DIAGNOSTICS OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT IN PROCESSING INDUSTRIES

Переробні виробництва характеризуються високими вимогами до якості та безпеки продукції, що обумовлює необхідність безперервного моніторингу технічного стану обладнання. Традиційні підходи до технічного обслуговування, базовані на планових ремонтах, на даний момент не в повній мірі відповідають сучасним потребам ефективності та надійності.

Непланові зупинки виробництва через відмови обладнання призводять до значних фінансових, а також репутаційних втрат. Водночас, впровадження смарт систем предиктивної діагностики дозволяє знизити такі втрати на порядок. Це є суттєвим кроком вперед у розвитку сучасних технологій, який кардинально змінює підходи до моніторингу та попередження проблем на виробництві. Предиктивні системи базуються на неперервному збиранні даних через мережу сенсорів, IoT-пристроїв та спеціалізованого обладнання, що дозволяє формувати представлення стану об'єкта моніторингу в режимі реального часу.

Основою таких систем є алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту, за допомогою яких можна обробляти значні обсяги інформації, виявляти складні закономірності та прогнозувати потенційні проблеми задовго до їх фактичного виникнення. Це дозволяє переходити від реактивної моделі реагування на вже наявні проблеми до проактивного підходу, коли можна запобігти негативним наслідкам ще на стадії їх зародження.

У промисловості впровадження таких систем кардинально змінює підходи до технічного обслуговування обладнання. Замість планового ремонту через визначені інтервали часу, підприємства можуть переходити на обслуговування за фактичним станом, що значно підвищує ефективність використання ресурсів та знижує ймовірність непланових зупинок виробництва. Системи можуть аналізувати вібрації, температуру, звукові характеристики та інші параметри роботи обладнання для точного прогнозування потреби в технічному втручанні.

Підвищенню ефективності смарт систем предиктивної діагностики сприяє їхня інтеграція із PLM системами. Це створює синергетичний ефект, коли дані про експлуатаційні параметри технологічного обладнання в реальних умовах в режимі реального часу надаються розробникам експлуатованих систем. PLM системи дозволяють збирати та структурувати інформацію про всі етапи життєвого циклу продукту, від концептуального проектування до утилізації, а предиктивна діагностика надає критично важливі дані про поведінку продукту в експлуатації. Це дозволяє виявляти слабкі місця в конструкції, оптимізувати матеріали та компоненти для майбутніх версій продукту, а також розробляти більш ефективні стратегії технічного обслуговування.

Інтеграція з PLM також дає можливість створення цифрових двійників продукту, які постійно оновлюються реальними експлуатаційними даними. Це дозволяє проводити віртуальне моделювання різних сценаріїв використання, прогнозувати зношення компонентів та оптимізувати параметри роботи без фізичних експериментів. Крім того, такий підхід дозволяє створювати персоналізовані рекомендації для кожного

конкретного екземпляра продукту, враховуючи його унікальні умови експлуатації та історію використання.

Цифровий двійник являє собою точну віртуальну копію фізичного об'єкта, процесу або системи, яка дозволяє в реальному часі відстежувати та прогнозувати поведінку свого прототипу. У навчальному контексті це створює безпечне віртуальне середовище для практичного освоєння складних виробничих процесів без ризику для здоров'я працівників чи пошкодження дорогого обладнання. Працівники можуть багаторазово відпрацьовувати критичні операції, експериментувати з різними сценаріями та отримувати об'єктивну оцінку своїх дій через автоматизовані системи моніторингу.

Максимальний ефект досягається при інтеграції цифрових двійників із доповненою реальністю. Цифровий двійник забезпечує точну модель процесів, а доповнена реальність дозволяє візуалізувати цю модель у реальному світі. Наприклад, при технічному обслуговуванні складного обладнання працівник може бачити через AR-окуляри віртуальні схеми, попередження про небезпечні зони, індикатори стану компонентів, отримувати покрокові інструкції для виконання операцій.

Найбільш ефективним підходом до впровадження інтегрованого поєднання системи PLM і предиктивної діагностики є поетапна стратегія, що починається з пілотних проектів у обмежених сферах з поступовим масштабуванням успішних рішень. Це дозволяє організаціям накопичувати досвід, адаптувати технології до специфічних потреб та мінімізувати ризики, пов'язані з кардинальними змінами у робочих процесах.

Успішне впровадження нововведень потребує поетапного підходу: від аналізу потреб, навчання виробничого персоналу та пілотного тестування до поступового масштабування та оптимізації системи. Критеріями успіху є не лише кількісні показники ефективності пропонуваніх рішень, але й задоволеність персоналу новими методами та їхня готовність до подальшого професійного розвитку. Технології цифрових двійників та доповненої реальності представляють майбутнє корпоративного навчання, забезпечуючи безпечність, ефективність та персоналізацію освітнього процесу. Компанії, які першими освоюють ці інновації, отримають значні конкурентні переваги через швидшу адаптацію персоналу до технологічних змін та покращення загальної продуктивності виробництва.

Особливо перспективним є напрямок інтеграції діагностичних систем з технологіями Індустрії 4.0 – від автономних систем обслуговування до самонавчальних алгоритмів оптимізації виробничих процесів.

Впровадження смарт-систем діагностики на переробних підприємствах у поєднанні з PLM системами представляє собою комплексний підхід до цифрової трансформації виробництва, який створює синергетичний ефект між прогнозуванням технічних проблем та управлінням життєвим циклом продукції. Така інтеграція дозволяє переробним підприємствам досягти значного підвищення ефективності роботи через перехід від реактивного до проактивного управління виробничими процесами, де дані про фактичний стан обладнання в реальному часі поєднуються з максимально повною систематизованою інформацією про весь життєвий цикл технологічних ліній. PLM системи забезпечують структуроване збереження та аналіз інформації про конструктивні особливості обладнання, умови експлуатації та результати попередніх ремонтів, що дозволяє виконувати більш точне прогнозування потенційних несправностей та оптимізувати графіки технічного обслуговування з урахуванням специфіки кожного конкретного виробничого процесу.