УДК 621.81-52:658.58

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СКЛАДАННЯ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

Городніченко Є.С., Рубанка М.М., Залюбовський М.Г.
Київський національний університет технологій та дизайну

Технологічне обладнання для складання деталей складної геометричної форми характеризується значною кількістю функціонально взаємопов’язаних вузлів: приводів, напрямних, пневматичних систем, датчиків положення, засобів контролю, програмованих систем керування тощо. Вихід з ладу одного з критичних елементів може спричинити простій обладнання, зниження точності позиціювання або виникнення дефектів складання. За таких умов система технічного обслуговування (ТО) повинна забезпечувати не тільки відновлення роботи після відмови, а й раннє виявлення деградації та попередження повторних відмов.

Метою роботи є удосконалення системи ТО технологічного обладнання для складання деталей складної геометричної форми шляхом застосування принципів Total Productive Maintenance (TPM), автономного обслуговування, планово-попереджувальних заходів, аналізу втрат та управління технічним станом. Концепція TPM передбачає залучення виробничого персоналу до підтримання обладнання у належному стані та систематичне усунення причин втрат, що безпосередньо пов’язує технічне обслуговування з виробничою ефективністю [1, 2].

Запропонована система ґрунтується на переході від переважно реактивної моделі «відмова – ремонт» до циклічної моделі «контроль стану – виявлення відхилення – аналіз причини та ризиків – корекція стану – перевірка результату – стандартизація» (рис. 1). Для складального обладнання доцільно виділяти функціональні модулі та визначати для кожного з них критичність, типові механізми відмов, контрольовані параметри, ознаки погіршення стану та рекомендований спосіб ТО.

Першим елементом TPM є автономне ТО, у межах якого оператор виконує стандартизовані операції очищення, візуального огляду, перевірки кріплень, змащування доступних точок та контролю очевидних відхилень. Для складального обладнання особливе значення мають перевірка правильності базування, стану затискачів, датчиків положення, пневматичних з’єднань і робочих поверхонь. Раннє виявлення таких відхилень дає змогу втручатися до виникнення функціональної відмови.

Другим елементом є планове ТО, періодичність якого доцільно встановлювати з урахуванням критичності вузла, напрацювання, статистики відмов та фактичного технічного стану. Критичні вузли, відмова яких зупиняє складальну операцію або може призвести до дефекту, повинні мати пріоритет у плануванні діагностичних і профілактичних робіт. Для менш критичних вузлів допускається календарне ТО або контроль за встановленими граничними станами [3, 4].

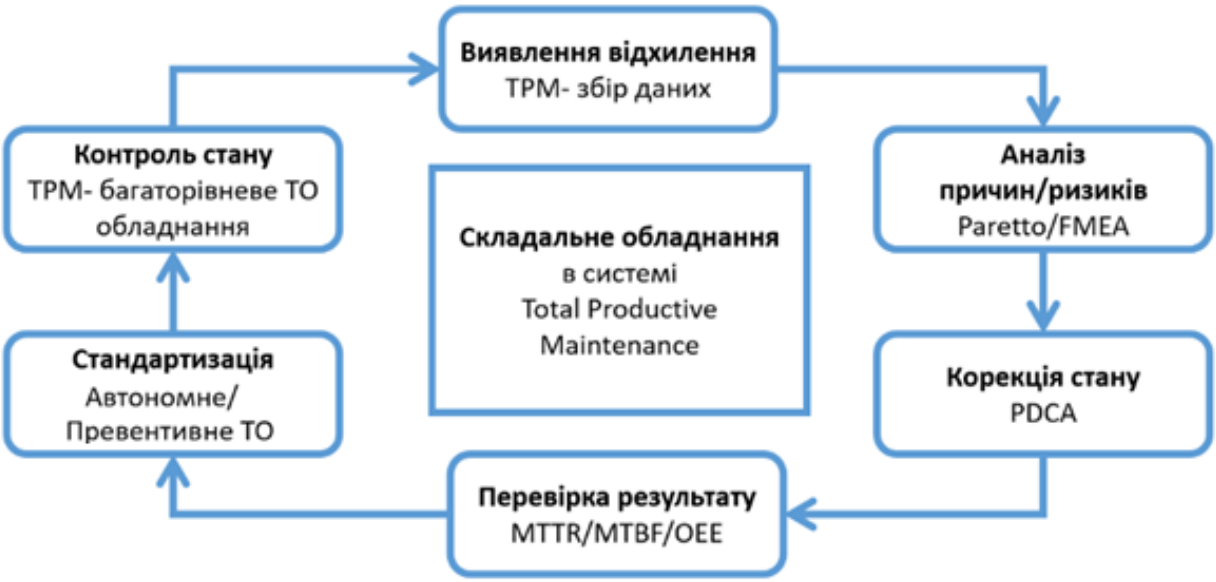


Рисунок 1 – Структурна схема удосконаленої системи технічного обслуговування на основі TPM

У запропонованій структурній схемі важливим є поєднання TPM з аналізом критичності та Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Для кожного функціонального модуля визначаються можливі види відмов, їх причини та наслідки, а також способи виявлення. Результати аналізу використовуються для формування матриці пріоритетів ТО. Такий підхід дає можливість спрямувати ресурси технічної служби на вузли, відмова яких має найбільший вплив на доступність обладнання та якість складання, використовуючи методологію PDCA (Plan-Do-Check-Act) для реалізації сталого процесу удосконалення обладнання.

Ефективність системи доцільно оцінювати за показниками Mean Time Between Failures (MTBF), Mean Time to Repair (MTTR), коефіцієнтом технічної готовності та Overall Equipment Effectiveness (OEE). Збільшення MTBF характеризує зменшення частоти відмов, тоді як зниження MTTR свідчить про скорочення часу відновлення. Показник OEE інтегрує доступність, продуктивність та якість і тому дозволяє оцінювати не тільки аварійність обладнання, а й приховані втрати, пов’язані з короткочасними зупинками, переналагодженням, зниженням швидкості та дефектами [2, 5].

Для реалізації зворотного зв’язку необхідно стандартизувати реєстрацію відмов і простоїв. Для кожного випадку доцільно фіксувати обладнання та функціональний модуль, час виникнення, симптом, режим роботи, причину, тривалість простою, виконану дію та повторюваність відмови. Систематизація таких даних створює основу для Pareto-аналізу та визначення першопричин найбільш вагомих втрат. Загальні принципи збору та обміну даними про надійність і технічне обслуговування систематизовані, зокрема, у ISO 14224:2016 Petroleum, petrochemical and natural gas industries [6].

Практичні дослідження впровадження TPM на виробничому обладнанні підтверджують його позитивний вплив на доступність та ефективність. Автори [3] у своїй роботі акцентують увагу на зниженні кількості відмов для різних типів обладнання та підвищення OEE після реалізації TPM. У наукових працях [5, 7] дослідження виробничих і автомобільних ліній також демонструють покращення виробничих показників унаслідок

систематичного усунення втрат і залучення персоналу до обслуговування. Наведені результати не можуть бути механічно перенесені на конкретне складальне обладнання, однак підтверджують доцільність TPM як методологічної основи удосконалення ТО.

Таким чином, удосконалення системи ТО має забезпечувати керований зв'язок «технічний стан – обслуговування – надійність – виробнича ефективність» (рис. 2). Застосування TPM позитивно впливає на показники надійності через раннє виявлення дефектів, зменшення повторюваних відмов, підвищення MTBF та скорочення MTTR. Одночасне використання автономного ТО, планового обслуговування, аналізу критичності та постійного поліпшення дозволяє перейти від усунення наслідків відмов до управління причинами їх виникнення.



Рисунок 2 - Цикл управління надійністю обладнання

Висновки.

1. Для обладнання складання деталей складної геометричної форми доцільно застосовувати ризик-орієнтовану систему ТО, яка враховує критичність функціональних модулів та наслідки їх відмов.
2. Інтеграція принципів TPM забезпечує поєднання автономного ТО, планового обслуговування, аналізу втрат і безперервних поліпшень.
3. Показники MTBF, MTTR, технічної готовності та OEE створюють кількісну основу для оцінювання результативності системи.
4. Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення оптимальної періодичності ТО найбільш критичних вузлів та інтеграцію діагностичних даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nakajima S. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988. 129 p.
2. Ahuja I.P.S., Khamba J.S. Total productive maintenance: literature review and directions. International Journal of Quality & Reliability Management. 2008. Vol. 25, No. 7. P. 709–756.
3. Pinto G., Silva F.J.G. TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study. Procedia Manufacturing. 2020. Vol. 51. P. 1423–1430.

4. ISO 55001:2024. Asset management – Asset management system – Requirements. International Organization for Standardization, 2024.

5. Suryaprakash M., Prabha M.G., Yuvaraja M., Revanth R.V.R. Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using TPM. Materials Today: Proceedings. 2021. Vol. 46. P. 9348–9353.

6. ISO 14224:2016. Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. International Organization for Standardization, 2016.

7. M.D.O. dos Reis, Godina R., Pimentel C. A TPM strategy implementation in an automotive production line through loss reduction. Procedia Manufacturing. 2020. Vol. 38. P. 908–915.