

KONCEPCJA „E-MAINTENANCE” W SYSTEMIE UTRZYMANIA RUCHU MASZYN I POJAZDÓW ROLNICZYCH

Jerzy Grudziński

Katedra Podstaw Techniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Koncepcja „*e-maintenance*” (pol. e-obserwowanie, e-utrzymanie ruchu) jest najnowszym osiągnięciem na polu zarządzania utrzymaniem ruchu obiektów technicznych. Zapewniając stałe monitorowanie stanu maszyny i zarządzanie nimi przez Internet powoduje sprzężenie zwrotne między systemami operacyjnymi produkcji i eksploatacji. Zbiór i dynamiczna wymiana informacji eksploatacyjnych w czasie rzeczywistym tworzy silną strukturę pozwalającą na budowanie i wykorzystanie wiedzy o obiektach technicznych i procesach produkcyjnych. To stwarza wielkie możliwości dla podejmowania korzystnych ekonomicznie decyzji. W artykule przedstawiono zasadę budowy, zalety i ograniczenia koncepcji „*e-maintenance*”, przy uwzględnieniu aktualnych trendów informatycznych, telekomunikacyjnych, zarządzania, ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju oraz aktualny stan systemu utrzymania ruchu maszyn i pojazdów rolniczych opartego na koncepcji „*e-maintenance*”. Przeprowadzono analizę korzyści i ograniczeń wynikających z wprowadzenia systemu, zaproponowano jego popularyzację w ramach dydaktyki na uczelniach rolniczych.

Słowa kluczowe: *e-maintenance*, utrzymanie ruchu, komputerowe wspomaganie eksploatacji maszyn rolniczych

Wstęp

Rolnicze procesy produkcyjne narażone są w dużo większym stopniu na ryzyko niepowodzeń i strat, niż typowe procesy produkcji przemysłowej. Istotnym czynnikiem ograniczenia strat w produkcji rolniczej jest optymalne wykorzystanie maszyn, urządzeń i pojazdów. Wraz ze zmieniającymi się paradygmatami produkcji w kierunku zrównoważonego rozwoju następuje zmiana paradygmatu utrzymania ruchu w kierunku zarządzania cyklem życia wyrobu. Efektywność tego procesu zależy od jakości i szybkości przepływu informacji zarówno wewnątrz przedsiębiorstwa, jak w jego otoczeniu. Aktualnym stadium rozwojowym podejścia do utrzymania maszyn i urządzeń jest koncepcja „*e-maintenance*” (pol. e-utrzymanie ruchu, e-obserwowanie). Koncepcja ta opiera się na integracji informacji i technologii informacyjnych ze strategiami, planowaniem obsługi, wychodząc

naprzeciw nowym potrzebom pojawiającym się w innowacyjnych rozwiązaniach wspomagania wytwarzania (*e-manufacturing*), biznesu (*e-business*) itd. Celem pracy jest przegląd aktualnego stanu rozwoju e-obsługiwania w różnych dziedzinach techniki i analiza możliwości i ograniczeń wykorzystania tej technologii do wspomagania utrzymania ruchu maszyn i pojazdów rolniczych.

Współczesne trendy rozwojowe systemów utrzymania ruchu maszyn i urządzeń

Wyniki badań nad analizą kosztów współczesnych przedsiębiorstw produkcyjnych wskazują jednoznacznie na wzrost udziału bezpośrednich kosztów utrzymania ruchu w kosztach zmiennych przedsiębiorstwa. Stanowi to istotną przyczynę zmiany podejścia do utrzymania ruchu maszyn i urządzeń wraz z rozwojem metod wytwarzania. Legutko [2009] wyróżnia trzy kolejno następujące po sobie okresy i trzy sposoby podejścia do utrzymania ruchu urządzeń i maszyn:

1. Okres reaktywnego utrzymania ruchu (*reactive maintenance*) – remonty po pojawieniu się uszkodzenia,
2. Okres prewencyjnego utrzymania ruchu (*preventive maintenance*) – remonty planowo-zapobiegawcze,
3. Okres prognostycznego (proaktywnego) utrzymania ruchu (*predictive (proactive) maintenance*) – inspekcje zapobiegawcze, monitorowanie stanu technicznego, udział operatorów urządzeń i maszyn w utrzymaniu ruchu, RCM (*Reliability Centered Maintenance*), TPM (*Total Productive Maintenance*), 5S (metoda systematycznego wpajania dyscypliny, standaryzacji i dążenia do perfekcji), SP (samodzielne przeglądy).

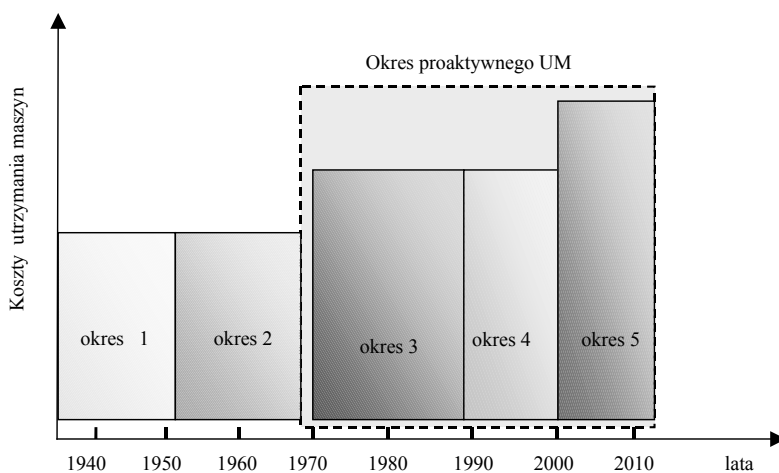
Pojawienie się nowych koncepcji zarządzania przedsiębiorstwem takich jak Lean Manufacturing uwzględniająca aspekty finansowe przedsięwzięć, *Green Manufacturing* – uwzględniająca zagrożenia i wszelkie kwestie środowiskowe czy *Sustainable Manufacturing* – włączenia zasad zrównoważonego rozwoju do działań związanych z utrzymaniem infrastruktury technicznej przedsiębiorstwa, wywołały kolejną zmianę podejścia do utrzymania ruchu, powodującą dalszy wzrost kosztów tej części cyklu życia wyrobów [Jasiulewicz-Kaczmarek 2012].

Na rys. 1 przedstawiono orientacyjnie chronologię zmian koncepcji zarządzania utrzymaniem ruchu do chwili obecnej.

Koncepcja „e-maintenance”, jej rozwój oraz dziedziny zastosowań

Zastosowanie do wspomagania działalności przedsiębiorstwa komputerowych systemów odpowiedzialnych za gospodarkę remontową i utrzymanie ruchu – CMMS, uznawane jest za ważny element strategii uzyskiwania przewagi konkurencyjnej na rynku [Grudziński 2006]. Włączenie w komputerowy system zarządzania utrzymaniem ruchu bezprzewodowej łączności pomiędzy maszyną wyposażoną w mikroczipy pomiarowe parametrów pracy, systemu akwizycji oraz inteligentnej analizy danych składa się na system automatycznej detekcji zadań obsługowo-naprawczych, prowadzący do powstania całkowicie nowego podejścia do utrzymania maszyny. Koncepcja i termin „*e-maintenance*” pojawiły się w literaturze po roku 2000 [Lee 2001] jako kolejne stadium rozwojowe koncepcji utrzymania maszyn oraz urządzeń i od tego czasu funkcjonuje w różnych aspektach wiedzy eksploatacyjnej. Przy rozumieniu e-obsługiwania jako strategii eksploatacyjnej, gdzie zadania są organizowane elektronicznie przy użyciu wyposażenia w czasie rzeczywistym,

dane uzyskiwane są i analizowane dzięki technologii cyfrowej (np. urządzenia przenośne, zdalne sterowanie, łączność bezprzewodowa, monitorowanie stanu, inżynieria wiedzy, technologie telekomunikacyjne i internetowe) [Jung 2009; Kajko-Mattson 2011]. Zastosowanie planu e-obsługi wymaga schematu proaktywnego obsługiwanego z podejściem interdyscyplinarnym, które zawiera procesy e-monitorowania, e-diagnozowania, e-prognostowania, zdalnego podejmowania decyzji i kontroli. Przemysłowe wdrożenia systemów e-obsługi są wspomagane przez różne normy. Niektóre z nich zostały zbudowane z technologii CBM. W tym obszarze propozycje standaryzacji promowane są przez organizację MIMOSA i Otwarty System Architektury dla CBM (OSA/CBM) [Muller i in.2008].



Źródło: opracowanie własne na podstawie [Legutko 2009, Jasiulewicz-Kaczmarek 2012]

Rys. 1. Ewolucja koncepcji utrzymania ruchu (UR) maszyn i urządzeń: okres 1 – reaktywne utrzymanie ruchu, okres 2 – prewencyjne UR, okres 3 – 5 reaktywne UR (3 – zgodne z koncepcją Lean Manufacturing, 4 – zgodne z koncepcją Green Manufacturing, 5 – zgodne z koncepcją zrównoważonego rozwoju)

Fig. 1. The evolution of maintenance concepts: period 1 – reactive maintenance, period 2 – preventive maintenance, periods 3 – 5 reactive maintenance (3 – according to the concept of Lean Manufacturing, 4 – according to the concept of Green Manufacturing, 5 – according to the concept of sustainable development)

Przegląd literatury uzupełniony przez doniesienia internetowe pokazuje próby zastosowania *e-maintenance* w różnych dziedzinach techniki. Technologia ta wykorzystywana jest do utrzymania w stałej sprawności technicznej wielofunkcyjnych urządzeń kopiujących firmy Canon [http://www.canon.pl], w przemyśle chemicznym [Sun i in. 2002], wydobywczym i przetwórstwie surowców mineralnych [Ebersbach, Pegg 2008], przy wytwarzaniu materiałów półprzewodnikowych [Wohlwend i in. 2005], w transporcie szynowym, do diagnozowania silników spalinowych i łożysk tocznych – SKF. Niektórzy producenci

renomowanych ciągników i maszyn rolniczych (John Deere, Claas) prowadzą intensywne badania nad zastosowaniem elementów koncepcji *e-maintenance* w swoich wyrobach.

Wyniki badań nad wprowadzaniem dynamicznych decyzji w utrzymaniu ruchu

Praktyczne wprowadzenie systemu utrzymania ruchu, prognozującego uszkodzenia wymagało rozwiązania wielu problemów naukowych związanych z ujednoczeniem standardów pobierania i bezprzewodowego przesyłania danych, a następnie ich przetwarzania oraz interpretacji. Problemem były również braki specjalistów w dziedzinie obsługi takich systemów. Projekt badawczy EU Dynamite realizowany przez konsorcjum 16 partnerów w latach 2005-2009 składał się z trzech podprojektów [Jantunen 2009]:

1. Rozwój monitorowania stanu za pomocą inteligentnych czujników i inteligentnych tagów, umożliwiających identyfikację maszyny, jej podzespołów i części,
2. Przenośne i bezprzewodowe urządzenia i technologie korzystające z technologii internetowej
3. Szkolenia i studia ekonomiczne

W ramach projektu zostały zbudowane nowe modele mikroczujników, do identyfikowania elementów maszyn wykorzystano technologię RFID (*Radio Frequency Identification Devices*), MIMS Sensors oraz PDA (*Personnel Digital Assistant*). Posługiwano się nowoczesnymi technikami Internetowymi oraz Web Service Technology [Haider 2006; www.dynamite.vtt.fi].

Telematyczne systemy w ciągnikach i maszynach rolniczych na przykładzie JDLink

Systemy zdalnego monitorowania pracy i diagnozowania maszyny wprowadzane są jako opcja wyposażeniowa najnowszych produktów firmy John Deere (ciągniki rolnicze serii 7R i 8R oraz kombajny zbożowe serii S i T) [<http://www.deere.pl>; <http://www.jdlink.com>; http://stellarsupport.deere.com/en_GB/tech_pubs/manuals/index.html]. System JDLink oferuje dwa poziomy informacji o maszynach:

1. JDLink Select – dostarcza danych lokalizujących maszyny, monitoruje okres ich pracy, pomaga planować prace konserwacyjne,
2. JDLink Ultimate – podłączany do magistrali CAN funkcjonuje jako uzupełnienie funkcji JDLink Select dostarczając bardziej szczegółowych informacji o zużyciu paliwa (np. średnie zużycie paliwa w określonych przez użytkownika okresach czasu), a w ramach systemu zdalnego monitorowania i diagnostyki *Service Advisor Remote* możliwe jest stałe monitorowanie podstawowych parametrów pracy maszyny oraz prognozowanie zdarzeń wymagających obsługi.

System JDLink składa się z warstwy sprzętowej i oprogramowania. W ciągniku zainstalowany jest kontroler głównego systemu MTG (*Modular Telematics Gateway*) z modulem SIM (*Subscriber Identity Module*) zarządzającym akwizycją danych i łącznością komórkową, okablowanie oraz antena. Rodzaj stosowanej anteny wynika ze sposobu łączności bezprzewodowej: sieci komórkowej lub w przypadku jej braku na danym obszarze – satelitarnej. Komunikację maszyna – użytkownik – serwis zapewnia oprogramowanie JDLink. W razie potrzeby obsługi lub naprawy maszyna automatycznie generuje i wysyła wiadomości alarmowe pocztą elektroniczną lub bezpośrednio SMS na telefon komórkowy

użytkownika lub serwisanta. Podobne funkcje spełnia system Claas Telematics Lexion 600 [Materiały reklamowe firmy claas (on-line)2102].

Podsumowanie

Postępująca globalizacja rynku produktów rolniczych, silna konkurencja cenowa, nacisk na wysoką jakość produktu przy zachowaniu wymogów ekologiczności produkcji powodują konieczność obniżania kosztów utrzymania maszyn i urządzeń rolniczych. Paradigmat zrównoważonego rozwoju dotyczy produkcji rolniczej i utrzymania ruchu maszyn i urządzeń. Wprawdzie rozwiązania proponowane przez firmy John Deere i Claas nie spełniają wszystkich wymogów e-maintenance poprzez brak funkcji automatycznego diagnozowania stanu maszyny, to należy stwierdzić, że opisywane wyżej systemy bezprzewodowej sygnalizacji niesprawności są poważnym krokiem w kierunku doskonalenia metodyki e-maintenance. Ograniczeniem dla ich szerszego zastosowania w warunkach krajowych jest wysoka cena obsługi systemu. Jednocześnie w krajowej literaturze trudno jest znaleźć informacje o tej nowej perspektywicznej technologii. Ponieważ badania wykazują coraz szersze stosowanie komputerowych systemów bezprzewodowego wspomaganie eksploatacji uważam, że celowym byłoby wprowadzenie do programów nauczania techniki rolniczej treści, wyjaśniających nowoczesne technologie utrzymania maszyn.

Bibliografia

- Chowdhury S., Akram A.** (2011): E-maintenance: Opportunities and Challenges. Proceedings IRIS, 68-81.
- Ebersbach S., Peng Z.** (2008): Expert system development for vibration analysis in machine condition monitoring. Expert systems with applications, 4(1), 291-299.
- Gilbert E. i in.** (2011): Optimizing e-maintenance through intelligent data processing systems. WCEAM 2011. The 6th annual World Congress on Engineering Asset Management, Cincinnati, Ohio, USA, Dostępny w Internecie: <http://www.ipet.gr/~chrism/publications.html>
- Grudziński J.** (2006): Technologie informacyjne w systemach doradczych zarządzania gospodarstwem rolnym. Inżynieria Rolnicza, 5(80), 205-213.
- Haider A., Koronios A.** (2006): E-Prognostics: A step towards E-maintenance of Engineering Assets. JTAER, vol.1, iss.1, 43-51.
- Jantunen E. i in.** (2009): E-maintenance, a means to high overall efficiency. Proc. Of the 4th Congress on Engineering Asset Management, 28-30 September 2009, Athens, Greece
- Jasiulewicz-Kaczmarek M., Piechowski M.** (2012): E-UR. Narzędzie do zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw. Agro-Przemysł, 2, 36-41.
- Jung B. i in.** (2009): Conceptual framework for e-maintenance: Illustration by e-Maintenance technology and platforms. Annual Review in Control, 33, 220-229.
- Kajko-Mattson M. i in.** (2011): Essential components of e-maintenance. Int. J. of Performability Eng. Vol.7, 6, 555-571.
- Lee J. i in.** (2001): Draft Report NSF Workshop on Tether – free technologies for e-manufacturing e-Maintenance and e-Service at Univ. of Wisconsin Milwaukee/ Univ. of Michigan, www.imscenter.net
- Legutko S.** (2009): Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn. Eksploatacja i niezawodność, 2, 8-16.

- Muller A., Marquez A.C., Jung B.** (2008): On the concept of e-maintenance: Review and Current research. *Reliability Engineering and System Safety*. 93, 1165-1187.
- Sun J.G., i in.** (2002): Multi-agent based distributed chemical process monitoring and diagnosis, in: *Proc. of 2002 Int. Conference on Machine Learning and Cybernetics*, vol.2, 851-856.
- Wohlgeng H. i in.** (2005): E-diagnostics handbook: revision 2.1. Technology transfer, SEMATECH Manufacturing Initiative. [Dostęp 15-07-2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.sematech.org>
- Materiały reklamowe firmy Canon. 2012. [Dostęp 15-07-2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.canon.pl>
- Materiały reklamowe firmy John Deere. 2012. [Dostęp 15-07-2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.deere.pl>
- Materiały reklamowe firmy Claas. 2012. [Dostęp 15-07-2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.claas.pl>
- Raport z projektu Dynamite. 2009. [Dostęp 15-07-2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.dynamite.vtt.fi>
- Modular Telematics Gateway and Satellite Module. Operator's Manual. 2012. [Dostęp 6-11-2012]. Dostępny w Internecie: http://stellarsupport.deere.com/en_GB/tech_pubs/manuals/index.html

THE CONCEPT OF „E-MAINTENANCE” IN THE SYSTEM OF FARM MACHINES AND VEHICLES MAINTENANCE

Abstract. The concept of „e-maintenance” is the newest success in the field of traffic maintenance management of technical facilities. Ensuring constant monitoring of the machine condition and managing it through Internet results in a feedback between operational systems of production and exploitation. Collection and dynamic exchange of exploitation information in actual time forms a strong structure which allows to build and use knowledge on technical facilities and production processes. It creates great possibilities for taking economically advantageous decisions. The rule of construction, good points and limitations of the "e-maintenance" concept were presented in the article at consideration of present information, telecommunication, management, environment protection and sustainable development trends as well as the present condition of the traffic maintenance system of farm machines and vehicles based on the "e-maintenance" concept. Analysis of advantages and limitations resulting from introduction of the system was carried out; its popularization within didactics on agricultural universities was suggested.

Key words: e-maintenance, traffic maintenance, computer aided farm machines exploitation

Adres do korespondencji:

Jerzy Grudziński; e-mail: jerzy.grudzinski@up.lublin.pl
Katedra Podstaw Techniki
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 50A
20-280 Lublin