

FUNKCJONOWANIE USŁUG TYPU E-MAINTENANCE NA PRZYKŁADZIE URZĄDZEŃ BRANŻY BUDOWLANEJ

THE FUNCTIONING OF E-MAINTENANCE SERVICES IN SELECTED DEVICES OF THE BUILDING INDUSTRY

Michał ZASADZIEN, Bartosz SZCZĘŚNIAK, Katarzyna MIDOR
Politechnika Śląska

Streszczenie: W prezentowanym artykule przedstawiono i porównano istniejące rozwiązania z zakresu usług świadczonych w ramach koncepcji e-maintenance stosowanych w maszynach wykorzystywanych w przemyśle budowlanym. Zidentyfikowano najważniejsze czynniki wpływające na jakość usług e-maintenance z punktu widzenia odbiorcy usługi, czyli użytkownika maszyny. Dzięki przeprowadzonej analizie, możliwe było także sformułowanie założeń pomocnych przy tworzeniu i modyfikacji technologii zdalnego diagnozowania i monitoringu urządzeń.

Słowa kluczowe: utrzymanie ruchu, diagnostyka, koparka, zapobieganie, naprawa, sieć, ICT

1. Wprowadzenie

Sprawne i stabilne funkcjonowanie maszyn i urządzeń jest niewątpliwie jednym z najistotniejszych elementów prawidłowo działających przedsiębiorstw produkcyjnych [1]. Na przestrzeni wielu lat XX wieku wzrastające koszty oraz nasilona konkurencja wymuszały ciągły rozwój teorii, metod, technologii oraz technik, stosowanych w celu zapewnienia niezawodnego funkcjonowania maszyn i urządzeń w przedsiębiorstwie. Obecnie można wyróżnić trzy główne podejścia w zakresie utrzymania ruchu [2]:

- reaktywne utrzymanie ruchu (reactive maintenance),
- prewencyjne utrzymanie ruchu (preventive maintenance),
- prognostyczne (proaktywne) utrzymanie ruchu (predictive/proactive) maintenance.

W podejściu reaktywnym odpowiednie działania służb utrzymania ruchu podejmowane są jako reakcja na wystąpienie zakłócenia w procesach produkcyjnych. Podejście to jest najstarszym stosowanym i obecnie spotykane jest coraz rzadziej. Na lata czterdzieste XX wieku [2] datowane jest pojawienie się podejścia prewencyjnego. W podejściu tym środek ciężkości został przesunięty z działań naprawczych na działania zapobiegawcze. Do działań zapobiegawczych zalicza się przede wszystkim przeprowadzane zgodnie z ustalonym harmonogramem przeglądy, prace konserwacyjne oraz remonty. Realizacja poszczególnych zadań przebiega zgodnie z ustalonym na początku pewnego okresu harmonogramem, w związku z czym wiele działań może być podejmowanych bez względu na to, czy w rzeczywistości są one naprawdę konieczne. Problem ten rozwiązywany jest w rozwijającym się od lat siedemdziesiątych XX w. podejściu prognostycznym. W podejściu tym dąży się do prognozowania możliwości wystąpienia problemów w procesach produkcyjnych. Odbywa się to w oparciu o odpowiednie algorytmy i na podstawie określonych parametrów eksploatowanych obiektów technicznych. Na podstawie przygotowywanych prognoz, działania podejmowane są w miejscu i o czasie, które w rzeczywistości tego wymagają [3].

Wraz z rozwojem stosowanych w obszarze utrzymania ruchu koncepcji rośnie ilość koniecznej do przetworzenia informacji. Prawidłowy przebieg realizowanych w

obszarze utrzymania ruchu procesów może wymagać integracji oraz zapewnienia szerokiego dostępu do wielu występujących w nich danych. Z pomocą może tutaj przyjść koncepcja e-maintenance. Koncepcja ta łączy rozwój technologii eksploatacyjnych z szybkim rozwojem technologii komunikacyjnych i informacyjnych [4]. Można powiedzieć, że e-maintenance to „koncepcja zarządzania utrzymaniem ruchu w której poszczególne działania są realizowane z wykorzystaniem aktualnych danych dotyczących zasobów, uzyskiwanych na bieżąco za pośrednictwem Internetu” [5].

Usługi typu e-maintenance realizowane są przede wszystkim w sytuacjach, gdy środki techniczne są rozproszone po dużym obszarze lub dostęp do nich jest utrudniony. Jednym z przykładów mogą być maszyny górnicze lub budowlane [6].

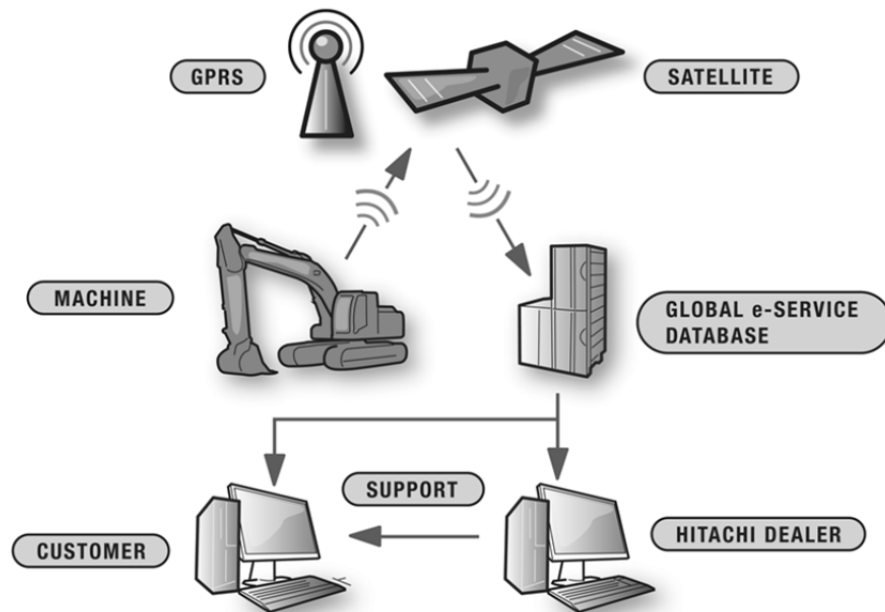
W kraju rynek maszyn budowlanych rozwija się dynamicznie wraz z rozwojem zapotrzebowania na usługi budowlane. Duża liczba inwestycji o charakterze budowlanym spowodowana jest przede wszystkim napływem do Polski funduszy europejskich oraz nowymi inwestycjami o charakterze komercyjnym. Swoją obecność zaznaczają na nim nie tylko nasi rodzimi producenci, ale przede wszystkim przedstawiciele największych światowych koncernów produkujących maszyny budowlane. Nowoczesne maszyny budowlane, które dostępne są na rynku pierwotnym oraz wtórnym wyposażone są w coraz bardziej zaawansowane systemy wspomagające zarządzanie i wykorzystujące zaawansowane technologie teleinformatyczne.

2. Przegląd wybranych rozwiązań stosowanych w maszynach branży budowlanej

2.1. Global e-service firmy Hitachi

Jedną z firm, które dla swoich produktów oferują usługi ciągłego monitorowania parametrów pracy jest Hitachi. Powyższe usługi obejmują takie produkty jak: koparki, wózki widłowe, ładowarki kołowe i wywrotki.

Proponowane przez firmę rozwiązanie nosi nazwę Global E-Service i pozwala na zarządzanie posiadanymi urządzeniami za pomocą dowolnego komputera w dowolnym miejscu oraz o dowolnym czasie. W ramach funkcjonowania systemu, poszczególne urządzenia przesyłają dane określające wybrane aspekty ich pracy do serwera. Komunikacja z serwerem odbywa się drogą satelitarną lub GSM (Global System for Mobile Communications). Schemat działania usługi przedstawiony jest na rys. 1.



Rys. 1 Przepływ informacji w usłudze e-service [7]

Maszyna wysyła wszystkie informacje poprzez łącze satelitarne lub GSM (GPRS - General Packet Radio Service) do centralnego serwera. Poprzez łącze internetowe wgląd w te informacje ma dealer firmy opiekujący się daną maszyną. Wybrane informacje przekazywane są także na konto użytkownika maszyny. W razie potrzeby uzyskania dodatkowych danych klient ma możliwości komunikacji z serwisem.

Przesyłane dane po odpowiednim przetworzeniu udostępniane są klientowi za pomocą odpowiedniej strony internetowej. Udostępniane dane obejmują między innymi:

- godziny pracy urządzenia,
- temperatury pracy silnika,
- ciśnienia w układzie hydraulicznym,
- zużycie oraz poziom paliwa,
- emisję CO₂,
- zalecane terminy przeglądów oraz działań serwisowych,
- dane geograficzne dotyczące pracy poszczególnych urządzeń.

Usługa Global e-service jest usługą świadczoną bez konieczności ponoszenia przez klienta dodatkowych opłat zarówno w okresie gwarancyjnym jak i pogwarancyjnym. Cały koszt usługi jest zawarty w cenie początkowej kupowanego urządzenia. W ramach stosowania tej usługi serwis Hitachi w danym kraju ma możliwość monitorowania urządzeń zakupionych w danym kraju lub alokowanych do pracy w danym kraju. W ramach funkcjonowania usługi każde urządzenie wyposażone w odpowiedni moduł komunikacyjny przesyła na serwer dane związane z jego pracą. Ogólnie przesyłane w ramach systemu dane można podzielić na dwie grupy:

- dane przesyłane na bieżąco,
- dane przesyłane jeden raz na dobę.

Do danych przesyłanych na bieżąco należą dane o położeniu geograficznym urządzenia oraz kody błędów typu „fatal error”. Wszystkie pozostałe dane, w postaci zbiorczego pakietu, przesyłane są podczas połączenia realizowanego automatycznie w godzinach nocnych. Raportowane na bieżąco kody błędów pozwalają serwisowi na natychmiastową ocenę sytuacji w momencie pojawienia się awarii. Serwis nie odczytuje jednak kodów i nie podejmuje żadnych działań samoistnie. Procedura zakłada, że w

przypadku awarii klient powinien skontaktować się z odpowiednim serwisem, który dopiero wtedy za pomocą posiadanego oprogramowania może na odległość wstępnie zdiagnozować urządzenie a następnie podjąć dalsze kroki.

Do komunikacji wykorzystywane są dwa rodzaje modułów komunikacyjnych:

- moduł wykorzystujący komunikację satelitarną,
- moduł wykorzystujący systemy telefonii GSM.

Moduł wykorzystujący GSM jest rozwiązaniem nowszym i obecnie dąży się do zastępowania starszych modułów satelitarnych nowszymi modułami GSM. Rozwiązania bazujące na komunikacji satelitarnej są droższe, a ponadto podczas wykorzystywania modułów satelitarnych pojawiają się następujące problemy:

- problem z niezawodnością komunikacji,
- problem z ograniczoną pojemnością bufora gromadzącego dane do wysłania na serwer.

Pierwszy z wymienionych problemów występuje w przypadku, gdy urządzenie pracuje w tak zwanym martwym punkcie, czyli na przykład wśród drzew, w kamieniołomach lub w zamkniętych halach. Idealna łączność jest pewna jedynie na terenie otwartym. W sytuacji braku łączności urządzenie kontynuuje gromadzenie wszystkich danych w specjalnym buforze i wysyła je w momencie nawiązania połączenia z serwerem. Uzyskiwane w ten sposób dane mogą być jednak przeglądane z dość znacznym opóźnieniem. Kilkudniowy brak możliwości nawiązania połączenia z serwerem skutkuje przepełnieniem bufora danych i zawieszeniem się całego systemu komunikacyjnego. W takiej sytuacji konieczny jest reset modułu możliwy do przeprowadzenia jedynie przez wyspecjalizowany serwis, który musi mieć bezpośredni, fizyczny dostęp do urządzenia.

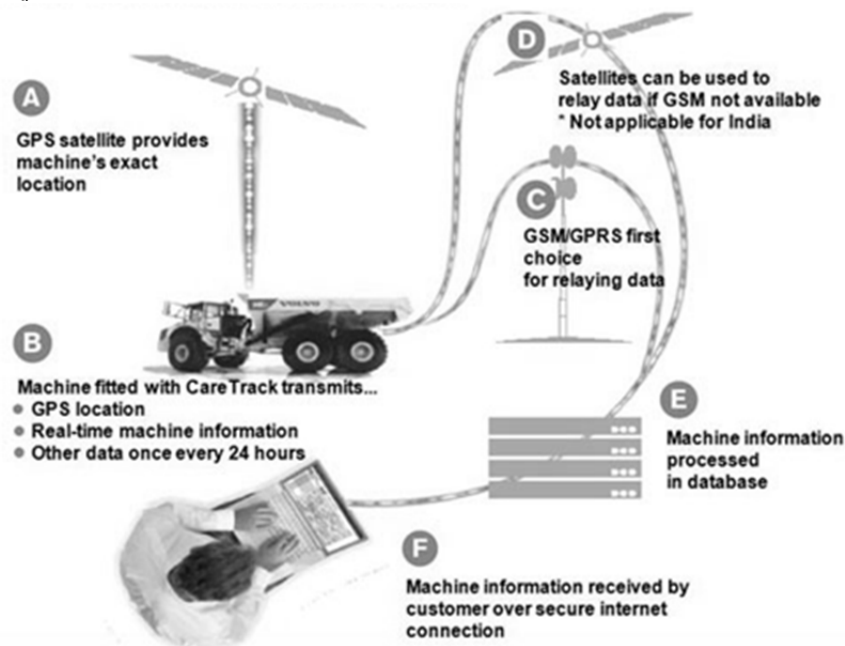
Pomimo, że w ramach funkcjonowania systemu gromadzona jest znaczna liczba danych, klienci za pomocą odpowiedniej strony internetowej posiadają dostęp jedynie do ich niewielkiej części. W szczególności są to dane dotyczące geograficznych aspektów pracy (lokalizacja miejsca pracy, liczba przejechanych kilometrów) oraz ogólne parametry pracy urządzenia (czas pracy silnika, procentowy udział czasu przemieszczania się w ogólnym czasie pracy urządzenia, zużycie paliwa, poziom paliwa w zbiorniku, itp.). Bardziej szczegółowe dane dostępne są jedynie dla pracowników serwisu. Pomimo tego, że po stronie producenta zbierane są wartości wielu parametrów, nie są one analizowane pod kątem pojawiania się symptomów mogących zwiastować wystąpienie awarii. Nie stosuje się również żadnych rozwiązań prognostycznych pozwalających na przewidywanie awarii oraz na podejmowanie działań zapobiegawczych. Zbierane dane są za to przeglądane i analizowane przez pracowników serwisu przed planowanymi przeglądami poszczególnych urządzeń. Pozwala to na odpowiednie zaplanowanie zakresu działań serwisowych.

System global e-service stanowi również pewien rodzaj strażnika poprawności użytkowania urządzenia przez klienta. Każda praca w warunkach, gdy sygnalizowane są jakiegokolwiek nieprawidłowości urządzenia, jest rejestrowana i może być wnikliwie analizowana pod kątem identyfikacji szkód, których można by uniknąć dzięki natychmiastowej reakcji oraz bezzwłocznego zaprzestania pracy maszyny.

2.2. CareTrack firmy Volvo

Możliwość korzystania z usługi CareTrack posiadają wszystkie większe maszyny tego producenta, takie jak: ładowarki kołowe, koparki, wozidła przegubowe i równiarki samojezdne. Usługa dostępna jest nieodpłatnie przez okres 3 lat od momentu zakupu nowego urządzenia. Usługa realizowana jest za pośrednictwem łączności satelitarnej oraz GPRS, a odczyt danych możliwy jest dzięki sieci internetowej. Dzięki usłudze

możliwe jest monitorowanie takich informacji jak: położenie maszyny, zużycie paliwa, czas pracy, pokonywane odległości oraz raporty usterek, ostrzeżenia o nieprawidłowej eksploatacji czy zdalna diagnostyka urządzenia. Schemat funkcjonowania CareTrack przedstawia rysunek 2.



Rys. 2 Zasada działania usługi CareTrack [8]

Maszyna (B) łączy się z satelitą nawigacyjnym (A) w celu lokalizacji swojego położenia. Równocześnie przesyła dane eksploatacyjne poprzez sieć GSM/GPRS (C), a jeśli to nie jest możliwe korzysta z łączy satelitarnych (D). Część danych przesyłana jest w czasie rzeczywistym, a mniej istotne dane raz na dobę. Informacje przechowywane są na serwerach firmy Volvo (E), i mogą być dostępne dla serwisu i użytkowników poprzez łącza internetowe (F).

Ponieważ po upływie 3 lat usługa staje się odpłatna możliwe jest wykupienie abonamentu obejmującego 2 różne poziomy monitoringu: CareTrack Basic – będący podstawową wersją systemu oraz CareTrack Advanced – posiadający wszystkie możliwe funkcje użytkowe. Wersja Basic polecana jest do prostszych, mniejszych maszyn.

W pakiecie basic zawarte są następujące funkcje:

- pozycja urządzenia przekazywana w czasie rzeczywistym,
- czas pracy maszyny przekazywany w formie raportów dziennych, tygodniowych lub miesięcznych,
- alarm w postaci wiadomości e-mail bądź SMS jeśli maszyna opuści zadany teren prac lub będzie pracować poza wyznaczonym czasem,
- przypomnienie o niezbędnych przeglądach w postaci wiadomości SMS lub e-mail oraz wgląd poprzez stronę www do historii przeglądów,
- wspomaganie planowania zakupów części zamiennych w postaci przypomnień o ich wymianie.

W pakiecie advanced zawarte są funkcje pakietu basic oraz:

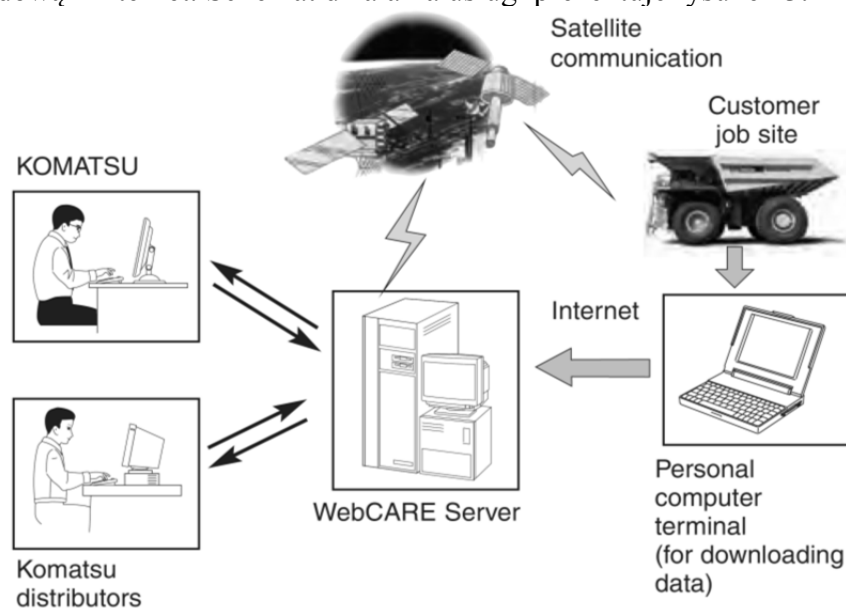
- informacja przesyłana w czasie rzeczywistym o zużyciu paliwa dostępna w formie graficznej na stronie www,

- dzienne, tygodniowe lub miesięczne raporty przesyłane pocztą elektroniczną lub dostępne na stronie www dotyczące wykorzystania, wydajności i produktywności maszyny,
- przesyłanie alarmów dotyczących poważnych usterek urządzenia w postaci wiadomości e-mail i SMS
- zdalne odczytywanie parametrów urządzenia przez serwis, co skuteczniej pozwala planować przeglądy i naprawy maszyny w miejscu jej pracy,
- okresowe raporty serwisu z uwagami dotyczącymi eksploatacji maszyny.

2.3. Komtrax Plus firmy Komatsu

System Komtrax firmy Komatsu składa się z typowych elementów, takich jak: określenie i śledzenie pozycji maszyny przy pomocy systemu GPS i GIS, monitoring ilości paliwa i czasu pracy maszyny [9]. Oprócz tych standardowych funkcji usługa Komtrax zawiera również bardzo zaawansowany system monitorowania stanu pojazdu – VHMS.

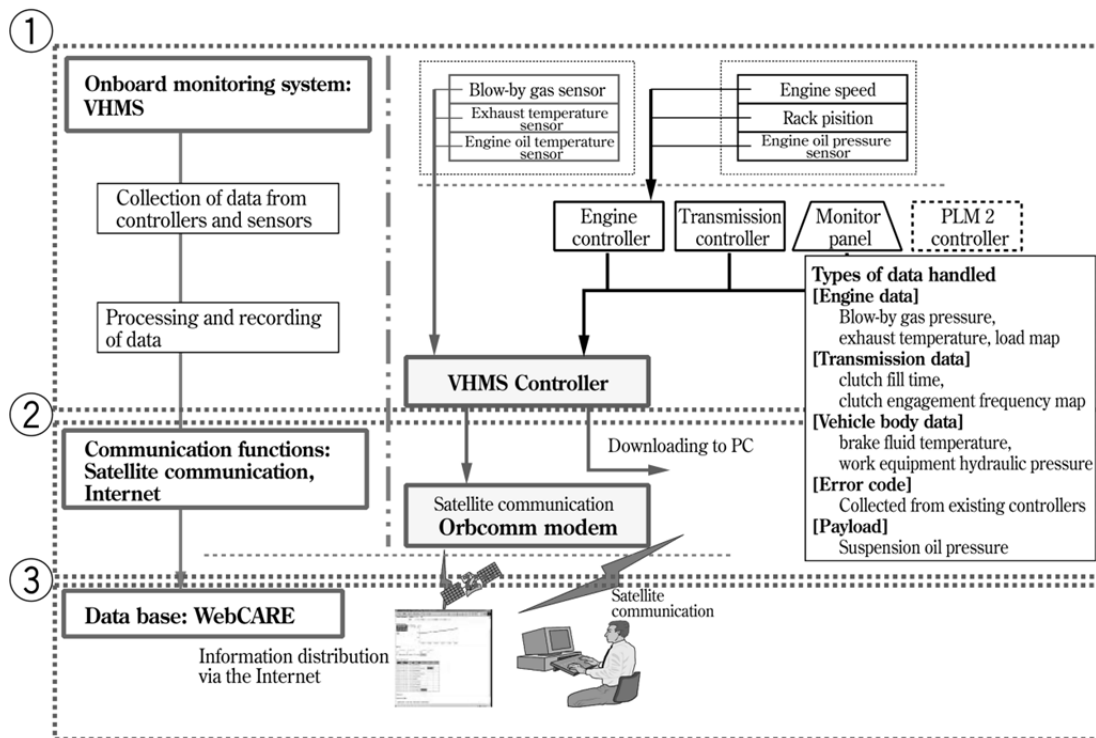
System VHMS (Vehicle Health Monitoring System – System Monitorowania Stanu Pojazdu) przeznaczony jest do zdalnego utrzymania w należytej kondycji dużych maszyn i pojazdów, wykorzystuje do komunikacji drogę satelitarną oraz sieć bezprzewodową i Internet. Schemat działania usługi prezentuje rysunek 3.



Rys. 3 Ideograficzne prezentacja działania VHMS [10]

Przesyłanie danych z maszyny do serwera odbywa się poprzez satelitę, a stamtąd poprzez Internet do serwisu oraz użytkowników. Możliwe jest również przesyłanie danych bezpośrednio do komputera użytkownika poprzez bezprzewodową sieć Wi-Fi dzięki czemu nie jest konieczne podchodzenie bezpośrednio do maszyny w celu połączenia komputera z interfejsem urządzenia. Z komputera osobistego można wysłać dane do centralnego serwera bazodanowego przy użyciu Internetu.

Na rysunku 4 przedstawiono uproszczony schemat działania usługi VHMS, w którym wyodrębniono następujące moduły: system monitorujący na pokładzie maszyny (1), system komunikacyjny (2) oraz system bazodanowy WebCARE (3).



Rys. 4 Schemat koncepcyjny systemu VHMS [11]

System monitoringu zbiera dane z czujników umieszczonych w najważniejszych podzespołach maszyny. Dane zawierają m.in.: parametry pracy silnika (engine data), parametry zespołu napędowego (transmission data, vehicle body data), kody błędów, dane dotyczące obciążeń (payload). Dane zbierane przez czujniki gromadzone są w kontrolerze VHMS, a stamtąd mogą być przekazywane drogą satelitarną do serwerów WebCARE lub transmitowane do komputera za pomocą sieci Wi-Fi.

System umożliwia zastosowanie proaktywnego i predyktywnego podejścia do utrzymania w sprawności maszyny. Kontroler stale gromadzi i przekazuje informacje, np. dotyczące temperatury wody chłodzącej, maksymalne, minimalne i średnie temperatury oleju. Nawet jeśli parametry te mieszczą się w normie i nie mogą spowodować przegrzania silnika, możliwe jest wykrycie nietypowych objawów przez porównanie ich z parametrami wzorcowymi w grupie kontrolnej wykorzystując do tego celu testy statystyczne. Ponadto gromadzone dane historyczne i bieżące umożliwiają przewidywanie terminów remontów i przeglądów. Pozwala to na przygotowanie niezbędnych części przed wyznaczonym terminem. Dzięki zebranim danym możliwe jest m.in. wyznaczenie długości życia poszczególnych podzespołów i zaplanowanie ich przeglądów na podstawie parametrów pracy a nie czasu. Możliwe było, np. wydłużenie czasu pracy silnika z 12000 do 20000 godzin pomiędzy przeglądami. Podobne działania prowadzone są dla układu napędowego, gdzie mierzy się obciążenie sprzęgła oraz skrzyni biegów na podstawie częstotliwości zmian oraz rzeczywistego czasu ich pracy a nie pracy maszyny jako całości.

3. Ocena rozwiązań

Obecnie wiele firm wraz ze swoim produktem oferuje swoim klientom usługi e-maintenance, od której wymaga się dostarczenia niezbędnych informacji dotyczących przemieszczania się maszyny, pracy i nieprawidłowego działania poszczególnych komponentów urządzenia. Jednak najważniejszą funkcją e-maintenance jest

dostarczenie i możliwość analizowania informacji przez serwis o stanie urządzenia i na tej podstawie prognozowania awarii, co z kolei pozwala na podjęcie działań zapobiegawczych.

Przedstawione w opracowaniu systemy w ramach e-maintenance stosowane w czołowych firmach produkujących maszyny budowlane, wskazują na znaczne podobieństwa w zakresie oferowanych usług, jednak ich szczegółowa analiza i wywiad przeprowadzony z kierownikami serwisów pozwala na wskazanie istotnych różnic pomiędzy nimi. W tabeli 1 zostały zebrane informacje dla firm Hitachi, Volvo i Komatsu.

Tabela 1
Zestawienie usług w ramach e-maintenance dla firm Hitachi, Volvo i Komatsu

Działanie	Metoda	Hitachi	Volvo	Komatsu	
Komunikacja z maszyną	GSM	0	1	0	
	Satelita	1	1	1	
	Radiowa	0	0	0	
	Bezprzewodowa (Wi-Fi)	0	0	1	
Sposób informacji dla użytkownika/serwisu	SMS	0	1	1	
	e-mail	0	1	1	
	logowanie do systemu	1	1	1	
	telefon	0	0	0	
Rodzaj przesyłanych danych	Położenie	1	1	1	
	Trasa przejazdu	1	1	1	
	Prędkość poruszania się	0	0	0	
	Czas jazdy drogowej	1	0	1	
	Zużycie paliwa	1	1	1	
	Zabezpieczenie przed ubytkiem paliwa	1	1	1	
	Kody błędów	1	1	1	
	Czas pracy silnika	1	1	1	
	Parametry pracy silnika	1	1	1	
	Parametry pracy zespołu hydraulicznego	1	1	1	
	Parametry pracy układu jezdowego	1	1	1	
	Analiza danych do prognozowania i zapobiegania problemom	Wykorzystanie danych do prognozowania awarii	0	0	1
		Wykorzystanie danych do prognozowania działań zapobiegawczych	0	0	1
Wykorzystanie danych na potrzeby przeglądów		1	1	1	
Wykorzystanie danych przy usuwaniu awarii		1	1	1	
Dostęp danych dla klienta	Położenie	1	1	1	
	Trasa przejazdu	1	1	1	
	Prędkość poruszania się	0	0	0	
	Czas jazdy drogowej	1	0	0	
	Zużycie paliwa	1	1	1	
	Zabezpieczenie przed ubytkiem paliwa	1	1	1	
	Kody błędów	0	1	1	
	Czas pracy silnika	0	1	1	
	Parametry pracy silnika	0	1	0	
	Parametry pracy zespołu roboczego	0	1	0	
Parametry pracy układu jezdowego	0	1	0		
Informacje dla serwisu o awariach i anomaliach	Powiadomienie za pomocą urządzeń mobilnych	0	0	1	
	Wyskakujące (pop-up) alarmy w systemie	0	0	1	
	Inne sposoby automatycznych powiadomień	0	0	0	
	Zgłoszenie przez klienta	1	1	1	
Bezpłatność usługi		1	1	1	

Analizując sposób komunikacji maszyny z serwisem należy stwierdzić, że wszystkie systemy korzystają z łączności satelitarnej. Należy jednak zaznaczyć, że taki sposób łączności jest uzależniony od umiejscowienia satelity w stosunku do urządzenia, co oznacza, że przepływ informacji nie jest ciągły. Na dzień dzisiejszy tylko system CareTrack posiada łączenie za pomocą GSM, co umożliwia komunikowanie się z maszyną w sposób ciągły. Firma Komatsu umożliwia natomiast komunikowanie się z urządzeniem za pomocą Wi-Fi, co daje większą swobodę w pozyskiwaniu charakterystyk pracy urządzenia.

Wszystkie, analizowane firmy umożliwiają pobranie interesujących użytkownika informacji, poprzez logowanie się do specjalnego systemu. Jednocześnie firma Volvo i Komatsu informuje klienta o istotnych parametrach urządzenia poprzez wysłanie SMS-a i e-maila. Jest to zdecydowanie pewniejsze i bardziej skuteczne przekazanie informacji klientowi, które daje możliwość natychmiastowej reakcji użytkownika na występujący problem z maszyną.

Rodzaj przesyłanych danych z urządzenia do serwisu we wszystkich analizowanych systemach jest bardzo podobny. Są to informacje o szerokim spektrum funkcjonowania urządzenia. Począwszy na położeniu i przemieszczaniu się urządzenia, ubytku paliwa, a na pracy poszczególnych układów maszyny kończąc. Tak szczegółowa informacja dla serwisu powinna zostać, w myśl e-maintenance, wykorzystana do prognozowania awarii i tym samym do podejmowania działań zapobiegawczych poważnym uszkodzeniom urządzenia. Jednak tylko Komatsu w swoim systemie Komtrax podejmuje taką analizę i działania. Pozostałe firmy ograniczają się do reakcji na wystąpienie awarii i do analizy stanu maszyny przed przeglądem. Należy jednak w tym miejscu zaznaczyć, iż w zdecydowanej większości klienci są zainteresowani informacjami dotyczącymi położenia maszyny i zużycia paliwa. Pozostałe informacje, jak wynika z relacji serwisów, dotyczących parametrów pracy silnika, układu jezdnego czy hydraulicznego są rzadko analizowane przez klientów.

Bardzo istotnym elementem funkcjonowania e-serwisów jest sposób przekazywania serwisowi informacji o istniejących awariach i anomaliach pracy urządzeń. Tylko Komatsu posiada powiadomienia za pomocą urządzeń mobilnych o wystąpieniu nieprawidłowości w funkcjonowaniu maszyny, co pozwala na szybką reakcję serwisu. W pozostałych przypadkach dopiero powiadomienie przez klienta jest sygnałem dla serwisu o nieprawidłowości w funkcjonowaniu maszyny.

Należy także zaznaczyć, że usługa e-serwisu dla wszystkich analizowanych firm jest wliczona w cenę maszyny i w zależności od zainteresowania klienta może być realizowana aż do momentu wycofania urządzenia z użytku.

4. Podsumowanie

Podsumowując można stwierdzić, że analizowane firmy produkujące specjalistyczne maszyny budowlane udostępniają klientom wraz ze swoim produktem usługę, która w sposób szybki i szczegółowy pozwala na monitorowanie pracy urządzenia. Najbardziej wszechstronną usługę oferuje firma Komatsu. Jej system pozwala na prognozowanie wystąpienia awarii, co umożliwia podjęcie działań zapobiegawczych, które w znaczny sposób wpływają na zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych maszyny. Także w tym systemie widoczne alarmy w serwisie o anomaliach pracy urządzenia pozwalają na błyskawiczne podjęcie działań przez pracowników serwisu.

Przeprowadzone badania pozwoliły na wyciągnięcie następujących, szczegółowych wniosków:

1. Analizowane systemy maszyn budowlanych pozwalają na gromadzenie informacji o szerokim spektrum funkcjonowania urządzenia, począwszy na położeniu i przemieszczaniu się urządzenia, ubytku paliwa, a na pracy poszczególnych układów maszyny kończą.
2. Spośród wszystkich przeanalizowanych firm tylko system funkcjonujący w firmie Komatsu pozwala na realizację w pełni proaktywnych działań. System pozwala na ciągłą kontrolę różnych parametrów urządzenia i (poprzez prognozowanie wystąpienia awarii lub konieczności dokonania przeglądu) na podejmowanie w odpowiednim czasie właściwych działań zapobiegawczych.
3. W ramach usługi e-maintenance realizowanej przez firmy Hitachi i Volvo informacje zgromadzone w ramach systemu e-service wykorzystywane są do analizy stanu maszyny przed przeglądem i wstępnej diagnozy przyczyn wystąpienia awarii maszyny. Podejmowane tutaj działania mają w głównej mierze charakter reaktywny.
4. Do najistotniejszych zaleceń dotyczących funkcjonalności systemów w badanych rozwiązaniach należy zaliczyć:
 - szersze wykorzystanie możliwości systemów e-maintenance poprzez zaimplementowanie w nich bardziej rozbudowanej diagnostyki środków technicznych oraz w konsekwencji rozszerzenia działań predyktywnych i proaktywnych,
 - wykorzystanie do bezpośredniej komunikacji z maszynami technologii bezprzewodowych,
 - wykorzystanie do komunikacji maszyn z serwerami komplementarnej łączności zarówno satelitarnej jak i komórkowej GPRS, ze względu na ograniczenia zasięgu działania jednej jak i drugiej technologii,
 - bardziej rozbudowany system powiadamiania użytkowników sprzętu oraz pracowników serwisu (utrzymania ruchu) o zaistniałych problemach z maszynami, wykorzystujący najnowsze technologie (GSM, telefonia satelitarna i Internet),
 - zintegrowanie z istniejącymi systemami technologii wspomagających działania konserwacyjne i naprawcze, takie jak: wirtualna czy rozszerzona rzeczywistość.

5. Literatura

- [1] Helebrant F. et al.: The harmonization and optimization of diagnostic methods for a belt conveyor. *Management Systems in Production Engineering*. No. 2(6), 2011.
- [2] Holmberg K., Adgar A., Arnaiz A., Jantunen E., Mascolo J., Mekid S.: *E-maintenance*. Springer Verlag, London 2010.
- [3] http://www.devicesworld.net/iscada_applications_maintenance.html (2012.10.20)
- [4] Legutko S.: Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*. No. 2, 2009.
- [5] Loska A.: Selected organizational aspects of maintenance organization modelling. *Management Systems in Production Engineering*. No. 4(4), 2011.
- [6] Madera D.: Koncepcja analizy złożonych procesów remontowych. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*. Nr 6, 2008.
- [7] Materiały marketingowe firmy Hitachi.
- [8] Materiały marketingowe firmy Komatsu.
- [9] Murakami T., Saigo T., Ohkura Y., Okawa Y., Taninaga T.: Development of Vehicle Health Monitoring System (VHMS/WebCARE) for Large-Sized Construction Machine. *Komatsu Technical Report*. Vol. 48, no. 150, 2002.

- [10] Volvo Construction Equipment unveils the Volvo CareTrack™ telematics system. INDIAN BUSINESS REVIEW. July 2010. <http://www.ibrnews.biz/2010/07/volvo-construction-equipment-unveils.html> (01.11.2011).
- [11] Warto wsłuchać się w głos maszyny. Maszyny Budowlane – serwis i eksploatacja. Nr 1,2011.