

SYSTEM OBSŁUGOWY POJAZDÓW W WOJSKU – MOŻLIWOŚCI ROZWOJU

W artykule przedstawiono zasady funkcjonowania systemu obsługiwanego sprzętu wojskowego oraz możliwości i metody przeorganizowania systemu w kierunku zwiększenia efektywności jego działania, większej elastyczności na pojawiające się zakłócenia w systemie. Skutkiem zmian powinno być obniżenie kosztów utrzymania systemu oraz zwiększenie zakresu gromadzonej informacji dotyczącej historii napraw, przy jednoczesnym zoptymalizowaniu ilości personelu niezbędnego do utrzymania właściwego funkcjonowania systemu w przedsiębiorstwie – w tym przypadku jednostce transportowej.

WSTĘP

W związku z rozwojem technologicznym znacząca większość działań podejmowanych przez człowieka jest wspierana różnymi urządzeniami, zaczynając od małych konstrukcji, a kończąc na skomplikowanych maszynach, zaawansowanych technologicznie pod względem budowy. Dotyczy to działalności pojedynczego człowieka, małych społeczności, a także rozwiniętych, wyspecjalizowanych przedsiębiorstw, dysponujących szerokim parkiem technicznym skomplikowanych urządzeń, maszyn czy pojazdów. Mogą to być przedsiębiorstwa zarówno cywilne, a także – w odniesieniu do obszarów militarnych – jednostki wojskowe, których dotyczy przedmiotowa praca. Eksploatacja sprzętu wojskowego (SpW) dotyczy technicznych środków walki, sprzętu technicznego oraz wyposażenia i środków zaopatrzenia, które ze względu na swoje właściwości są przeznaczone do celów wojskowych. SpW obejmuje również wyroby, technologie oraz sprzęt powszechnego użytku wykorzystywane w resorcie obrony narodowej.

W przypadku każdego urządzenia występują dwa aspekty jego eksploatacji: użytkowanie i obsługa. Użytkowanie można zdefiniować, jako wykorzystanie sprzętu, w celu wykonania określonych zadań i wykorzystania jego funkcji użytkowych zgodnie z jego przeznaczeniem i właściwościami funkcjonalnymi. Obsługiwanie zaś definiowane jest, jako celowe działanie ze SpW umożliwiające jego użytkowanie oraz zabezpieczenie procesu jego przechowywania [4]. Eksploatacja sprzętu powinna być tak ukierunkowana, aby sprzęt był utrzymany w pełnej sprawności technicznej – gotowości do użytkowania, określonej przez jego parametry techniczne, w możliwie najdłuższym okresie czasu. Wyłączenie jednostki sprzętowej z użytkowania generuje stratę dla przedsiębiorstwa, czy obniżenie gotowości bojowej w odniesieniu do jednostki wojskowej. Z powyższego nasuwa się oczywisty wniosek, że czas wyłączenia sprzętu z użytkowania wynikający z konieczności przeprowadzenia czynności obsługowych powinien być minimalizowany.

W związku z powyższym wyspecjalizowane jednostki powołane do obsługiwanego sprzętu oraz wykonywania napraw powinny dysponować narzędziami oraz metodami planowania obsługiwanego, które wykorzystają najefektywniej bazę obsługowo-naprawczą. Stacjonarna baza obsługowo-naprawcza obejmuje elementy infrastruktury technicznej wykorzystywanej w procesie eksploatacji. Przeznaczona jest do realizacji zadań mających na celu utrzymanie właściwego stanu technicznego SpW. Maksymalizacja efektywności działania wymaga zarządzania w sposób uwzględniający szereg czynników, m. in. dostępność stanowisk obsługowych, dostępność wykwalifikowanego personelu technicznego, zapasy magazynowe.

Planowanie obsługiwanego i napraw jest determinowane występowaniem konieczności wykonania: obsługiwanego okresowego (wynikającego z wykonania resursu przejechanych kilometrów, przepracowania określonej liczby motogodzin, starzeniem się płynów eksploatacyjnych), okresowych badań technicznych (sprawdzeń energetycznych, wykonanie badań dozorowych) i wykonania napraw sprzętu.

1. SYSTEM OBSŁUGIWAŃ I NAPRAW W SIŁACH ZBROJNYCH

1.1. Rodzaje obsługiwanego i napraw w SZ RP

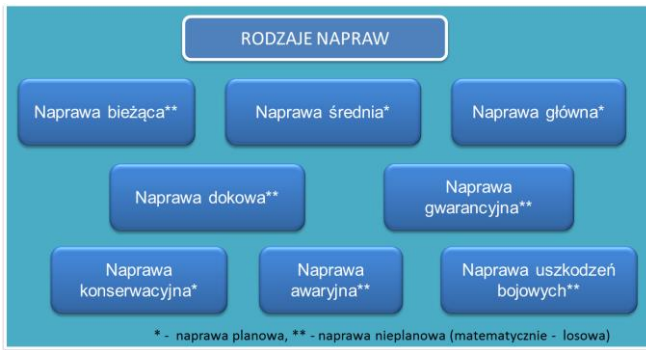
Zasady i rodzaje wykonywanego obsługiwanego i napraw są zależne od przyjętej metody – strategii eksploatacyjnej. Najbardziej powszechnie stosowane są metody prewencyjne, wg resursu (potencjału eksploatacyjnego, planowo-zapobiegawcza) z zastosowaniem metod diagnostyki. Charakteryzują się tym, że jest realizowany ściśle zdeterminowany zakres prac obsługowo-naprawczych po wykonaniu określonej ilości pracy lub upływie czasu.

W celu usystematyzowania rodzajów obsługiwanego sprzętu wojskowego zostały one sklasyfikowane według kryterium uwzględniającego cel i zakres wykonywanego czynności (rys.1): obsługiwanego bieżące OB, obsługiwanego okresowe OO, obsługiwanego specjalne OS, obsługiwanego podczas przechowywania OP, obsługiwanego roczne, obsługiwanego podczas dni technicznych DT.



Rys. 1. Rodzaje obsługiwanego okresowego w zależności od celu i zakresu wykonywanego czynności

Naprawy, ze względu na zakres sklasyfikowano jak na rys. 2: naprawa bieżąca NB, naprawa średnia NS, naprawa główna NG, naprawa konserwacyjna NK, naprawa dokowa ND, naprawa awaryjna NA, naprawa gwarancyjna NGw, naprawa uszkodzeń bojowych (R1, ..., Ri).



Rys. 2. Rodzaje napraw ze względu na zakres wykonania czynności serwisowych

Część powyższych rodzajów napraw, jak: naprawy średnie, główne i konserwacyjne są naprawami planowymi, natomiast naprawy bieżące, awaryjne i gwarancyjne są naprawami nieplanowymi. W związku z powyższym, występowanie napraw nieplanowych istotnie wpływa na proces planowania obsługi i remontów. Powoduje również występowanie zakłóceń realizacji opracowanego planu obsługiwań i napraw w danym roku w odniesieniu do warsztatu naprawy sprzętu. W związku z faktem, że wyżej opisane rodzaje napraw dzielą się na naprawy nieplanowe i planowe, ich planowanie i realizacja odbywa się w odmienny sposób. W przypadku napraw nieplanowych wskazanie sposobu i terminu naprawy realizowane jest w sposób „szeregowego” przekazywania informacji o wystąpieniu niesprawności do kolejnych organów odpowiedzialnych za utrzymanie floty pojazdów w pełnej sprawności. Organy te podejmują decyzję o wykonaniu czynności obsługowo-naprawczych uwzględniając takie czynniki, jak: priorytet naprawy, dostępność części zamiennych, czas naprawy, perspektywiczność i zasadność dalszego użytkowania jednostki sprzętowej. W przypadku napraw planowych sporządzany jest harmonogram realizacji napraw planowych. Odbywa się to poprzez bilansowanie potrzeb i możliwości produkcyjnych warsztatów, a następnie przesyłanie potrzeb wykraczających poza możliwości obsługowo remontowe szczebla niższego do kolejnych szczebli nadrzędnych, odpowiedzialnych za organizowanie napraw i obsługiwań w podsystemie technicznym. Sprzęt, który nie może zostać obsłużony w ramach potencjału obsługowo-naprawczego SZ RP jest kontraktowany do naprawy w cywilnych stacjach i warsztatach naprawy uwzględniając ilość środków finansowych zaplanowanych na ten cel w planach budżetowych.

1.2. Obieg informacji o niesprawnościach i zużyciu rezerwu – naprawa nieplanowa

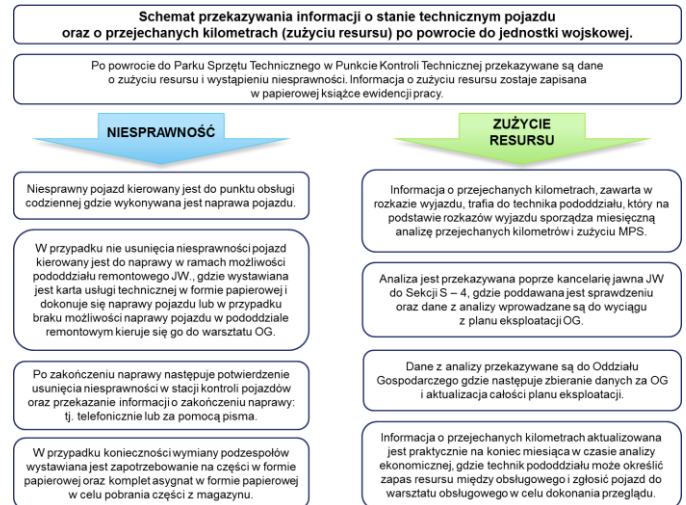
W obecnej chwili system gromadzenia danych o zużyciu rezerwu, a także zgłaszania do naprawy bieżącej przebiega w sposób pokazany na rys. 3.

Wynika stąd, że system przekazywania informacji oraz planowania jest systemem „analogowym” i nie uwzględnia metod sieciowego zbierania informacji o stanie technicznym obiektów. Byłoby to szczególnie użyteczne w przypadku próby automatyzowania zarządzania wykorzystaniem stanowisk obsługowo-naprawczych, warsztatów oraz planowania systemu obsługi z wykorzystaniem, np. systemu masowej obsługi.

1.3. Bilansowanie potrzeb obsługowo naprawczych – naprawy planowe

W przypadku napraw planowych przygotowuje się plany zadań obsługowo-remontowych lub harmonogramy dostawy sprzętu do naprawy lub obsługi. Ważnym elementem z punktu widzenia planowania obsługiwań i napraw jest fakt, że każdej naprawie oraz każdemu rodzajowi remontu przypisuje się z góry założoną – przyjętą

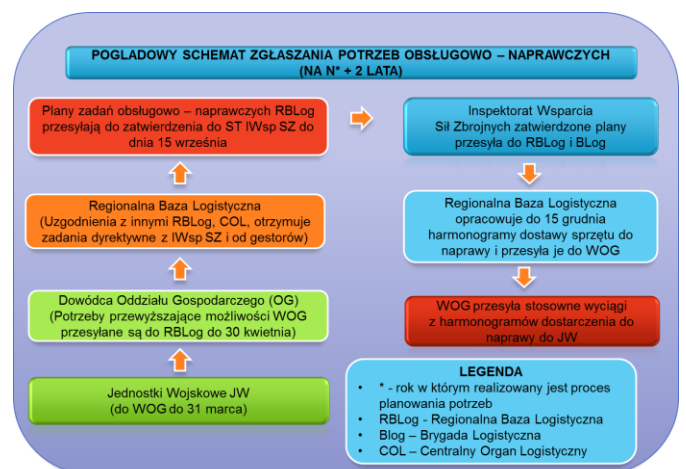
na podstawie doświadczeń – ilość roboczogodzin niezbędną do zakończenia czynności obsługowych. Zostało to zapisane w katalogu norm eksploatacji [5].



Rys 3 - System gromadzenia danych o zużyciu rezerwu oraz danych o niesprawnościach.

W związku z powyższym, na podstawie klasyfikacji obsługiwań i napraw oraz znajomości sztywno zdefiniowanych czasów napraw wykonywane jest zestawienie potrzeb i priorytetów obsługowo-naprawczych. Zestawienie potrzeb obsługowo-naprawczych jest częścią wstępnej identyfikacji i weryfikacji potrzeb rzeczowych. Stanowią one podstawę do planowania potrzeb w zakresie zabezpieczenia planów wydatków oraz technicznych środków materiałowych, niezbędnych do realizacji zadań naprawczych w kolejnych latach następnym.

Znając zestawienie potrzeb i priorytetów obsługowo-naprawczych określa się możliwości wykonawcze oddziałów i pododdziałów przeznaczonych do obsługiwań i naprawy SpW w cyklu jednego roku. Dysponując zestawieniem potrzeb i priorytetów obsługowo-naprawczych oraz możliwościami wykonawczymi macierzystego pododdziału remontowego sporządza się plan zadań obsługowo-produkcyjnych jednostki wojskowej JW. Potrzeby, które nie mogą zostać zrealizowane przez własny organ remontowy przesyłane są do przełożonego: tj. WOG, RBLog, IWsp SZ, COL (rys. 4).



Rys. 4. Poglądowy schemat zgłaszania potrzeb obsługowo-naprawczych

W związku z powyższym wszelkie naprawy i obsługi realizowane w ramach SZ RP należy podzielić na:

- naprawy wykonywane potencjałem SZ RP, w tym pododdziałach obsługi i naprawy SpW jednostek wojskowych, brygad logistycznych i warsztatach Regionalnych Baz logistycznych
- naprawy wykonywane poza potencjałem SZ RP, w tym krajowym i zagranicznym przemysłowym potencjałem obronnym w ramach zakupu usług.

1.4. System gromadzenia danych o pracy sprzętu – planowanie deterministyczne

W obecnej chwili dane do sporządzenia planów zadań obsługowo-produkcyjnych pozyskiwane są z planów eksploatacji oddziałów Gospodarczych OG (np. w odniesieniu do przejechanych kilometrów), które wynikają z analiz techniczno-ekonomicznych przygotowywanych przez poszczególne pododdziały jednostek wojskowych (rys. 3). Analiza techniczno-ekonomiczna jest dokumentem zbiorczym i zawiera ewidencję pracy całości sprzętu pododdziału w odniesieniu do jednego miesiąca. Sporządzana jest na podstawie rozkazów wyjazdu oraz kart pracy sprzętu. Zawiera także informacje dotyczące ilości i rodzaju wykonanych obsługiwań i napraw, a także pobranych płynach eksploatacyjnych ze stacji materiałów pędnych i smarów (rys. 4).



Rys 5. Schemat obiegu informacji dotyczącej zużycia ресурсu w JW i OG

Planowanie przeglądów, obsługiwań i napraw w sposób deterministyczny tworzy obraz realnych potrzeb z dużym przybliżeniem, z uwagi na fakt i trudność przewidzenia zużycia ресурсu np. kilometrów w kolejnych latach czy miesiącach. Może to powodować pewne zniekształcenie realnych potrzeb obsługowych i naprawczych jednostki organizacyjnej, a co za tym idzie zniekształcenie bilansu potrzeb oraz planu zadań obsługowo-produkcyjnych. Ewentualne zniekształcenie potrzeb na poziomie jednostek może je także powodować na wyższych poziomach. W związku z powyższym wydaje się niezbędne dokonanie analizy na temat metod prognozowania występowania zdarzeń wymagających dokonania czynności naprawczych. Możliwym rozwiązaniem jest wprowadzenie do powyższego planowania rozwiązań np. stochastycznych wynikających z powtarzalności występowania niesprawności w danej grupie sprzętu w funkcji resursu w kolejnych latach. Konieczne wydaje się także wprowadzenie narzędzi sieciowego zbierania danych oraz narzędzi umożliwiających zebranie informacji, np. o częstotliwości występowania uszkodzeń w przedziale jednego roku dla danej marki i typu sprzętu w funkcji lat. Stanowiłoby to podstawę do prowadzenia analiz stochastycznych w celu opracowywania planów zadań obsługowo-produkcyjnych. Innym rozwiązaniem jest wprowadzenie w odniesieniu do napraw nieplanowych rozwiązań informatycznych w celu efektywnego zarządzania bazą obsługowo-naprawczą jednostki wojskowej lub Oddziału Gospodarczego.

2. MOŻLIWOŚCI POPRAWY ZARZĄDZANIA PROCESEM OBSŁUGOWO-NAPRAWCZYM

Powyższa analiza daje możliwość zlokalizowania obszarów, których udoskonalenie może powodować istotną poprawę jakości i skrócenia czasu realizacji napraw, a także lepsze wykorzystanie bazy obsługowo-naprawczej. Rozwiązaniami umożliwiającymi wprowadzenie nowej jakości do systemu zapewniającymi większą elastyczność i efektywność w funkcjonowaniu systemu są:

- poprawa systemu planowania zakupu,
- poprawa zarządzania gospodarką magazynowania części zamiennych,
- informatyzacja zarządzania stanowiskami obsługowymi bazy obsługowo-naprawczej,
- planowanie napraw w kolejnych latach wynikających ze zużycia resursu w latach i kilometrach z wykorzystaniem metod stochastycznych,
- wprowadzenie do zarządzania warsztatem metod masowej obsługi.

W związku z powyższym zasadnym jest dokonanie przeglądu modeli procesów projektowania systemów informatycznych.

Systemy informatyczne są szczególnym rodzajem projektów, gdyż oddziałują na szerokie otoczenie informatyzowanej dziedziny. W literaturze przedmiotu można spotkać wiele modeli konstrukcji oprogramowania, jednakże dokonując generalizacji różnych podejść, konstrukcję systemu informatycznego można podzielić na pięć faz:

- modelowanie (specyfikacja wymagań),
- projektowanie,
- implementacja,
- testowanie,
- wdrożenie i modernizacja.

Na projekt konstrukcji systemu informatycznego w klasycznych warunkach składają się wszystkie wymienione fazy, lecz mogą one występować w różnej konfiguracji uwzględniającej specyfikę potrzeb danej organizacji możliwej do standaryzacji w ujęciach branżowych. Poniżej przedstawiono najczęściej stosowane modele tworzenia konstrukcji systemów informatycznych [2].

Model kaskadowy (waterfall cycle model) polega na tym, iż opisane powyżej fazy następują po sobie, jedna po drugiej, od momentu rozpoczęcia prac do momentu zakończenia projektu, czyli wdrożenia i eksploatacji systemu. Założenie opisywanego modelu stanowi hipoteza, iż sprzężenie zwrotne istnieje jedynie między sąsiednimi fazami konstrukcji systemu informatycznego. Głównym zarzutem w stosunku do modelu jest niemożność weryfikacji decyzji podjętych w fazach innych niż sąsiednia, co stanowi przyczynę jego krytycznej oceny, jednakże pomimo tego jest bardzo często stosowany szczególnie w projektach o niewielkim stopniu złożoności.

Model przyrostowy został opracowany w celu umożliwienia wcześniejszej weryfikacji tworzonego produktu. Ideą opisywanego modelu jest podział całego produktu na mniejsze fragmenty, które przechodzą poszczególne fazy projektu jednakże nakładające się na siebie. Podczas, gdy nowo tworzona część systemu jest w fazie modelowania, wcześniejsza powinna być w fazie projektowania, a jeszcze wcześniejsza w fazie implementacji, itd.

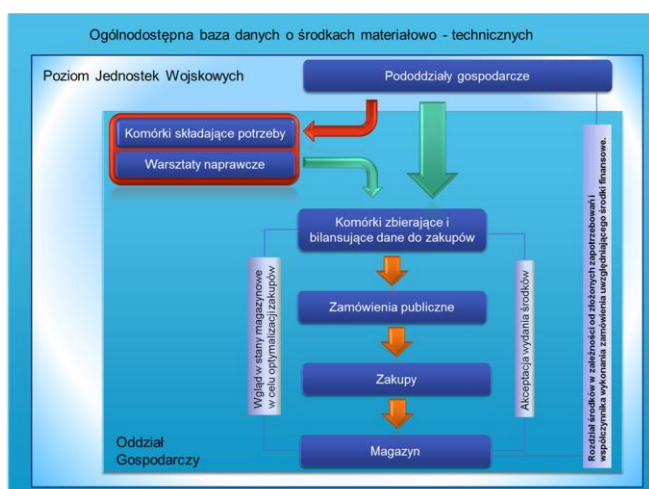
Model iteracyjny charakteryzuje się tym, iż w cyklu rozwoju istnieje możliwość powrotu z późniejszych faz konstrukcji systemu do faz wcześniejszych. Założeniem jest zaś, fakt, iż poszczególne fazy wzajemnie się na siebie silnie nakładają w czasie. W opisywanym modelu istnieją cztery podstawowe pętle powrotu do wcześniejszych faz: z fazy projektowania do fazy analizy, z fazy testowania do fazy projektowania, z fazy testowania do fazy analizy, z fazy eksploatacji systemu do fazy analizy.

Model spiralny został zaproponowany przez Bohema i polega na krokowym dochodzeniu do rozwiązania docelowego, realizowanego w cyklicznie wykonywanych, tych samych fazach projektu poprzez wytworzenie dwóch prototypów systemu, a dopiero następnie produktu końcowego. Jego główną cechą jest położenie dużego nacisku na współpracę z użytkownikiem oraz analizę ryzyka.

Model prototypowania reprezentuje najbardziej intuicyjnie uzasadniony sposób konstruowania rozwiązań systemowych programowany z zastosowaniem wysokowydajnych standardów oprogramowania. Zaliczyć tutaj możemy Systemy Zarządzania Bazami Danych np. ORACLE, Języki IV generacji SQL (Sequential Query Language) oraz generatory aplikacji. Szybko wykonany prototyp rozwiązania wspomagania selektywnych funkcji zarządzania na wyższej zaawansowanej koncepcji systemu pozwala na szkolenie i weryfikację opracowanych wstępnie rozwiązań, ich doskonalenie i wprowadzanie do zastosowań w zarządzaniu. Tworzenie kolejnych coraz doskonalszych rozwiązań oprogramowania systemu i synchronizacja realizacji funkcji zarządzania z nowymi możliwościami systemu pozwala ewolucyjnie, ale skutecznie budować przewagę konkurencyjną.

2.1. Planowanie zapasu części zamiennych

Zarządzanie zapasami części zamiennych (Spare Parts Management – SPM) ma zasadniczy wpływ na utrzymanie niezawodności pojazdów i maszyn przy optymalnych kosztach. Zadaniem SPM jest zapewnienie dostępności części zamiennych we właściwej ilości, jakości i właściwym czasie. Koszt części zamiennych ma istotny wpływ na efektywność finansową przedsiębiorstwa z uwagi na wielkość kapitału ulokowanego w częściach zamiennych. Zapasy części zamiennych utrzymywane są zasadniczo na zabezpieczenie takich potrzeb jak np.: wymiany części szybko zużywających się, zapewnienie ciągłości realizacji napraw głównych. W aspekcie utrzymania zapasów magazynowych ważnym aspektem jest sposób składania zamówień na potrzebne części zamienne oraz materiały przez podmioty zainteresowane ich nabyciem w kontekście codziennej eksploatacji pojazdów, a także obsługiwań sezonowych (wiosna/lato, jesień/zima). Ważne jest, aby użytkownik (punkt obsługi) miał odpowiednie narzędzie do złożenia zapotrzebowania/zamówienia na potrzeby asortymentu.



Rys. 6. Planowanie potrzeb w relacji Jednostka Wojskowa – Oddział Gospodarczy

Takim narzędziem niewątpliwie może być baza danych o środkach materiałowo-technicznych połączona z bazą floty pojazdów, aby środki materiałowe planować w odniesieniu do konkretnego pojazdu, np.: opony, akumulatory, wycieraczkę – nie dublując, ani

nie pomijając jednostki sprzętowej. Jest to istotne w przypadku centralnego planowania środków materiałowych, jak to ma miejsce w przypadku jednostek wojskowych oraz Oddziałów Gospodarczych. Modelowy schemat planowania potrzeb materiałowych przedstawiono na rys. 5.

Takie rozwiązanie umożliwiłoby sprzężenie potrzeb zakupów ze stanami magazynowymi oraz dawałoby kontrolę w zakresie dystrybucji narzucając limity wydawania środków materiałowo-technicznych na podstawie złożonych zapotrzebowań przez komórki wewnętrzne. Pozwoliłoby na unikanie sytuacji, w której pododdział gospodarczy pobiera środki, których nie zapotrzebował, a w konsekwencji podmiot składający zapotrzebowanie nie otrzymuje zapotrzebowanych środków – wprowadza to reżim planowania środków materiałowo-technicznych.

Zarządzanie SPM jest istotnym obszarem w każdej organizacji i może generować następujące problemy związane z prowadzeniem gospodarki magazynowej:

- zróżnicowany poziom zużycia części zamiennych stwarza trudności w aspekcie doboru właściwego poziomu zapasów;
- wysoka liczba części (oryginał – zamiennik) i ich różnorodność stwarza problemy w czasie składania zamówienia (zamówienie niewłaściwego asortymentu wydłuża czas naprawy, a zatem zmniejsza efektywność „rozładowania” kolejki pojazdów oczekujących na naprawę);
- decyzyjność w zakresie zakupu oryginałów czy zamienników w odniesieniu do konkretnych układów w pojazdach, maszynach czy urządzeniach;
- określenie niezawodnego kryterium prognozowania, kiedy i ile części będzie potrzebnych.

Powyższy aspekt optymalizacji poziomu utrzymania części zamiennych może przynieść wymierne korzyści w zakresie, np. wykorzystania środków transportowych, skrócenia czasu naprawy, lepszego wykorzystania stanowisk obsługowo- produkcyjnych, wykonanie większej ilości napraw, zwiększeni zysku przedsiębiorstwa, obniżenie kosztów zarządzania magazynami, zmniejszenie ilości zleceń wykonania napraw outsourcingowych, a także poprawa renomy przedsiębiorstwa.

Należy, zatem zwrócić uwagę na aspekty obniżenia poziomu zapasów, np. w przedsiębiorstwie zajmującym się obsługiwaniem i naprawą pojazdów. Do kluczowych metod osiągania celu należą tu: rozszerzenie diagnostyki pojazdów oraz wprowadzenie zaawansowanych rozwiązań technologicznych do diagnostyki, określenie metod prognozowania zużycia części zamiennych, np. w ujęciu stochastycznym w aspekcie historii wykonanych napraw oraz rodzaju zastosowania części zamiennych.

W celu prowadzenia stochastycznej analizy problemu niezbędne jest pozyskiwanie danych o trwałości i niezawodności produktów. Niezawodność obiektu jest to jego zdolność do spełnienia stawianych mu wymagań. Wielkością charakteryzującą zdolność do spełnienia wymagań może być prawdopodobieństwo ich spełnienia [3].

W tym przypadku może pojawić się problem wiarygodności danych dotyczących niezawodności i trwałości wymienianych części zamiennych w rozpatrywanej flocie przedsiębiorstwa. Rozwiązania problemu należy szukać w z informatyzowaniu procesu obsługowego w sposób umożliwiający zbieranie danych (rys. 7) dotyczących terminów przeprowadzania napraw oraz podzespołów, jakie zostały wymienione w czasie jej trwania w aspekcie konkretnej marki i typu pojazdu należącego do określonej floty transportowej.

W odniesieniu do zakupu części i tworzenia zapasów istotnym jest kryterium niezawodności oraz funkcja ryzyka, która jest jednym ze sposobów charakteryzowania zdolności do spełnienia wymagań i określenie prawdopodobieństwa, że obiekt, który spełnia wymagania w chwili t , w następnym przedziale Δt przestanie je spełniać.

Marka pojazdu
Typ pojazdu
Indeks materiałowy
Dział zaopatrzenia
Nr rejestracyjny
Pododdział
Termin ważności okresowych badań technicznych
Zapasy rezerwu (w kilometrach) do wykonania obsługi
Zapasy rezerwu (w latach) do wykonania obsługi
Rok produkcji
Stan licznika
Ilość wypracowanych motogodzin
Ilość oddanych strzałów
Możliwość przewożenia materiałów niebezpiecznych - klasa pojazdu
Nazwa części zamiennej podlegającej wymianie
Indeks materiałowy części zamiennej
Producent części zamiennej

Rys. 7. Parametry bazy danych gromadzącej informacje dotyczące trwałości części zamiennych pojazdów analizowanej floty

Z uwagi na poziom utrzymywania zapasów istotnym jest fakt podzielenia obiektów na naprawialne i nienaprawialne. Obiektowi w warunkach wojskowych nie przywraca się sprawności przede wszystkim ze względów ekonomicznych. Obiekty, którym nie przywraca się utraconej sprawności, nazywa się obiektami nienaprawialnymi. Kres życia takiego obiektu następuje z chwilą wystąpienia niesprawności. Niezawodność obiektu nienaprawialnego, zdefiniowana, jako prawdopodobieństwo przeżycia, określają ją funkcje:

- $R(t)$ – funkcja niezawodności: prawdopodobieństwo przeżycia okresu $(0, t)$,
- $\lambda(t)$ – funkcja ryzyka (intensywności uszkodzeń),
- $f(t)$ – funkcja gęstości prawdopodobieństwa, która opisuje rozkład trwałości obiektów.

Obiektami naprawialnymi nazywa się takie, którym przywraca się sprawność, gdy ją utracą. W przypadku tych obiektów, oprócz wymienionych charakterystyk, istotne są wskaźniki naprawialności i gotowości [3].

Zagadnieniami wyznaczania ekonomicznego okresu użytkowania obiektu zajmuje się teoria odnowy. Z teorii odnowy wynika, że nie zawsze opłaca się wymieniać obiekt czy jego element na nowy dopiero wtedy, gdy stanie się niesprawny lub gdy nie ma już możliwości fizycznych przywrócenia sprawności.

2.2. Propozycja informatyzacji systemu oraz zarządzania stanowiskami bazy obsługowo-naprawczej

W celu optymalizacji zarządzania bazą obsługowo-naprawczą przedstawiona zostanie propozycja implementacji systemu informatycznego wykorzystującego metody stochastyczne i deterministyczne do jednego z podsystemów (podsystem obsługi pojazdów – sprzętu wojskowego). Może to zostać przedstawione, jako projekt programu. Program mógłby wykorzystywać określone dane i parametry fizyczne sprzętu wojskowego (np. pojazdy kołowe – rys. 6). Stanowiłby narzędzie służące do zarządzania obsługiwaniem pojazdów w oparciu o zadaną infrastrukturę obsługowo-naprawczą. Jest to ważne także z powodu, że trwający rozwój technologiczny oraz potrzeby współczesnego pola walki wymuszają, aby sprzęt wojskowy pozyskiwany na potrzeby wojska był coraz bardziej zaawansowany technologicznie. Taki sprzęt musi być obsługiwany przez żołnierzy o wysokich kwalifikacjach zawodowych, tj. posiadających określone uprawnienia do użytkowania sprzętu. Generuje to potrzebę spojrzenia bardziej globalnie na układ sprzęt – użytkownik – kwalifikacje użytkownika oraz personelu obsługującego – baza obsługowo-naprawcza.

Istnieje potrzeba utrzymania uzbrojenia w permanentnej sprawności, a co za tym idzie skrócenie czasu potrzebnego na obsługę pojazdu, a także czasu na oczekiwanie sprzętu na przyjęcie do obsługi, sprawdzenia jego działania, czy naprawy. Stąd niezbędne jest ukształtowanie procesu eksploatacyjnego – od momentu wprowadzenia pojazdu do eksploatacji do momentu całkowitego wyczerpania rezerwu. Proces powinien zapewnić, aby użytkownik oraz personel techniczny odpowiedzialny za przygotowanie sprzętu do obsługi, jak i personel w warsztatach oraz stacjach obsługi prowadził proces obsługi sprzętu w najbardziej efektywny

sposób. Efektywność odnosi się tu do czasu obsługi, jak i jakości przeprowadzanego przeglądu lub naprawy sprzętu. W oczywisty sposób determinuje to czas wyłączenia sprzętu z użytkowania w warunkach pokoju, kryzysu i wojny.

W celu usprawnienia procesu planowania obsługiwoania oraz umożliwienia warsztatom lub stacjom obsługi pojazdów przygotowanie się do wykonania obsługi określonego typu sprzętu niewątpliwie przydatnym narzędzie stanowiłaby możliwość pozyskiwania danych z odpowiedniej bazy Baza danych powinna zawierać informację o układzie sprzęt – baza obsługowo-naprawcza – użytkownik – kwalifikacje użytkownika oraz personelu obsługującego. Ponadto, jednym z kluczowych elementów byłaby informacja dotycząca okresów obsługiwania pojazdów oraz ich determinowania poprzez zużycie rezerwu na kilometrach lub upływie czasu do kolejnej obsługi lub przeglądu i wprowadzenie automatycznie takiej jednostki sprzętowej do kolejki sprzętu oczekującego na obsługę. Może to zostać zapewnione dzięki zorganizowaniu systemu w sposób przedstawiony na rys. 8.

Gromadzenie i analiza danych uzyskiwanych w sposób przedstawiony na rysunku 8, mogłaby usprawnić system naprawy pojazdów, którego schemat przedstawiono na rys. 9.

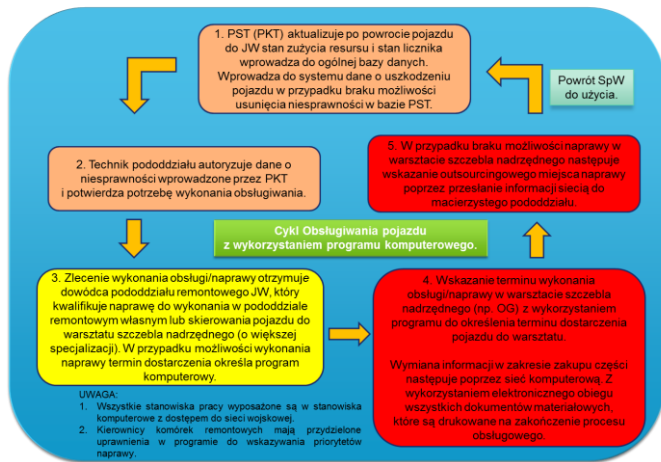


Rys. 8. Modelowy schemat gromadzenia danych na przykładzie eksploatacji sprzętu wojskowego.

Istniejące już systemy lub podsystemy umożliwiają aktualizowanie danych w interwale dziennym czy tygodniowym (np. aktualizacja licznika w punkcie kontroli technicznej jednostki wojskowej, zużycie produktów MPS). Dawałoby to możliwość takiego programowania, aby dane wyjściowe generowane przez program wspomagający pracę użytkowników zapewniały najlepszą aproksymację wartości oczekiwanej parametru (np. terminu obsługiwania), który ma być określony przez program, a zdeterminowany poprzez stałe i zmienne wartości wprowadzane do bazy danych. Powyższa baza powinna być wzorcową i zunifikowaną w skali globalnej (np. jednostka wojskowa, oddział gospodarczy, rejonowa baza logistyczna, Inspektorat Wsparcia Sił Zbrojnych). Powinna zawierać możliwie szeroki pakiet danych, aby dawać możliwość stworzenia w określonej jednostce organizacyjnej, niezależnie od jej przeznaczenia (jednostka zmechanizowana, pancerna, inżynierska, transportowa) oraz niezależnie od działu zaopatrzenia (tj. dział mundurowy, samochodowy, MPS, infrastruktury, a nawet danych rozpoznawczych) warunków do zaimplementowania programu komputerowego. Dałoby to możliwość usprawnienia działania jednostki organizacyjnej w zakresie, np. utrzymania zapasów, utrzymania optymalnej liczby personelu w komórkach wewnętrznych z uwzględnieniem obciąże-

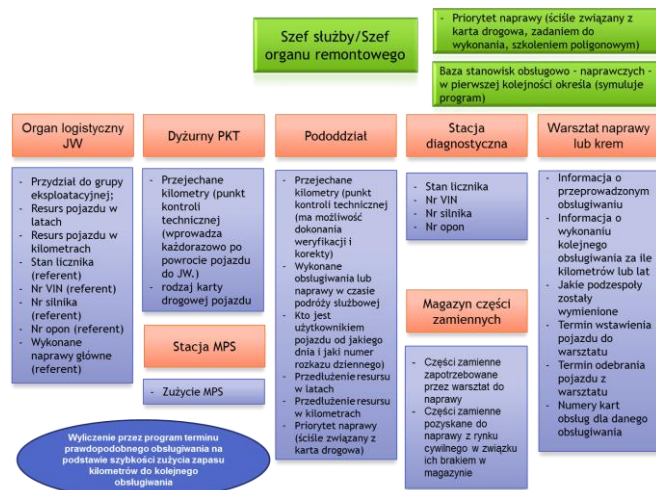
nia ich zadaniami, skrócić czas realizacji zamówień, poprawić komfort pracy i współpracy między komórkami wewnętrznymi, a nawet jednostkami wojskowymi – oddziałami gospodarczymi.

Cykl naprawy pojazdu z wykorzystaniem komputerowego planowania naprawy pojazdów w relacji JW – OG.



Rys. 9. Cykl naprawy pojazdu z wykorzystaniem komputerowego planowania naprawy pojazdów w relacji JW – OG

Na rys. 10 zobrazowano zakres kompetencyjny odpowiednich organów i komórek organizacyjnych w zakresie gromadzenia, monitorowania, aktualizowania danych globalnych w celu zwiększenia efektywności działania systemu, a ponadto uniknięcia przesyty papierowej wersji danych do innych komórek organizacyjnych analizujących dane w celu określenia np. potrzeb obsługowo-naprawczych czy też danych sprawozdawczych. Daje to możliwość zarządzania personelem i eksploatacją sprzętu w najbardziej efektywny sposób tj.: najniższy koszt, najkrótszy czas, najwyższa jakość – aby elastycznie zarządzać zasobami obronnymi.



Rys. 10. Kompetencje osób uprawnionych w zakresie prowadzenia globalnej bazy danych

Proponowany model programu umożliwiłby i ułatwiłby śledzenie przebiegu procesu obsługowego od momentu zgłoszenia sprzętu do naprawy/obsługi, poprzez przebieg naprawy w warsztacie, zakończenie naprawy. Powinien też umożliwiać zapisywanie danych o wszystkich naprawach, tworząc historię wszystkich napraw pojazdu, co znacząco ułatwiłoby planowanie zakupów, a także oszacowanie kosztu napraw pojazdu od początku jego eksploatacji do wycofania. Ponadto program dawałby możliwość generowania dokumentów obiegu materiałowego, które dzięki wprowadzeniu

podpisu elektronicznego – znacząco poprawiłby jakość działania całego podsystemu obsługowania pojazdów.

3. PROPOZYCJA METOD PROGNOZOWANIA USZKODZEŃ ORAZ ROZWIĄZAŃ DOTYCZĄCYCH PROCESÓW OBSŁUGOWYCH

3.1. Planowanie deterministyczne – zagadnienie programowania liniowego

Programowanie liniowe jest jednym z działów teorii zadań optymalizacyjnych. Jest szeroko stosowanym narzędziem wspomaganie decyzji w różnych obszarach działalności gospodarczej. Przedmiotem programowania liniowego są zadania polegające na znajdowaniu minimum (bądź z maksimum) funkcji liniowej na zbiorze opisanym układem równań lub nierówności liniowych.

Zagadnienie programowania liniowego może zostać wykorzystane do znajdowania interesujących wartości funkcji celu z uwzględnieniem rachunku kosztów i efektywności w obszarze zainteresowania analizowanego systemu logistycznego. Jest użytecznym narzędziem w określeniu minimalnego kosztu w celu otrzymania maksymalnej efektywności.

3.2. Planowanie stochastyczne – system masowej obsługi

Teoria masowej obsługi, zwana także teorią systemów kolejkowych, zajmuje się budową modeli matematycznych, które można wykorzystać w racjonalnym zarządzaniu dowolnymi systemami działania, nazywanymi systemami masowej obsługi.

Jej celem jest opracowanie takich modeli matematycznych, które pozwoliłyby określić podstawowe wskaźniki procesów obsługi, umożliwiające ocenę, jakości działania systemu. Zagadnienie kolejek wywodzi się z teorii procesów stochastycznych, będących jednym z działów teorii prawdopodobieństwa. Procesy stochastyczne są procesami losowymi zależnymi od czasu. Procesy stochastyczne, w których istnieje pewien ustalony, skończony lub przeliczalny zbiór wartości i których realizacje mogą przyjmować jedynie liczby całkowite (np. liczba zgłoszeń uszkodzonej techniki wojskowej), nazywa się procesami stochastycznymi o dyskretnych realizacjach. Wartości, które mogą w takich procesach stochastycznych przybierać ich realizacje nazywa się stanami, a cały proces traktuje się jako zjawisko przypadkowych zmian stanu pewnego systemu [1].

Przykłady takich systemów: sklepy, porty lotnicze, systemy użytkowania samochodów w przedsiębiorstwie transportowym, stacje benzynowe.

Zasadniczym z punktu widzenia praktycznego stosowania jest podział systemów masowej obsługi na systemy bez strat i ze stratami, co oznacza brak obsługi zgłoszenia. W zależności od dyscypliny obsługi SMO można podzielić następująco:

- FIFO (first in first out), czyli kolejność obsługi według przybycia;
- SIRO (selection in random order) czyli kolejność obsługi losowa;
- LIFO (last in last out), czyli ostatnie zgłoszenie jest najpierw obsługowane;
- priorytet dla niektórych usług, np. bezwzględny priorytet usługi oznacza, że zostaje przerwane aktualnie wykonywana obsługa obiektu, a na jego miejsce wchodzi obiekt z przyznanym priorytetem.

3.3. Planowanie pracy: metody sieciowe (PERT, CPM)

Metody analizy sieciowej służą do planowania realizacji przedsięwzięć. Metoda PERT (ang. Program Evaluation and Review Technique), to probabilistyczna metoda planowania i kontroli projektu, wykorzystująca programowanie sieciowe, stosowana w zarządzaniu projektami.

Została opracowana przez Departament Obrony Stanów Zjednoczonych w latach 1956-1957, na potrzeby marynarki wojennej USA podczas realizacji projektu budowy rakiet balistycznych Polaris. Początkowo wykorzystywana głównie przy dużych, wieloletnich programach wojskowych, z czasem znalazła również zastosowanie w projektach cywilnych.

W metodzie PERT projekt jest przedstawiany w postaci diagramu sieciowego, czyli grafu skierowanego, którego wierzchołki stanowią zadania składające się na projekt, natomiast łuki reprezentują ukierunkowane powiązania pomiędzy zadaniami. Do łuków są przypisane czasy trwania poszczególnych czynności wymaganych do przejścia do następnego zadania.

Istotą metody PERT, podobnie jak w przypadku metody CPM – Critical Path Method – jest analiza ścieżki krytycznej. Różnica pomiędzy obiema metodami polega na traktowaniu w metodzie PERT czasu trwania zadania, jako zmiennej losowej, a nie zdeterminowanej, jak w przypadku metody CPM.

Takie ujęcie czasu trwania zadań składających się na projekt pozwala zastosować metody statystyczne do oceny czasowego ryzyka ukończenia zadań, grup zadań i całości projektu oraz określania prawdopodobieństwa ich ukończenia w z góry zadanym terminie. Parametry rozkładu prawdopodobieństwa czasu zakończenia zadania szacuje się na podstawie trzech zmiennych:

- optymistycznego czasu zakończenia zadania (O);
- najbardziej prawdopodobnego czasu zakończenia zadania (M);
- pesymistycznego czasu zakończenia zadania (P).

W oparciu o te zmienne szacuje się czas oczekiwany zakończenia zadania, który jest podstawą analizy ścieżki krytycznej oraz wariację czasu oczekiwanego, która określa spodziewaną różnicę szacowanego czasu oczekiwanego zakończenia zadania od rzeczywistego czasu trwania czynności. Szacunek TE jest najczęściej oparty na średniej ważonej.

Metoda CPM jest szczególnym przypadkiem metody PERT – takim, w którym wszystkie trzy zmienne czasowe poszczególnych zadań mają taką samą wagę.

Do najważniejszych zalet metody PERT należą:

- możliwość zarządzania dużymi i złożonymi projektami;
- nieskomplikowane obliczenia;
- graficzna prezentacja;
- możliwość oceny ryzyka czasowego ukończenia zadań i projektu;
- możliwość szacowania prawdopodobieństwa ukończenia zadań jak i całego projektu w zadanym terminie

Wady metody PERT to przede wszystkim:

- mała elastyczność metody w trakcie realizacji projektu ze względu na deterministyczny charakter sieci;
- duża subiektywność przy ocenie czasów realizacji zadań.

4. STANDARDY ORAZ SYSTEMY KOMPUTEROWE ZARZĄDZANIA PRZEDSIĘBIORSTWEM LOGISTYCZNYM

W odniesieniu do planowania obsługiwań technicznych, zbierania informacji o pojazdach oraz planowania utrzymania stanów magazynowych można wskazać istniejące rozwiązania informatyczne wspomagające i zwiększające w znaczny sposób efektywność działania przedsiębiorstw.

4.1. Xpertis „Gospodarka remontowa”

Xpertis „Gospodarka remontowa” jest programem ułatwiającym utrzymanie maszyn i urządzeń oraz innych środków trwałych w należytym stanie technicznym i stałej gotowości do pracy. Poprawia jakość działania sprzętu poprzez ograniczanie przerw produkcji.

Brak opóźnień dostaw, to rosnąca baza odbiorców i brak kosztów spowodowanych opóźnieniami. Sprawność maszyn i urządzeń to także bezpieczeństwo pracy.

Xpertis Gospodarka remontowa jest rozwiązaniem wspierającym:

- planowanie remontów, przeglądów i prac konserwatorskich;
- kontrolę terminów serwisu gwarancyjnego oraz ważności ubezpieczeń;
- obsługę zgłoszeń napraw, ewidencję zdarzeń związanych z zasobami sprzętowymi;
- ewidencję kosztów remontów;
- obsługę kart drogowych dla taboru samochodowego;

Program zapewnia możliwość kontroli i weryfikacji wszystkich zgłoszeń awarii i wniosków o modernizację, które mogą być przyjęte lub odrzucone po przeanalizowaniu kosztów.

Plany remontów uwzględniają wszystkie zgłoszenia, przeglądy cykliczne oraz prace konserwatorskie. Przygotowany na tej podstawie budżet zabezpiecza przedsiębiorstwo przed nieprzewidywanymi wydatkami. Osoba pełniąca rolę koordynatora ds. zasobów monitoruje zdarzenia, zgłoszenia, stan prac, plany związane z remontami.

Poprawność działania maszyn, urządzeń, a także środków transportu dzięki systematycznie realizowanym przeglądom, zapewnia wysoką jakość dostarczanych na rynek produktów i usług, a także bezpieczeństwo pracy oraz działanie zgodne z normami ochrony środowiska. Zmniejszenie kosztów eksploatacji środków transportu możliwe jest dzięki stałemu monitoringowi celów wyjazdów, kosztów paliwa i materiałów eksploatacyjnych oraz czasów pracy kierowców i pojazdów.

Rozwiązanie należy do klasy CMMS (Computerised Maintenance Management System) czyli systemów przeznaczonych do wsparcia utrzymania ruchu w firmach produkcyjnych. Jest częścią rozwiązania Xpertis, dzięki czemu zarządzanie majątkiem trwałym możliwe jest od planowania ich zakupów w procesie budżetowania poprzez jego amortyzację, harmonogramowanie produkcji, aż do opisanych powyżej remontów [6].

4.2. Menedżer Pojazdów 1.0.14.

Menedżer Pojazdów 1.0.14. to program wspomagający zarządzanie i obsługę pojazdów w firmie. Menedżer Pojazdów umożliwia ewidencjonowanie pojazdów, kierowców, przejazdów (tzw. kilometrówka), dokumentów, napraw, wyposażenia oraz kart paliwowych. Zawiera kartotekę celów wyjazdów, tras, kosztów, stawek ryczałtu. Umożliwia dokonywanie wnikliwej analizy ponoszonych kosztów, np. zużycia paliwa, a także kontrolę terminów ubezpieczeń, przeglądów, napraw, wymiany wyposażenia itp. Udostępnia kilkanaście różnorodnych raportów, zestawień i analiz według kierowców, pojazdów czy kart paliwowych. Wyposażony jest także w przydatne dodatki takie jak: tabela odległości między miastami, książka adresowa i katalog banków.

4.3. APICS The Association for Operations Management

APICS The Association for Operations Management (Stowarzyszenie dla zarządzania operacyjnego) – organizacja non-profit zajmująca się standaryzacją metod sterowania produkcją znanych pod nazwą MRP i MRPII [7]. Została założona w 1957 roku, jako American Production and Inventory Control Society (amerykańskie stowarzyszenie sterowania produkcją i zapasami).

Standardy APICS to:

- planowanie zapotrzebowania materiałowego (MRP, ang. material requirements planning) – podstawowy standard sterowania produkcją i zapasami na podstawie zadanych harmonogramów produkcji opracowany na przełomie lat 60. i 70. XX wieku.

– planowanie zasobów wytwórczych (MRP II, ang. manufacturing resource planning), to zbiór algorytmów planowania i zarządzania wszystkimi zasobami przedsiębiorstwa produkcyjnego, powstały w latach 80. z rozwinięcia standardu MRP.

Aktualnie do standardu zalicza się takie elementy jak: obsługa zamówień, harmonogramowanie produkcji, rozwinięcia struktur materiałowych, marszruty i gniazda robocze, kontrolę zapasów, MRP, kontrolę produkcji (tzw. warsztatową), planowanie zdolności produkcyjnych, analizy kosztów, księgowanie zleceń produkcyjnych, obsługa należności, elektroniczna wymiana dokumentów, raportowanie dla kierownictwa [8].

PODSUMOWANIE

Współczesne potrzeby stwarzają duże wyzwania dla systemów logistycznych przedsiębiorstw. Jednym z podsystemów wymagających zwrócenia dużej uwagi jest system obsługowy, gwarantujący realizację zadań w określonym czasie i utrzymanie wystarczającej floty pojazdów do wykonania zadania bez opóźnień, a nawet z pewną dozą zapasu dająca elastyczność działania. Nie bez znaczenia jest w tym przypadku kwestia kosztów. Jednym z bardzo efektywnych sposobów na większą elastyczności systemu jest gromadzenie danych do baz, które mogą być źródłem informacji do prowadzenia analiz – w krótszym czasie – dotyczących możliwości wykorzystania warsztatów czy prawdopodobieństwa wystąpienia zakłócenia w postaci konieczności wykonania naprawy lub obsługi. Taka wiedza pozwala uchronić użytkownika czy w przypadku wojska np. pododdział od nieoczekiwanego zakłócenia w czasie prowadzenia specyficznych działań wojskowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Brzeziński M., *Modelowanie systemu remontu techniki wojsk lądowych*. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2010.
2. Drelichowski L., Bojar W., Żółtowski M., *Elementy zarządzania eksploatacją maszyn*. Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy 2012.
3. Macha E., *Niezawodność maszyn*. Politechnika Opolska, Opole 2001.
4. *Instrukcja Zarządzania Eksploatacją Uzbrojenia i Sprzętu Wojskowego w Siłach Zbrojnych RP*. DD/4.22.13 / Ministerstwo Obrony Narodowej. Inspektorat Wsparcia Sił Zbrojnych. Bydgoszcz : MON, 2013.
5. *Katalog norm eksploatacji techniki lądowej*. DU-4.22.13.1 – Załącznik do decyzji Nr 69 /Log./P4 z dnia 30 października 2014 r.
6. <http://zalcom.pl/pl/macrologic-erp-gospodarka-remontowa>
7. <http://www.apics.org/>
8. <https://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=APICS&action=edit§ion=1>

Military vehicle maintenance system – ability of development

In presented article rough outline of military vehicle maintenance system and ability of development maintenance system was depicted in way allowing getting better effectiveness, higher flexibility of system in case of some disturbances concurrently declining cost generated by system. Moreover it was shown how to collect wide information regarding data of vehicle repairing and simultaneously optimizing the number of personnel necessary to keep system the most effective condition – in this case transportation unit.

Autorzy:

dr hab. inż. **Józef Pszczółkowski**, prof. WAT – Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Wydział Mechaniczny: 00-908 Warszawa: ul. Gen. S. Kaliskiego 2. Tel 261 837 206, email: jozef.pszczolkowski@wat.edu.pl

mjr mgr inż. **Tomasz Goliasz** – Dowództwo Generalne Rodzajów Sił Zbrojnych, absolwent WAT