

plk dr hab. inż. Mariusz ZIEJA  
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych  
tel.: 512-105-249  
e-mail: mariusz.zieja@itwl.pl

Warszawa, 28.10.2018

## **RECENZJA**

ROZPRAWY DOKTORSKIEJ OPRACOWANEJ PRZEZ  
PPŁK. MGR. INŻ. TOMASZA IWANA

nt.:

### **ZASTOSOWANIE METOD OPTIMALIZACJI DO OKREŚLANIA WIELKOŚCI ZAPASÓW CZĘŚCI ZAMIENNYCH W TECHNICIE LOTNICZEJ**

*wykonana na zlecenie Dziekana Wydziału Lotnictwa  
Lotniczej Akademii Wojskowej*

## **OCENA STRONY METODYCZNEJ ROZPRAWY**

### **1. Układ rozprawy**

Rozprawa doktorska liczy 139 stron, jest podzielona na wprowadzenie, 5 rozdziałów oraz podsumowanie. Praca zawiera 58 rysunków, 7 tabel i 1 załącznik. Bibliografię stanowi 56 pozycji o charakterze poznawczym obejmującym materiał badawczy rozprawy.

Autor podjął bardzo aktualny w chwili obecnej temat dotyczący wyznaczania wielkości zapasów części zamiennych w procesie eksploatacji wojskowych statków powietrznych. Przedstawiona do recenzji rozprawa poświęcona została tematyce sterowania wielkością zapasów w procesach zaopatrywania oraz ich wpływowi na niezawodność obiektów technicznych, takich jak sprzęt lotniczy. Niejednokrotnie można się zetknąć z nadmiernymi zasobami surowców, materiałów, części zamiennych, produkcji w toku czy wyrobów gotowych, które gromadzone są w poszczególnych punktach systemu zaopatrywania. Koszty ich utrzymania mogą stanowić nawet 50% rocznych kosztów utrzymania w przedsiębiorstwach przemysłowych, stąd też sprawne i precyzyjne zarządzanie

nimi, daje podmiotom wymierne, również ekonomiczne korzyści. Problem gospodarki materiałowo-technicznej dotyczy nie tylko podmiotów prowadzących działalność produkcyjną, handlową lub usługową, ale też obejmuje jednostki wojskowe, których zasadniczym zadaniem jest działalność szkoleniowa z wykorzystaniem uzbrojenia i sprzętu wojskowego. Podjęta tematyka pracy jest zatem związana z potrzebą zwiększenia efektywności planowania zaopatrzenia w części zamienne do techniki lotniczej w celu maksymalnego zabezpieczenia powstających potrzeb, przy możliwie niskich stanach magazynowych. Problematyka pracy porusza niezwykle istotne zagadnienie prognozowania potrzeb technicznych środków materiałowych do samolotów i śmigłowców w dłuższych horyzontach czasowych, w oparciu o dane statystyczne o ich zużyciu w latach poprzednich. Zasadnicza kwestia podnoszona w pracy to zapewnienie jak największej dostępności części zamiennych, w konsekwencji zwiększenie sprawności technicznej sprzętu lotniczego (niezawodności) oraz uniknięcie nadmiernych, martwych zapasów magazynowych.

Doktorant wykorzystując powszechnie stosowane w analizach ekonomicznych metody ABC i XYZ oraz opracował algorytm pozwalający na wyznaczenie wielkości zapasów części zamiennych na podstawie niezawodnościowych modeli probabilistycznych. W świetle analizy światowej literatury zagadnienia uważam, że rozprawa płk. mgr. inż. Tomasza IWANA jest oryginalnym osiągnięciem autora i wnosi wartościowe elementy w nurt badań nad optymalizacją wielkości zapasów w procesach zaopatrywania oraz ich wpływu na niezawodność obiektów technicznych.

Przyjmując, że rozdziały 2, 3, 4, 5 i 6 (119 stron) stanowią zasadniczą część rozprawy, stwierdzam, że proporcje pomiędzy jej częściami merytorycznymi są prawidłowe. Treść pracy nawiązuje w sposób właściwy do jej tytułu, a nazwy rozdziałów przedstawiają spójną całość dając syntetyczny pogląd na rozważaną treść.

Doktorant słusznie zauważył, że we współczesnej literaturze przedmiotu podejmuje się niejednokrotnie ogólną tematykę sterowania zapasami w przedsiębiorstwach, ale problematyka prognozowania w zakresie części zamiennych jest rzadziej podejmowana, a w odniesieniu do wojskowej techniki lotniczej brak jest efektywnych zintegrowanych narzędzi materiałowego wsparcia eksploatacji. Na podstawie przeprowadzonego studium literatury problemu Doktorant stwierdził, że w instrukcjach branżowych MON brak jest precyzyjnej metodologii ustalania wielkości zapasów użytku bieżącego dla części zamiennych (instrukcje wojskowe nakazują jedynie prowadzenie zabiegów konserwacyjnych przechowywanych części i podzespołów lotniczych, ale z drugiej strony istnieje ryzyko przeterminowania i przeklasyfikowania materiałów ze względu na starzenie naturalne

z powodu braku popytu na określony asortyment). W dostępnej literaturze przedmiotu bardzo często w gospodarce magazynowej i zarządzaniu zapasami znajduje zastosowanie metoda ABC. Pozwala ona wyróżnić materiały, które będą dla firmy najbardziej istotne. Podział materiałów na odpowiednie grupy jest najważniejszy z punktu widzenia sprawnego działania przedsiębiorstwa. Metodę ABC można rozszerzyć o klasyfikację XYZ, co jest niezbędne do zbadania regularności zużycia materiałów. Powyższa analiza jest swego rodzaju rozszerzeniem Zasady Pareto, która w 1951 roku została opracowana przez amerykańskiego teoretyka zarządzania Josepha Juran'a a jej nazwa pochodzi od włoskiego ekonomisty i socjologa Vilfreda Pareto. Całkowicie zgadzam się również ze stwierdzeniem Doktoranta, że zastosowanie modeli matematycznych i elementów statystyki wydaje się nieodzowne w prognozowaniu wielkości zapasów części zamiennych w procesie eksploatacji wojskowych statków powietrznych.

Na podstawie analizy literatury w zakresie eksploatacji techniki lotniczej, metod matematycznego modelowania, niezawodności sprzętu techniki lotniczej Doktorant jako cel swoich badań przedstawił:

- określenie rozkładu prawdopodobieństwa zapotrzebowania na wybrane części i podzespoły oraz wyznaczenie parametrów rozkładu,
- określenie poziomu bezpieczeństwa zapasów części lotniczych dla poszczególnych grup asortymentowych przy założonym prawdopodobieństwie zabezpieczenia potrzeb,
- identyfikację części zamiennych strategicznych oraz umożliwienie zarządzania na podstawie analizy poziomu rotacji oraz awaryjności w okresach wcześniejszych,
- określenie regularności popytu na części i podzespoły oraz zakwalifikowanie asortymentu do odpowiednich grup materiałowych.

W swojej pracy Doktorant położył główny nacisk na opracowanie optymalnej metody planowania wielkości zapasów części zamiennych i podzespołów techniki lotniczej. W zamiarach doktoranta opracowany algorytm powinien pozwalać na obniżenie sumarycznych kosztów, redukcję prawdopodobieństwa braków materiałowych oraz racjonalne planowanie i organizację eksploatacji wojskowych statków powietrznych. Ze szczególną uwagą potraktował niepewność w zarządzaniu logistycznym, która jest zagadnieniem często poruszonym w teorii zarządzania zapasami. W przypadku maszyn i urządzeń, zapotrzebowanie na części zamienne i materiały eksploatacyjne będzie uzależnione od niezawodności technicznej, która jest wielkością charakteryzującą zdolność sprzętu do spełniania postawionych zadań. Zatem, niepewność i zmienność popytu będzie

inicjowała decyzje w zakresie planowania zapasów i ich późniejszej dystrybucji. W ramach pracy Doktorant zastosował stochastyczne podejście do ustalania odpowiedniej polityki uzupełniania zapasów i założył, że popyt jest zmienną losową (funkcją odwzorowującą pewne zdarzenie losowe w zbiór liczb rzeczywistych). Parametry rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej ustalił na podstawie danych historycznych kształtowania się popytu. W następstwie, dzięki znajomości rozkładu prawdopodobieństwa i jego parametrów wyznaczył wzajemne relacje pomiędzy zapasem bezpieczeństwa a poziomem obsługi klienta. Powyższe relacje zostały przez Doktoranta wyrażone poprzez wyznaczenie niezbędnego poziomu zapasu bezpieczeństwa dla zapewnienia wymaganego poziomu obsługi.

Uważam, że praca doktorska ppłk. mgr. inż. Tomasza IWANA mieści się w jednym z głównych nurtów prac związanych z rozwojem systemów eksploatacji wojskowych statków powietrznych i wnosi znaczący wkład w rozwój metod sterowania zapasami części zamiennych w technice lotniczej.

## 2. Metoda opracowania

Ze względów metodycznych całość rozprawy można podzielić na: część metodologiczną oraz część teoretyczno-numeryczną.

**Część metodologiczna** obejmuje wprowadzenie (rozdział 1) oraz rozdział 2 (6 stron), w której Autor przedstawił genezę podjętych badań, tezę naukową, sformułował cele pracy, ocenił stan wiedzy dotyczący zakresu merytorycznego rozprawy, określił przedmiot i zakres pracy.

**Część teoretyczno-numeryczna** obejmuje rozdziały 3, 4, 5, 6 (117 stron), w której doktorant:

- przedstawił procesowe podejście do modelowania zapasów części zamiennych w systemie eksploatacji wojskowych statków powietrznych;
- przeanalizował modele sterowania zapasami oraz metody ich optymalizacji w aspekcie ekonomicznym i niezawodnościowym;
- przeanalizował stochastyczne podejście do problematyki sterowania zapasami i przedstawił matematyczny model w sterowaniu zapasami części zamiennych;
- opracował metodę optymalizacji do określania wielkości zapasów części zamiennych w procesie eksploatacji wojskowych statków powietrznych;
- przedstawił analizy numeryczne przebiegu eksploatacji sprzętu lotniczego w latach 2014-2016;

- przedstawił wyniki analiz predykcyjnych dla wielkości zapasów części zamiennych wojskowych statków powietrznych w latach 2014-2016.

Pracę kończy **podsumowanie**, w którym Doktorant odniósł się do własnych dokonań naukowych formułując wnioski, przedstawił ocenę wyników przeprowadzonych badań oraz załącznik, w którym zamieszczone zostały wyniki przeprowadzonych analiz predykcyjnych. Pracę zamyka spis literatury.

Podjęty przez Doktoranta problem badawczy został sformułowany poprawnie, tak pod względem obszaru merytorycznego, jak i głębi prowadzonych rozważań. Z punktu widzenia określonych celów, przyjęta koncepcja badań jest w pełni uzasadniona, a zastosowane narzędzia i metody badawcze są do niej adekwatne. Stwierdzam, że zarówno materiał badawczy jak i literaturowy został przez Autora rozprawy wykorzystany poprawnie. na podstawie treści pracy można w sposób jednoznaczny ocenić wkład własny Doktoranta np.:

- opracowanie niespotykanego w dostępnej literaturze przedmiotu algorytmu optymalnego planowania wielkości zapasów części zamiennych i podzespołów w procesie eksploatacji wojskowych statków powietrznych;
- numeryczna weryfikacja opracowanego modelu optymalizacji wielkości zapasów części zamiennych na podstawie rzeczywistych danych z procesu eksploatacji wojskowych statków powietrznych;
- wskazanie kierunków optymalizacji części zamiennych w przypadku techniki lotniczej w obszarze ekonomicznym i niezawodnościowym;
- opracowanie analitycznych zależności pomiędzy strategią eksploatacji wojskowych statków powietrznych a wielkością zapasów części zamiennych.

### 3. Metoda wykładu

Praca jest ilustrowana 58 rysunkami, w większości wykonanymi czytelnie i jednoznacznie oraz logicznie wplecionymi w treść wykładu. Ułatwia to zrozumienie prezentowanych przez Autora rozważań. Treści poszczególnych rozdziałów zachowują właściwą kolejność logiczną i tworzą spójną całość. Praca jest napisana w sposób staranny poprawnym językiem. Zdarzają się w niej jednak drobne usterki edytorskie i techniczne.

Reasumując stwierdzam, że pod względem metodycznym praca zawiera następujące

**a) niedociągnięcia:**

- zbyt uboga bibliografia przedmiotu zawierająca pozycje literaturowe tylko w języku polskim;
- w analizie literaturowej pominięto najnowsze publikacje zamieszczone w bazie Web of Science;
- słaba jakość graficzna rysunków 5.3 i 5.4;

**b) zalety rozprawy:**

- zastosowanie efektywnej i oryginalnej w odniesieniu do procesu eksploatacji wojskowych statków powietrznych metody optymalizacji wielkości zapasu części zamiennych;
- oryginalne i bardzo ciekawe wyniki obliczeń numerycznych przedstawiające prognozowane wielkości zapasów części zamiennych w latach 2014-2016.

## **OCENA STRONY MERYTORYCZNEJ ROZPRAWY**

Przedmiotem rozprawy doktorskiej płk. mgr. inż. Tomasza IWANA było zastosowanie metod optymalizacji do określania wielkości zapasów części zamiennych w technice lotniczej. Doktorant w swojej pracy podjął próbę matematycznego modelowania w sterowaniu zapasami części zamiennych. Kluczową kwestią był dobór odpowiedniego modelu matematycznego, który odwzoruje przestrzeń losową w sposób najbliższy rzeczywistości logistycznej i eksploatacyjnej. W celu prawidłowego ukształtowania zapasu bezpieczeństwa (zabezpieczającego), niezbędne było poznanie rozkładu popytu w ogólnym cyklu uzupełniania zapasu. Elementy statystyki matematycznej umożliwiają skuteczną identyfikację trendów oraz elementów sezonowości popytu na materiały, a niepewność w planowaniu potrzeb materiałowych można zasadniczo zredukować do odchyżeń przypadkowych (niemożliwych do wyeliminowania lub nawet niejednokrotnie do przewidzenia). Doktorant opracował algorytm optymalnego planowania wielkości zapasów części zamiennych i podzespołów techniki lotniczej, który uwzględnia w jak największym stopniu warunki zewnętrzne związane ze zróżnicowaną intensywnością użytkowania samolotów i śmigłowców, stopniem wyeksploatowania poszczególnych egzemplarzy sprzętu oraz funkcjonującymi systemami eksploatacji. W swojej rozprawie Doktorant zapasy części zamiennych w przypadku techniki lotniczej optymalizuje w aspekcie ekonomicznym

i niezawodnościowym. Poziom ekonomiczny sprowadza się zasadniczo do analizy ABC oraz XYZ. Posortowanie oraz przydział materiałów do poszczególnych grup umożliwia prognozowanie zużycia części i osiągnięcie optymalnego zapasu z logistycznego i kosztowego punktu widzenia. Dążąc jednak do zapewnienia jak największej dostępności technicznych środków materiałowych, a przez to do zapewnienia jak największej sprawności sprzętu techniki lotniczej, w dalszej fazie Doktorant konsekwentnie stosuje niezawodnościowe kryterium optymalizacji.

Po zapoznaniu się z treścią pracy chciałbym podjąć polemikę z Autorem nad zaprezentowanymi przez niego wybranymi rozważaniami i opiniami:

1. Odnosząc się do semantycznej struktury pracy stwierdzam, że niejednoznacznie zdefiniowano podstawowe pojęcia dotyczące procesów logistycznych, np.: „zaopatrywanie” i „zaopatrzenie”. Czytając pracę odnosi się wrażenie, że zaopatrzenie i zaopatrywanie to synonimy (s. 6 - „pozwalają na **sterowanie procesem zaopatrzenia**”, s. 6 - „Niniejsze opracowanie poświęcono tematyce sterowania wielkością zapasów **w procesach zaopatrzenia**” lub s. 11 - „Dlatego też termin ten obejmuje wszelkie **procesy zaopatrzeniowe**, magazynowe, dystrybucji wewnętrznej i zewnętrznej, transportowe, opakowaniowe, informacyjno-decyzyjne oraz pozostałe”);
2. Uważam, że pracę wzbogaciłyby także analizy numeryczne modelujące zużywanie części innymi rozkładami niż tylko rozkładem Poissona. Proszę uzasadnić wykorzystanie rozkładu Poissona;
3. W przedstawionych analizach numerycznych przyjęto współczynnik bezpieczeństwa  $\omega=1,5$ . Proszę wyjaśnić wielkość przyjętego współczynnika w kontekście rozważań przedstawionych na stronie 55.

## PODSUMOWANIE

Przedstawiona do recenzji rozprawa jest ciekawa i nowatorska. Autor wykazał się szeroką wiedzą i bogatym doświadczeniem w badanej problematyce. Potrafił wyodrębnić najistotniejsze problemy badawcze oraz określić sposoby i metody adekwatne do ich rozwiązania.

Za najistotniejsze osiągnięcia Doktoranta uważam:

- **opracowanie algorytmu optymalnego planowania wielkości zapasów części zamiennych i podzespołów techniki lotniczej, który uwzględnia w jak największym stopniu warunki zewnętrzne związane ze zróżnicowaną intensywnością użytkowania samolotów i śmigłowców, stopniem wyeksploatowania poszczególnych egzemplarzy sprzętu oraz funkcjonującymi systemami eksploatacji;**
- **opracowanie modeli probabilistycznych i ich praktyczne wykorzystanie do oceny efektywności gospodarki materiałowej oraz funkcjonowania systemu eksploatacji pod kątem niezawodności technicznej.**

Bez wątpienia praca doktorska została wykonana samodzielnie i wnosi wkład w rozwój badań nad optymalizacją wielkości zapasów w procesach zaopatrywania oraz ich wpływowi na niezawodność obiektów technicznych takich jak sprzęt lotniczy. Wiedza zdobyta na podstawie analiz dokonanych za pomocą opracowanego przez Doktoranta algorytmu oraz modeli probabilistycznych pozwala na dogłębną ocenę zdolności organizacyjnej systemu eksploatacji sprzętu wojskowego w latach 2014-2016.

Reasumując uważam, że rozprawa doktorska płk. mgr. inż. Tomasza IWANA pt.: „Zastosowanie metod optymalizacji do określania wielkości zapasów części zamiennych w technice lotniczej” **spełnia warunki** określone w art. 13 „Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami).

W związku z powyższym:

**stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie  
pplk. mgr. inż. Tomasza IWANA do jej publicznej obrony.**



plk Mariusz Zieja