

## WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW WSPARCIA EKSPLOATACJI STATKÓW POWIETRZNYCH DO WYKONANIA SYMULACJI KOMPUTEROWEJ ICH PROCESU EKSPLOATACJI

### Streszczenie

*W artykule został przedstawiony algorytm uzyskania harmonogramu dostaw części zamiennych dla floty statków powietrznych z dokładnym opisem propozycji wykorzystania danych zbieranych podczas procesu eksploatacji samolotów w systemach informatycznych wspierających ten proces. W artykule zostały przedstawione też wyniki działania algorytmu uzyskania harmonogramu zapasów dla przykładowych danych testowych.*

### WSTĘP

Statki powietrzne są złożonymi obiektami technicznymi, w których ze względu na wymóg wysokiej niezawodności eksploatacji jest wykonywanych wiele wymian profilaktycznych agregatów. Zachowanie wysokiego stanu technicznego tych obiektów wymaga przestrzegania szczegółowych instrukcji przygotowanych przez producenta oraz dostosowania częstotliwości wymiany elementów do warunków użytkowania i obciążenia obiektu. Dostosowanie metod obsługi i wymian profilaktycznych do rzeczywistego stanu technicznego zasobu jest przedmiotem wielu badań [1, 2], w których naukowcy starają się dla każdego zasobu opracować model eksploatacji, zapewniający najlepszą niezawodność jego użytkowania. Celem organizacji użytkującej tego typu obiekty techniczne jest zwiększanie ich czasu użytkowania, utrzymanie gotowości eksploatacyjnej na odpowiednim poziomie, przy jednoczesnym racjonalnym gospodarowaniu funduszami przeznaczonymi na wykonanie wymaganych obsług i wymian. W procesie eksploatacji takich obiektów technicznych pojawia się problem wydłużania się czasu wykonywania

obsług, przeglądów i napraw ze względu na coraz dłuższe oczekiwania na dostawy części zamiennych. Wielkość utrzymywanych zapasów części zamiennych jest często ograniczona ze względu na dostępny budżet lub możliwości techniczne [3].

Opisana poniżej metoda uzyskania i optymalizacji harmonogramu dostaw części zamiennych przeznaczona jest dla obiektów technicznych, w których bezpieczeństwo eksploatacji jest bardzo ważne, dostępne są informacje na temat procesu eksploatacji oraz czas oczekiwania na dostarczenie części zamiennych jest nieakceptowalny, co wymusza wcześniejsze planowanie dostaw. Przykładowym obiektem technicznym spełniającym powyższe kryteria jest statek powietrzny i na jego przykładzie została opisana metoda wykorzystania danych ewidencjonowanych w informatycznych systemach wsparcia eksploatacji samolotów do przygotowania danych wejściowych do symulacji ich procesu eksploatacji [4].

### 1. SYMULACJA KOMPUTEROWA PROCESU EKSPLOATACJI STATKU POWIETRZNEGO

Symulacja komputerowa jest wykorzystywana w celu poznania i weryfikacji zmian, jakie nastąpią w organizacji po wdrożeniu planowanego projektu [5, 6]. Za pomocą symulacji komputerowej można także zaprezentować modele złożonych układów obiektów w celu dobrego ich rozpoznania oraz zrozumienia zależności pomiędzy poszczególnymi obiektami [7, 8], które później zostaną wykorzystane w celu zaplanowania przyszłych działań [9, 10]. Sta-

tek powietrzny jest złożonym obiektem technicznym, a symulacja komputerowa jego procesu eksploatacji może zostać wykorzystana między innymi do następujących analiz:

- przygotowanie planu wykonywania obsług i wymian profilaktycznych,
- przygotowanie danych w zakresie zużycia części wynikającego z ich niesprawności,
- przygotowanie harmonogramu dostaw części zamiennych,
- określenie wpływu zmian rodzaju eksploatacji pojedynczego lub grupy statków powietrznych na wykonane analizy i plany operacyjne.

Poniżej opisano przygotowanie danych do symulacji komputerowej procesu eksploatacji floty statków powietrznych w celu uzyskania harmonogramu dostaw części zamiennych. W modelu procesu eksploatacji zostały uwzględnione następujące elementy:

- stan techniczny statku powietrznego i agregatów na nim zamontowanych,
- program obsług i wymian profilaktycznych wraz z określeniem prognoz ich wykonania,
- profil eksploatacji każdego analizowanego statku powietrznego – intensywność i rodzaj eksploatacji.

#### 1.1. Przygotowanie danych wejściowych o profilu eksploatacji statków powietrznych

Poniżej zostanie opisana metodyka przygotowania danych wejściowych do symulacji procesu eksploatacji floty statków powietrznych na podstawie danych ewidencjonowanych w dwóch systemach wsparcia ich eksploatacji: SIWESF-16 i system SAMANTA [4].

Dla każdego statku powietrznego prowadzona jest ewidencja pracy przez niego wykonanej w zakresie przypisanych wszystkich parametrów eksploatacyjnych. Dzięki tej ewidencji i wsparciu przez systemy informatyczne możliwe jest stałe aktualizowanie liczników tych parametrów dla każdego agregatu zamontowanego na statku powietrznym.

W SIWESF-16 aktualizacja parametrów eksploatacyjnych wykonywana jest przy wykorzystaniu informatycznej implementacji Planowej Tabeli Obsługi Lotów (PTOL), której widok został przedstawiony na rysunku nr 1. PTOL nie tylko ułatwia ewidencję danych z przebiegu szkolenia lotniczego w jednostce, ale także umożliwia automatyzację uaktualniania stanu technicznego każdego statku powietrznego oraz agregatów na nim zamontowanych. Po wykonaniu lotu, przy wykorzystaniu PTOL dla każdego samolotu wypełniane jest sprawozdanie po lotach (przedstawione na rysunku nr 2), którego celem jest zaewidencjonowanie wszystkich wartości parametrów eksploatacyjnych wykorzystanych podczas lotów. Dodane

dla samolotu wartości parametrów w chwili akceptacji i zamknięcia sprawozdania są kaskadowo duplikowane do liczników tych parametrów na wszystkich zabudowanych agregatach posiadających ten parametr. Następnie automatycznie uaktualniane są prognozy wykonania wymian i obsługi profilaktycznych, statusy agregatów, a w konsekwencji także status statku powietrznego.

W systemie SAMANTA ewidencja nalotu, a w konsekwencji zużycie ресурсu statków powietrznych wykonywana jest przy wykorzystaniu formularza dodawania wylotu/próby dla samolotu/śmigłowca, na którym ewidencjonowane są wartości parametrów eksploatacyjnych dla płatowca i agregatów głównych (np. silnik, przekładnia). W ramach tej ewidencji system informatyczny wykonuje wszystkie przeliczenia zgodnie ze zasadami zdefiniowanymi przez producenta, w celu wyznaczenia wartości parametrów eksploatacyjnych. Na podstawie wyników obliczeń następuje dopisanie czasu pracy wszystkim urządzeniom wchodzącym w skład agregatów głównych, które posiadają ograniczenia ресурсowe i/lub obsługowe. Zarówno wyniki cząstkowe jak i wartości nalotu całkowitego są wykorzystywane do wyznaczenia prognoz wykonania

obsług profilaktycznych i wykorzystania zasobów.

Dzięki ewidencji przyrostu parametrów eksploatacyjnych w systemach wsparcia eksploatacji techniki lotniczej możliwe jest określenie profilu eksploatacji każdego ze statków powietrznych na podstawie danych rzeczywistych. Profil eksploatacji pojedynczego obiektu składa się z określenia intensywności jego wykorzystania oraz rodzaju wykonywanej pracy. Na podstawie zdefiniowanego profilu eksploatacji w symulatorze procesu eksploatacji odzwierciedlana jest rzeczywista eksploatacja samolotów w warunkach specyficznych dla organizacji. Wykorzystanie systemów informatycznych jest szczególnie przydatne, jeśli zbiór statków powietrznych eksploatowany jest przez różnych użytkowników, a plan zakupów części zamiennych wykonywany jest centralnie dla całej floty samolotów. W takiej sytuacji dla każdej grupy samolotów opracowany jest osobny profil eksploatacji.

## 1.2. Przygotowanie danych wejściowych w zakresie struktury statku powietrznego

Dla symulacji procesu eksploatacji w zakresie danych wejściowych

**Planowa Tabela Obsługi Lotów na dzień 2015-09-12**

Id: **81**      Uczestniczące bazy: **31 Baza Lotnictwa Taktycznego**

Wariant: **VFR**      Zadanie dnia: **Szkolenie w VFR**

Etap: **Planowana**      Zatwierdził(a) w dniu:

Numer SP	Gotowość SP do lotu CR	Miejsce postoju SP	Technik SP Id	Wymagana konfigur.	Aktualna konfigur.	C/S	Pilot Id	Pilot 2 Id	Plan. godz. start	Plan. godz. ląd.
4040 Anuluj	?	ID_1	JNICZYJ31	CT1R3 G	CT1CM0A	FOX1	ABRYZEK31		10:00	11:20
4084 Anuluj	?	ID_20	P CZAPSKI31	DT3RFG2 G	DT2B0M0	FOX2	RKALUSKI31	AZEGLN31	10:10	11:10
4043 Anuluj	?	ID_15	LKRUPINS31	CT2RT2F G	CT1CM1	DRAGON	ASAWICKI31		10:15	11:20

[Dodaj wylot](#)

**Zapasowe SP:**

Numer SP	Gotowość SP do lotu CR	Miejsce postoju SP	Technik SP Id	Wymagana konfigur.	Aktualna konfigur.	Użycie samolotu	Uwagi
4058 Anuluj	?	ID_3	ABRYZEK31	CT1FG2 G	C		

Rys. 1. Widok Planowej Tabeli Obsługi Lotów w SIWESF-16. Opracowanie własne.

Praca po dodaniu sprawozdania

PTOL Id: 2015-08-04...      Nazwa: 2015-08-04...

2015-08-04...  
22

F-16C ...  
CT1CBOM1FA  
4047

23  
21

Informacje
Praca
Podsystemy
Karty niesprawności
Praca załogi

Parametr	Nalot	Stan po locie
FH - FLIGHT HOURS	0.3	926
JFS - JFS START	1	82
L - LANDING	1	717
LT&G - LANDING TOUCH & GO	0	28
RF - ROUND FIRED	0	0
FIRE - FIRINGS	0	0
EOT - ENGINE OPERATIONAL TIME	0	0.8

[Wszystkie parametry](#)

Rys. 2. Ewidencja przyrostu parametrów eksploatacyjnych w sprawozdaniu po locie w SIWESF-16. Opracowanie własne.

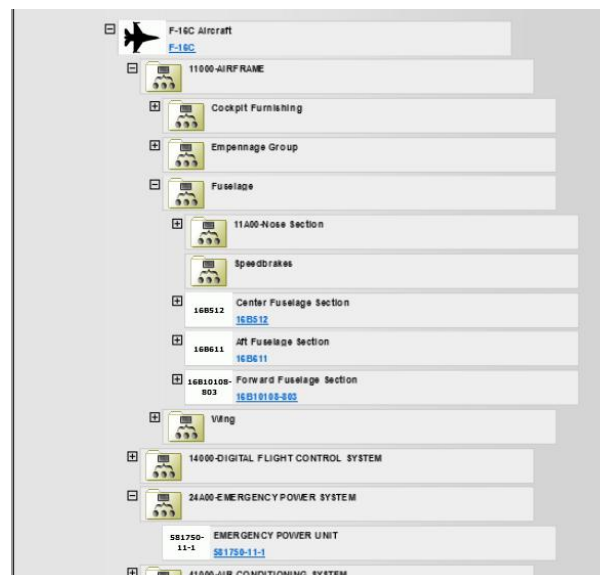
wych wymagana jest dekompozycja statku powietrznego tzw. model cyfrowy wraz z określeniem faktycznego stanu technicznego każdego elementu. Model cyfrowy statku powietrznego budowany jest na podstawie dokumentacji technicznej i obejmuje wszystkie systemy oraz minimum wszystkie agregaty lub części z ograniczeniami resursowymi lub przypisanymi przeglądami profilaktycznymi. Model cyfrowy może być rozszerzony o dowolną ilość elementów składowych i nie ma to wpływu na użytkownie oraz ergonomię systemu.

W SIWESF-16 model cyfrowy został zbudowany w oparciu o założenie, że mają być w nim odzwierciedlone przede wszystkim wszystkie agregaty posiadające obsługi profilaktyczne oraz zdefiniowane obowiązkowe wymiany profilaktyczne (resursy). W modelu cyfrowym można umieścić także agregaty, których termin dostawy jest długi, np. ze względu na ograniczoną ich dostępność na rynku. Dzięki tak zapisanej strukturze wewnętrznej obiektu istnieje możliwość szybkiego przygotowanie zbioru agregatów podlegających symulacji komputerowej. W systemie SAMANTA model cyfrowy (System Dekompozycji Statku Powietrznego) każdego typu samolotu oparty jest o książki pokładowe (zgodnie z zaleceniem producenta) w zakresie wszystkich specjalności i zawarte w nich agregaty. Pomimo innej zasady budowy model cyfrowy w systemie SAMANTA także może zostać wykorzystany do szybkiego przygotowania wymaganych do symulacji danych. Widoki fragmentu prezentacji struktury wewnętrznej obiektu w systemach SIWESF-16 i SAMANTA zostały przedstawione na rysunkach nr 4 i 5.

### 1.3. Przygotowanie danych wejściowych o stanie technicznym statków i agregatów

Dla każdego statku powietrznego oraz agregatu w systemie przechowywany jest ich stan techniczny na który wpływają: zbiór obsług profilaktycznych, zdefiniowane wymiany profilaktyczne oraz terminy ich wykonania dla kryteriów kalendarzowych lub pozostała wartość resursu dla kryteriów wyznaczanych na podstawie parametrów eksploatacyjnych.

Dzięki informacjom ewidencjonowanym w systemach wsparcia możliwe jest szybkie opracowanie definicji wykonywanych obsług profilaktycznych oraz przygotowanie danych o rzeczywistym stanie technicznym statków powietrznych i agregatów. Na rysunku 3. przedstawiony został widok z fragmentem programu obsług profilaktycznych w SIWESF-16, łącznie z informacjami o ostatnim wykonaniu obsługi. Symulacja komputerowa może zostać uruchomiona dla zbioru statków powietrznych opisanego poprzez rzeczywiste i aktualne dane.



Rys. 4. Widok fragmentu modelu cyfrowego w SIWESF-16. Opracowanie własne

Model cyfrowy - Książka płatowca

Wersja: MIG-29M Nr fabryczny: 2960535114 Nr kadłubowy: 114

Rozwiń wszystkie Zwiń wszystkie

Nazwa elementu	Typ agregatu	Kod SDSP	Nazwa elementu strukturalnego w SDSP	
<b>Płatowiec</b>				
<b>Zespół napędowy</b>				
<input type="checkbox"/>	Rama montażowa	RM8ser.4	1155000	KADŁUB SAMOLOTU TYLNA CZĘŚĆ KADŁUBA RAMA MONTAŻOWA RM-8 seria 4
<input checked="" type="checkbox"/>	Układ automatycznej regulacji wlotu powietrza	ARW-29D	1120100	KADŁUB SAMOLOTU OBWÓD ELEKTRYCZNY UKŁADU STEROWANIA DYFUZOREM WLOTOWYM UKŁAD AUTOMATYCZNEJ REGULACJI ARW-29 LEWEGO WLOTU POWIETRZA
<input checked="" type="checkbox"/>	Układ automatycznej regulacji wlotu powietrza	ARW-29D	1120200	KADŁUB SAMOLOTU OBWÓD ELEKTRYCZNY UKŁADU STEROWANIA DYFUZOREM WLOTOWYM

Rys. 5. Widok fragmentu modelu cyfrowego w SAMANTA. Opracowanie własne

Podczas ewidencji wykonania obsług profilaktycznych ewidencjonowana jest wymiana agregatów o niezadowolającym stanie technicznym, która w połączeniu z informacjami o wymianach agre-

Harmonogram obsług dla samolotu

Do schowka Drukuj Zapisz

Pokaż 10 pozycji Szukaj:

Typ	Zlecenie pracy	Częstotliwość + Tolerancja	Ostatnia obsługa		Wykonać za	Następna obsługa
			Wykonano w dniu	Wartość		
CFTS 100 HRS BORESCOPE INSPECTION (LE...		100.0 fhcft	2011-10-19	676.1 fhcft	21.8 fhcft	2015-09-21*
WELD AROUND NACELLE EJECTOR OVERPRESS...		600.0 fh	2011-12-29	607.7 fh	281.3 fh	2016-01-27*
INSPECT ALL INSTALLED TUBING AND HOSE...		600.0 fh	2012-01-03	607.7 fh	281.3 fh	2016-01-27*
WEIGHT AND BALANCE		3 ann(s)	2012-09-27	Brak danych	16 d(s)	2015-09-27
NDI EDDY CURRENT INSPECTION ON ACES I...		3 ann(s)	2012-10-02	Brak danych	21 d(s)	2015-10-02
CFTS 25 HRS BORESCOPE INSPECTION (RIG...		25.0 fhcft	2013-10-08	745.6 fhcft	16.3 fhcft	2015-09-19*

Rys. 3. Parametry wykonania wybranych obsług technicznych samolotu w SIWESF-16. Opracowanie własne.

gatów podczas usuwania niesprawności umożliwia określenie (na podstawie danych historycznych) prawdopodobieństwa wymiany agregatu podczas sprawdzania jego stanu technicznego oraz weryfikację charakterystyki niezawodnościowej agregatu zdefiniowanej przez jego producenta. Połączenie informacji o profilu eksploatacji statków powietrznych oraz terminów wykonania wymian agregatów pozwala określić, jak zmienia się prawdopodobieństwo wymiany każdego typu agregatu w określonym profilu eksploatacji. Wszystkie te parametry służą do opracowania danych wejściowych symulacji procesu eksploatacji statków powietrznych i w konsekwencji uzyskanie wiarygodnego odzwierciedlenia badanego procesu.

## 2. OPRACOWANIE HARMONOGRAMU DOSTAW CZĘŚCI ZAMIENNYCH PRZY WYKORZYSTANIU SYMULACJI PROCESU EKSPLOATACJI

Przygotowanie najlepszego harmonogramu dostaw przy wykorzystaniu komputerowej symulacji procesu eksploatacji floty statków powietrznych jest wykonywane z wykorzystaniem algorytmów genetycznych [11, 12]. W zastosowanym rozwiązaniu pojedynczym elementem jest harmonogram dostaw części zamiennych. Na rysunku nr 6 został przedstawiony schemat uzyskania optymalnego harmonogramu dostaw części zamiennych.

W przedstawionej metodzie symulacja komputerowa procesu eksploatacji zbioru obiektów technicznych została zastosowana do przygotowania puli harmonogramów początkowych, oceny przygotowanych harmonogramów oraz dostarczenia informacji potrzebnych do wykonania ich modyfikacji. Algorytm uzyskania optymalnego harmonogramu dostaw składa się z następujących kroków:

1. Import danych wejściowych: struktura złożonego obiektu technicznego, jego profil eksploatacji, aktualny stan techniczny oraz zasady eksploatacji agregatów, z których złożony jest statek

powietrzny. Aby zapewnić identyczne dane wejściowe, import danych wejściowych wykonywany jest w ramach każdej symulacji.

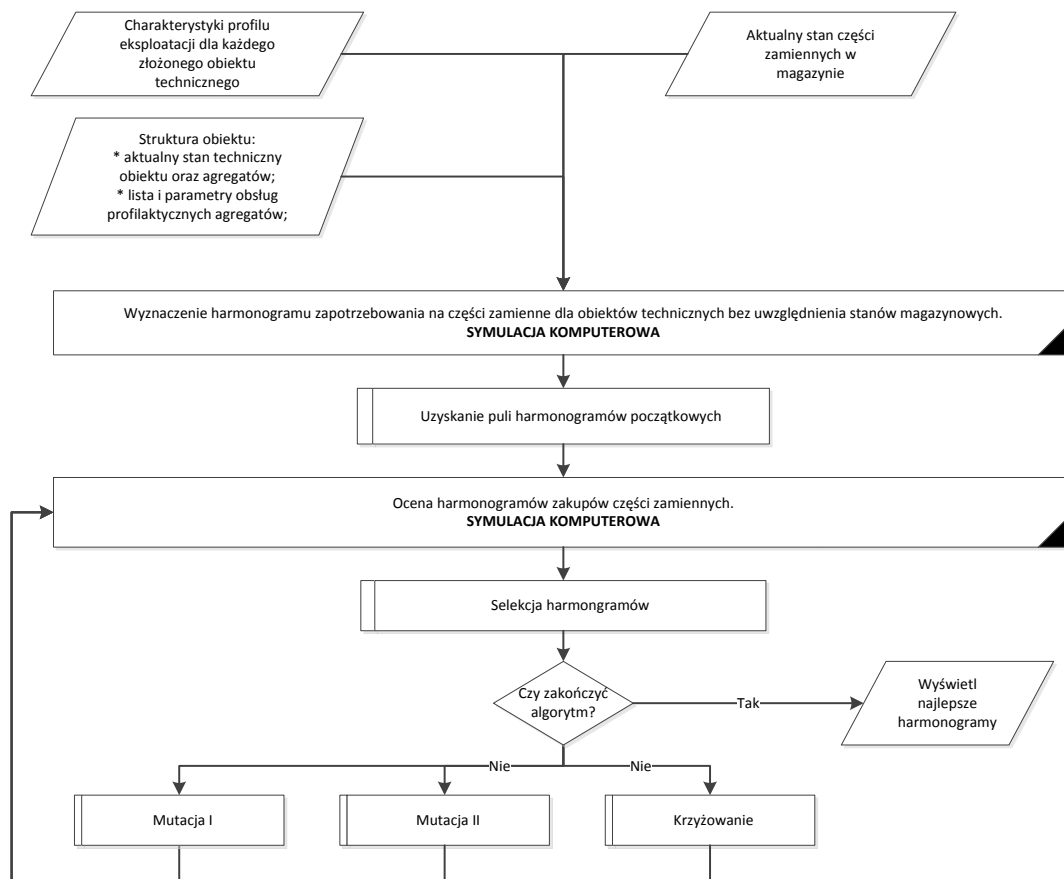
2. Przygotowanie puli harmonogramów początkowych na podstawie wyników symulacji zbioru obiektów technicznych z nieograniczonym magazynem.
3. Ocena harmonogramów zakupów części zamiennych przy wykorzystaniu symulacji komputerowej uwzględniającej stan magazynu przy wymianie części.
4. Tworzenie nowej populacji harmonogramów poprzez ich modyfikację, krzyżowanie i selekcję.

## 3. WYNIKI ZASTOSOWANIA ALGORYTMU UZYSKANIA HARMONOGRAMU DOSTAW CZĘŚCI ZAMIENNYCH NA PRZYKŁADOWYCH DANYCH WEJŚCIOWYCH

Podczas analizy przygotowanych danych wejściowych został opracowany algorytm, który przy zastosowaniu symulacji procesu eksploatacji zbioru statków powietrznych oraz modyfikacji opracowanego harmonogramu za pomocą algorytmów genetycznych pozwala uzyskać optymalny harmonogram dostaw części zamiennych. Przygotowany algorytm automatycznego wyznaczania optymalnego harmonogramu został przedstawiony na rysunku nr 7.

W algorytmie zostały zastosowane następujące parametry jego wykonania:

- generowane są dwa harmonogramy początkowe,
- każdy harmonogram każdorazowo oceniany jest przez trzy symulacje procesu eksploatacji zbioru statków powietrznych,
- w modyfikacji DeleteOrder z harmonogramu usuwane są dostawy, które zostały niewykorzystane we wszystkich trzech symulacjach oceniających,
- w modyfikacji AddOrder są dodawane dostawy, jeśli w mini-



**Rys. 6.** Diagram algorytmu uzyskania harmonogramu dostaw części zamiennych przy wykorzystaniu symulacji komputerowej i algorytmów genetycznych. Opracowanie własne.



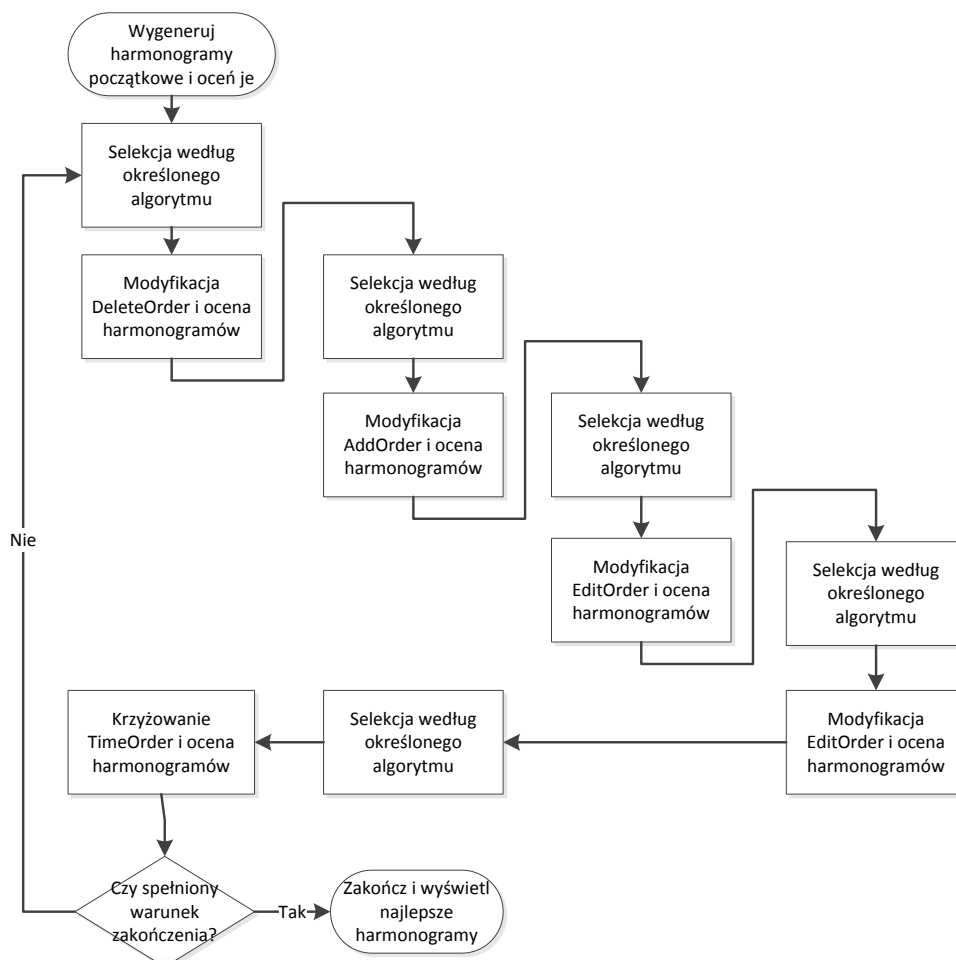
– w modyfikacji EditOrder są modyfikowane zaplanowane terminy dostaw, gdzie nowy termin dostawy jest średnią arytmetyczną z zapotrzebowań zgłoszonych w ramach symulacji oceniających harmonogram,

- punkt krzyżowania w krzyżowaniu TimeOrder wyznaczony jest w połowie czasu, na który planowany jest harmonogram dostaw,
- ocena harmonogramu wykonywana jest za pomocą ważonej sumy czasu niesprawności statków powietrznych oraz czasu przechowywania zasobów w magazynie,
- zakończenie symulacji następuje po czterokrotnym wykonaniu wszystkich kroków algorytmu.

W tabelach 1-3 zostały przedstawione wyniki działania harmonogramów dla dwóch przypadków – danych testowych, w których badane były dwa obiekty składające się z 4 agregatów oraz danych symulujących rzeczywiste, które zawierały wybrany zbiór 38 typów agregatów dla 3 losowo wybranych statków powietrznych.

**Tab. 1.** Najlepszy harmonogram uzyskany w wyniku wykonania automatycznego algorytmu na danych testowych. Opracowanie własne.

H <sub>36</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----



**Rys. 7.** Algorytm automatyczny wyznaczania optymalnego harmonogramu. Opracowanie własne.

Typ 1				2	1	1	1					
Typ 2							1		1			
Typ 3					2			1			1	
Typ 4			2			2				1		

**Tab. 2.** Harmonogram, który posiada drugą najlepszą ocenę z zaznaczeniem zmian w stosunku do harmonogramu najlepiej ocenionego (kolor zielony - zarówno termin jak i liczba dostarczonych egzemplarzy części zamiennych jest identyczny, kolor pomarańczowy - inny jest termin lub liczba egzemplarzy dostarczanych części zamiennych). Opracowanie własne.

H <sub>35</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Typ 1				2	1	1	1					
Typ 2							1		1			
Typ 3					2			1		1		
Typ 4			2			2			2			

**Tab. 3.** Porównanie podsumowania dwóch najlepszych harmonogramów z dwóch eksperymentów dla danych symulujących rzeczywiste (kolorem zielonym zostały oznaczone wiersze harmonogramów, w których w wszystkich czterech przypadkach zostanie

dostarczona ta sama liczba egzemplarzy zasobów). W porównaniu zostały pominięte typy zasobów, dla których nie zostało zaplanowane dostarczenie żadnej części zamiennej.

Harmonogram 1 – Eksperyment 1	Harmonogram 2 – Eksperyment 1	Harmonogram 1 – Eksperyment 2	Harmonogram 2 – Eksperyment 2
Typ 2: 1 sztuka Typ 3: 2 sztuki Typ 4: 1 sztuka Typ 5: 2 sztuki  Typ 7: 1 sztuka Typ 9: 1 sztuka Typ 13: 2 sztuki Typ 14: 1 sztuka Typ 16: 1 sztuka Typ 17: 5 sztuk Typ 18: 2 sztuki Typ 21: 1 sztuka Typ 28: 1 sztuka Typ 30: 2 sztuki	Typ 3: 2 sztuki Typ 4: 1 sztuka Typ 5: 3 sztuki Typ 6: 3 sztuki Typ 7: 1 sztuka Typ 9: 2 sztuki Typ 13: 5 sztuk Typ 14: 2 sztuki Typ 16: 2 sztuki Typ 17: 6 sztuk Typ 18: 2 sztuki Typ 21: 3 sztuk Typ 28: 2 sztuki Typ 30: 4 sztuki Typ 32: 1 sztuka	Typ 1: 1 sztuka Typ 2: 1 sztuka Typ 3: 2 sztuki Typ 4: 1 sztuka Typ 5: 1 sztuka Typ 6: 1 sztuka Typ 7: 1 sztuka Typ 9: 2 sztuki Typ 13: 2 sztuki Typ 14: 1 sztuka Typ 16: 2 sztuki Typ 17: 5 sztuk Typ 18: 2 sztuki Typ 21: 3 sztuki Typ 28: 2 sztuki Typ 30: 4 sztuki Typ 32: 1 sztuka	Typ 1: 1 sztuka Typ 2: 1 sztuka Typ 3: 2 sztuki Typ 4: 1 sztuka Typ 5: 4 sztuki Typ 6: 3 sztuki Typ 7: 1 sztuka Typ 9: 2 sztuki Typ 13: 5 sztuk Typ 14: 2 sztuki Typ 16: 3 sztuki Typ 17: 7 sztuk Typ 18: 2 sztuki Typ 21: 6 sztuk Typ 28: 2 sztuki Typ 30: 4 sztuki Typ 32: 1 sztuka Typ 35: 1 sztuka

## PODSUMOWANIE

Zastosowanie symulacji komputerowej procesu eksploatacji i tworzenie na jej podstawie harmonogramu dostaw części zamiennych pozwala w sposób optymalny zaplanować utrzymanie wysokiego wskaźnika sprawności technicznej eksploatowanych obiektów technicznych.

Analiza i korekta planów z wykorzystaniem opisanej metody pozwalają uwzględnić, wszystkie specyficzne czynniki wpływające na system eksploatacji w konkretnej organizacji, poczynając od geograficznych, pogodowych poprzez obciążenie i zaangażowanie organizacji w przedsięwzięciach z udziałem statków powietrznych.

Symulacje komputerowe z zastosowaniem opisanej metody zapewniają zwiększenie dokładności wyników analizy po uwzględnieniu danych z procesu eksploatacji.

## BIBLIOGRAFIA

1. Tomaszek H., Ważny M., Próba szacowania niezawodności i trwałości urzędzenia z wykorzystaniem modelu błędzenia przypadkowego, Przegląd mechaniczny, nr 1, str. 43-46, 2011.
2. Żurek J., Tomaszek H., Klimaszewski S., Zieja M., Zarys probabilistycznej metody określania trwałości zmęczeniowej wybranych elementów konstrukcji statku powietrznego dla zachowania wymaganego poziomu bezpieczeństwa lotów, Prace Naukowe Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, nr 27, str. 165-183, Warszawa 2010.
3. Praca zbiorowa pod redakcją Żurek J., Wybrane problemy sterowania zapasami, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Radom 2007.
4. Kaleta R., Zieja M., Bryzek A., Informatyczne wspomaganie procesu eksploatacji wojskowych statków powietrznych, Logistyka, nr 6, str. 1291-1300, 2010.
5. Krueger R., Galletly J., Bicheno J., Simulating MRP – A New Perspective for Training, Industrial Management & Data Systems, nr 92, str. 7-13, 1992.
6. Gabriel T., Bicheno J., Galletly J., JIT Manufacturing Simulation, Industrial Management & Data Systems, nr 91, str. 3-7, 1991.
7. Nowicki T., Wrzosek E., Modelowanie, symulacja i analiza systemów klasy klient-serwer, Symulacja w badaniach i rozwoju, nr 3/2010, str. 265 – 278, 2010.
8. Nowicki T., Wrzosek Ł., Symulator do badania własności systemów wieloprocesorowych, Symulacja w badaniach i rozwoju, nr 3/2010, str. 279 – 294, 2010.

9. Elhadaf H., Benmansour R., Allaoui H., Tkiouat M. Artiba A., Preventive maintenance scheduling for a multi-component system and spare parts inventory, Asset Management & Maintenance Journal, 01 2012.
10. Kościelny J. M., Syfert M., Wnuk P., System zaawansowanego monitorowania i diagnostyki procesów przemysłowych 'AMaD', Diagnostyka, nr 3 (39), str. 229-238, 2006.
11. Goldberg D.E., Algorytmy genetyczne i ich zastosowania, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne WNT, 2003.
12. Wierzchoń S., Algorytmy genetyczne, Sztuczne systemy immunologiczne. Teoria i zastosowania., Warszawa, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, 2001.

## USING DATA FROM AIRCRAFT OPERATION IT SUPPORT SYSTEMS TO PERFORM A COMPUTER SIMULATION OF AIRCRAFT OPERATION

### Abstract

*This article describes how the data collected in an IT support system during aircraft operation can be used to develop a delivery schedule of spare parts for an aircraft. The article describes also an algorithm used to create the delivery schedules, and contains schedules developed from test data.*

Autorzy:

mgr inż. **Janusz Niczyj** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Zakład Informatycznego Wsparcia Logistyki – janusz.nicznyj@itwl.pl  
mgr inż. **Anna Bryzek** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Zakład Informatycznego Wsparcia Logistyki – anna.bryzek@itwl.pl