

# Modelowanie procesu działania przyrządów pokładowych statku powietrznego w symulatorze diagnostycznym samolotu M-28

Piotr Golański

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

**Streszczenie:** Artykuł dotyczy problematyki modelowania procesów związanych z działaniem urządzeń pokładowych statku powietrznego. Przedstawiono w nim wyniki prac nad określeniem metody opisu działania przyrządów samolotu PZL M-28 na potrzeby symulatora diagnostycznego. Do opisu działania przyrządów zaproponowano zastosowanie odpowiednio zdefiniowanego języka. Przedstawiono jego składnię i semantykę oraz przykład jego zastosowania do opisu działania wybranych przyrządów. Ponadto przedstawiono sposób wykorzystania tak sformalizowanych opisów w symulatorze diagnostycznym.

**Słowa kluczowe:** samolot M-28, symulator diagnostyczny, języki modelowania procesów

## 1. Wprowadzenie

Symulacja procesów fizycznych realizowana za pomocą specjalizowanego oprogramowania wymaga wcześniejszego określenia odpowiedniego modelu tych procesów. Przedmiotem rozważań niniejszego artykułu jest proces działania urządzeń pokładowych statku powietrznego (SP), rozpatrywany głównie jako proces interakcji zachodzących pomiędzy tymi urządzeniami. Proces taki powinien być odwzorowany w symulatorze diagnostycznym samolotu PZL M-28, który jest obecnie opracowywany w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych we współpracy z Wyższą Oficerską Szkołą Wojsk Powietrznych w ramach projektu UDA-POIG.01.03.01-00-201/09-00 „Opracowanie i badania symulatora diagnostycznego statku powietrznego w technologii wirtualnej” (rys. 1).



**Rys. 1.** Symulator diagnostyczny  
**Fig. 1.** The diagnostic simulator

Zadaniem symulatora diagnostycznego jest umożliwienie szkolenia personelu naziemnego samolotu M-28. W tym celu w symulatorze powinien być odwzorowany proces działania pojedynczych urządzeń pokładowych statku powietrznego oraz proces interakcji pomiędzy nimi.

W modelowanej kabinie samolotu występuje kilkaset elementów (wskaźników, przełączników, lampek, bezpieczników), z których wiele oddziałuje wzajemnie na siebie. Programowa implementacja tak dużej liczby interakcji wymaga opracowania efektywnej metody ich opisu, która pozwalałaby na samodzielne tworzenie opisu działania przyrządów nie tylko przez specjalistów od modelowania ale także, co byłoby rozwiązaniem optymalnym, przez ekspertów z dziedziny budowy i eksploatacji samolotu [5].

W niniejszym artykule zostanie przedstawiona propozycja notacji pozwalającej na opis procesu działania przyrządów. Przedstawiony będzie także sposób wykorzystania tych opisów w symulatorze diagnostycznym.

## 2. Sformułowanie problemu

Wyznaczanie modelu procesu odbywa się na drodze iteracyjnego jego formalizowania i walidacji we współpracy z ekspertami z danej dziedziny przedmiotowej [4]. W przypadku tworzenia modelu procesu działania przyrządów, źródłem wiedzy przedmiotowej jest raport [8] oraz wywiad ze specjalistami z dziedziny budowy i eksploatacji samolotu.

Problem stworzenia sformalizowanego opisu procesu interakcji przyrządów w przypadku samolotu PZL M-28 nie jest problemem trywialnym. Wynika to w głównej mierze z dużej liczby elementów biorących udział w procesie. W tworzeniu opisu tego procesu należy mieć na względzie przede wszystkim to, aby w sposób łatwy można było identyfikować sformalizowane formuły z opisem dostarczonym przez ekspertów [8].

Pomimo że Raport [8] jest opisem działania operatora-człowieka, to jednak wynika z niego pewien schemat działania przyrządów, który można opisać w postaci sekwencji wymuszeń zadanych na pewnych urządzeniach i odpowiedzi innych urządzeń na te wymuszenia. Można to przedstawić w ogólnej postaci:

$$\begin{cases} w_k \\ w_l \\ w_n \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} o_p \\ o_q \\ o_m \end{cases} \quad (1)$$

gdzie:

$w_i$  – wymuszenie na  $i$ -tym urządzeniu,

$o_j$  – odpowiedź na  $j$ -tym urządzeniu.

Podobny schemat występuje m.in. w opisie działania urządzeń diagnostycznych samolotu MiG-29 (np. [7]). W [2] zaproponowano metodę przełożenia tych opisów na język sztucznej inteligencji CLIPS. Zastosowanie tego rozwiązania do opisu działania przyrządów nie jest jednak zasadne z uwagi mało czytelną postać zapisu wyrażeń w CLIPS, co nie pozwalałoby spełnić założenia dotyczącym czytelnej formy tworzonego opisu, o którym wspomniano na wstępie. Ponadto w rozpatrywanym przypadku nie ma potrzeby wykorzystania złożonych mechanizmów języka wykorzystywanego do implementacji systemów ekspertowych.

W przypadku systemów komputerowych, zorientowanych na implementację modeli procesów, konsorcjum OMG opracowało koncepcję architektury sterowanej modelem MDA (Model Driven Architecture). Określa ona standardy modelowania i zarządzania modelami. W ramach tej koncepcji do opisu procesów zostały opracowane specjalizowane narzędzia. Jednym z takich narzędzi jest język modelowania procesów wysokiego poziomu WS-BPEL [6]. Jest to deklaracyjny język znaczników XML, przeznaczony do opisu procesów biznesowych. Inną metodą modelowania procesów jest zastosowanie diagramów maszyny stanowej UML [1] lub kombinowane zastosowanie diagramów UML i obiektowych języków opisu procesu niskiego poziomu [3].

Ze względu na niemożność zastosowania specjalizowanych narzędzi do implementacji modelu działania przyrządów, na obecnym etapie opracowania projektu zaproponowano rozwiązanie zawierające jedynie pewne elementy tej koncepcji takie jak stosowanie kodowania UNICODE oraz schematu XML do zapisu danych.

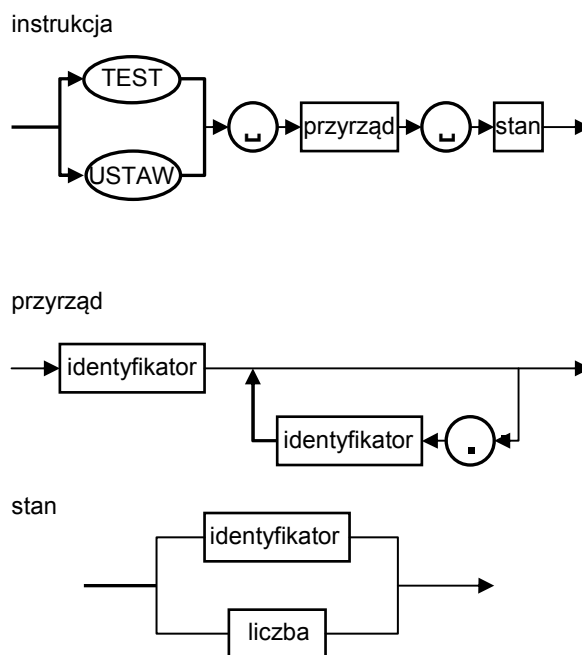
### 3. Definicja języka opisu działania przyrządów

Proponowane w niniejszym artykule rozwiązanie zakłada stworzenie języka opisu działania urządzeń, który z jednej strony byłby czytelny dla człowieka, a z drugiej umożliwiłby jego dalszą transformację do standardów MDA [4]. Aby łatwo było wyrazić formalizm (1) wyrażenia języka powinny mieć formę instrukcji warunkowych:

$$\text{if } \text{wyrażenie}_x \text{ then } \text{wyrażenie}_y$$

gdzie  $\text{wyrażenie}_x$  i  $\text{wyrażenie}_y$  będą zawierały nazwy urządzeń oraz stanów, w których się znajdują. Nazwy te powinny być jak najbardziej zbliżone a najlepiej identyczne z nazwami oryginalnymi, aby spełnić wymaganie łatwego identyfikowania sformalizowanych formuł z opisem dostarczonym przez ekspertów.

W przypadku urządzeń pokładowych samolotu PZL M-28 występują nazwy w trzech językach: polskim, angielskim i rosyjskim. Najwięcej problemów, jeśli chodzi o czytelność formuły kodowania, jest z nazwami w języku rosyjskim. Ich fonetyczny zapis alfabetem łacińskim, jak to ma miejsce w językach programowania, powoduje dużą nieczytelność. Podobnie, choć w mniejszym stopniu, wygląda sprawa z nazewnictwem w języku polskim. Nieczytelność opisów staje się coraz większa wraz ze zwiększeniem liczby opisywanych interakcji między przyrządami. Wówczas wyszukiwanie elementów w instrukcjach programu staje się coraz bardziej kłopotliwe.



Rys. 2. Diagram składniowy instrukcji

Fig. 2. The syntactic diagram of instruction

Konieczność zachowania oryginalnego nazewnictwa stawia pod znakiem zapytania możliwość zastosowania standardowych języków programowania do opisu działania przyrządów. W związku z tym została opracowana koncepcja kodowania opisu interakcji przyrządów za pomocą instrukcji odpowiednio zdefiniowanego języka, w którym będą mogły być zapisane wymuszenia i odpowiedzi przyrządów. Na rys. 2 w postaci ogólnego diagramu składniowego przedstawiono definicję pojedynczej instrukcji takiego języka.

Jak wynika z diagramu, w proponowanym języku zdefiniowano dwa typy instrukcji: TEST i USTAW. W instrukcjach występują dwa argumenty rozdzielane znakiem odstępu (spacji –  $\_$ ). Pierwszym argumentem instrukcji jest nawa przyrządu – "przyrząd". Nazwę może stanowić pojedynczy identyfikator lub dwa rozdzielone kropką. Identyfikator może być dowolnym ciągiem znaków z wykluczeniem kropki. W drugim argumente określany jest stan przyrządu – "stan", który może mieć postać liczbową lub być identyfikatorem.

Instrukcja USTAW zmienia stan przyrządu o nazwie "przyrząd" na wartość "stan". Instrukcja o nazwie TEST sprawdza, czy stan przyrządu "przyrząd\_x" ma wartość "stan\_y". Jeżeli wynik sprawdzenia jest pozytywny, wykonywane są następnie instrukcje znajdujące się przed instrukcją TEST sprawdzającą czy stan przyrządu "przyrząd\_x" ma wartość "stanu\_z". Ta instrukcja jest natomiast wykonywana jeśli stan przyrządu "przyrząd\_x" ma wartość różną od "stan\_y".

Wykorzystując zaprezentowany język można przedstawić dowolny opis działanie przyrządów samolotu. Dla przykładu na rys. 3 przedstawiono opis działania przyrządów paliwomierza w odpowiedzi na zmiany stanu przełącznika PALI-WOMIERZ i przycisku TEST.

Opisy działania przyrządów mogą być tworzone w postaci zwykłych zbiorów tekstowych, jednak ze względu na zachowanie zgodności ze standardem MDA zdecydowano, na ich zapis w jednym pliku XML. Do tego celu stworzono aplikację

TEST PG18-PALIWOMIERZ WŁ  
 USTAW ŚTP22-WPC-1.ZASILANIE WŁ  
 USTAW ŚTP23-WPD-1.ZASILANIE WŁ  
 USTAW ŚTP24-WPAC-1.ZASILANIE WŁ  
 TEST ŚTP24-WPAC-1.TEST WŁ  
 USTAW ŚTP24-WPAC-1.PRAWA\_WSKAZÓWKA 135  
 USTAW ŚTP24-WPAC-1.LEWA\_WSKAZÓWKA 125  
 USTAW ŚTP24-WPAC-1.SUMA 8888  
 USTAW ŚTP23-WPD-1.WSKAŹNIK\_PRAWY 888  
 USTAW ŚTP23-WPD-1.WSKAŹNIK\_LEWY 888  
 USTAW ŚTP22-WPC-1.WSKAŹNIK\_PRAWY 888  
 USTAW ŚTP22-WPC-1.WSKAŹNIK\_LEWY 888  
 USTAW PG44-RESZTA\_PALIWA ZAPALONA  
 TEST ŚTP24-WPAC-1.TEST WYŁ  
 USTAW ŚTP24-WPAC-1.PRAWA\_WSKAZÓWKA 420  
 USTAW ŚTP24-WPAC-1.LEWA\_WSKAZÓWKA 400  
 USTAW ŚTP24-WPAC-1.SUMA 1490  
 USTAW ŚTP23-WPD-1.WSKAŹNIK\_PRAWY 140  
 USTAW ŚTP23-WPD-1.WSKAŹNIK\_LEWY 140  
 USTAW ŚTP22-WPC-1.WSKAŹNIK\_PRAWY 190  
 USTAW ŚTP22-WPC-1.WSKAŹNIK\_LEWY 200  
 USTAW PG44-RESZTA\_PALIWA ZGASZONA  
 TEST PG18-PALIWOMIERZ WYŁ  
 USTAW ŚTP23-WPD-1.ZASILANIE WYŁ  
 USTAW ŚTP24-WPAC-1.ZASILANIE WYŁ  
 USTAW ŚTP22-WPC-1.ZASILANIE WYŁ

Rys. 3. Opis działania urządzeń paliwomierza

Fig. 3. The syntactic diagram of instruction

– EDYTOR z odpowiednim interfejsem, ułatwiającym posługiwanie się złożonymi nazwami przyrządów.

Jeśli chodzi o nazwy to ze względu na ułatwienie ich identyfikacji zastosowano dwuczłonowe nazwy przyrządów. Pierwszy człon określa lokalizację przyrządu. Przykładowo ŚTP23 to przyrząd o numerze logicznym 23 na Środkowej Tablicy Przyrządów. Drugi człon nawiązuje do nazewnictwa wykorzystywanego do określania przyrządów podczas czynności obsługowych [8]. Program edycyjny podpowiada nazwy z odpowiedniego słownika, dlatego nie ma potrzeby ręcznego wpisywania nazw, co eliminuje ewentualne pomyłki. Pozwala także na łatwe wprowadzanie nazw pisanych alfabetem polskim i rosyjskim (rys. 4).

Zaproponowana postać opisu działania stanowi wersję źródłową, czytelną dla człowieka. W celu wykorzystania jej w symulatorze musi być ona za pomocą odpowiedniego programu odczytana i zinterpretowana. W następnym punkcie zostanie przedstawiona koncepcja algorytmu sterującego symulowanymi przyrządami w oparciu o zinterpretowane opisy interakcji.

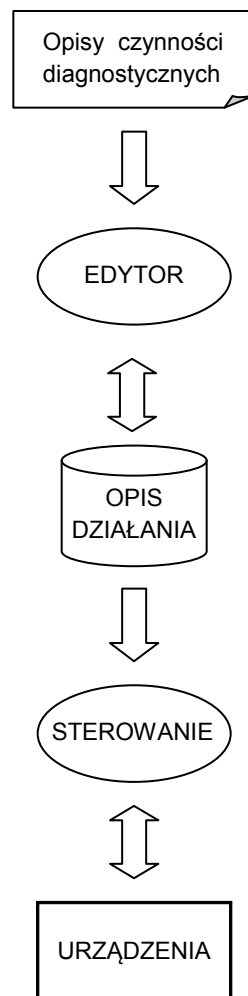
PPozP 10-ГРЕБЕНЬ-1Б.АВТ\_ц  
 PPozP 10-ГРЕБЕНЬ-1Б.ШИПОТА  
 PPozP 10-ГРЕБЕНЬ-1Б.ПОКРЕТЛО  
 PPozP 10-ГРЕБЕНЬ-1Б.ПРЗЕЛАЗНИК\_ЗК-ГТИК-МК  
 PPozP 10-ГРЕБЕНЬ-1Б.ПРЗЕЛАЗНИК\_НАСТР-РАБОЧ  
 PPozP 10-ГРЕБЕНЬ-1Б.ПРЗЫСКС\_СОГАС  
 PPozP 11-КМА\_24Н-70\_ПРАВЫ

Rys. 4. Elementy słownika nazw EDYTOR-a

Fig. 4. Elements of the EDYTOR name glossary

#### 4. Wykorzystanie opisów działania w symulatorze diagnostycznym

W poprzednim punkcie przedstawiona została koncepcja tworzenia opisów działania przyrządów. W tym punkcie zostanie przedstawiony ogólnie cały proces tworzenia opisu działania przyrządów modelu i wykorzystania go w procesie symulacji interakcji urządzeń w symulatorze diagnostycznym co przedstawiono na rys. 5.

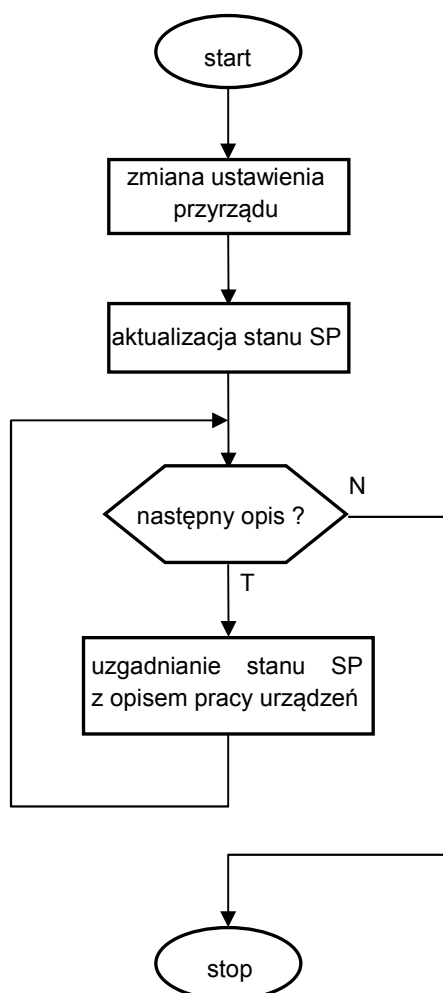


Rys. 5. Tworzenie i wykorzystanie opisu działania przyrządów

Fig. 5. Creating and using a description of the instruments action

Na podstawie opisów czynności diagnostycznych, utworzonych z wykorzystaniem programu edycyjnego, definiowany jest sformalizowany opis interakcji archiwizowany jako plik XML na nośniku pamięci. Plik ten jest następnie odczytywany przez moduł sterujący, który dokonuje jego interpretacji i tworzy jego reprezentację we własnych strukturach danych.

W trakcie symulacji program sterujący odbiera zdarzenia dotyczące zmiany stanów urządzeń i aktualizuje odpowiedni wektor stanu urządzeń samolotu. Następnie przeszukuje zbiór opisów interakcji, poszukując takiej sekwencji stanów urządzeń, która odpowiada bieżącemu stanowi SP. Po odnalezieniu odpowiedniego opisu generowane są komunikaty sterujące i przesyłane do symulowanych urządzeń.



Rys. 6. Algorytm symulatora  
Fig. 6. The simulator algorithm

## 5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono zagadnienie modelowania procesu działania urządzeń statku powietrznego. Poszukiwano metody opisu procesu, która z jednej strony umożliwiałaby prosty zapis, a z drugiej była czytelna i łatwa w interpretacji przez człowieka. Podstawowym kryterium wyboru metody była czytelność opisu zjawiska, łatwa do zaimplementowania w oprogramowaniu symulatora. Podstawowym problemem była złożoność opisu działania wynikająca z dużej liczby wzajemnie na siebie oddziałujących przyrządów.

Dla spełnienia tych wymagań, zaproponowano wykorzystanie modelu, opisującego proces za pomocą pojęć związanych z rozpatrywaną dziedziną przedmiotową. Zaproponowano wyrażenie modelu w postaci prostego języka nieproceduralnego. Opis działania przyrządów został ujęty w postaci instrukcji. Nazwy argumentów instrukcji odwołują się do oryginalnych nazw przyrządów. Do tworzenia opisów opracowano odpowiedni programowy interfejs ułatwiający posługiwanie się złożonymi nazwami i pozwalający archiwizować stworzone opisy.

Ponadto stworzono oprogramowanie pozwalające na interpretację utworzonych opisów i umożliwiające sterowanie symulowanymi urządzeniami w symulatorze diagnostycznym.

Dzięki przyjętemu rozwiązaniu stworzono formalny opis procesu działania przyrządów statku powietrznego, który z jednej strony jest czytelny dla człowieka, z drugiej może być wykorzystany jako baza danych w symulatorze diagnostycznym.

## Bibliografia

1. Bazyldo K., Greła D.: *Projektowanie sterowników logicznych opisanych diagramami maszyny stanowej*. Czasopismo Techniczne z. 24. Informatyka z. 1-I, 2008, 4–18.
2. Butlewski K., Golański P.: *A conception of expert system for MiG-29 aircraft*. "Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems", Vol. 1, No. 3, September 2007, 56–58.
3. Chou S.C. *A process modeling language consisting of high level UML-based diagrams and low level process language*, "Journal of Object Technology", vol. 1, no. 4, September-October 2002.
4. Friedrich F., Mendling J., Puhmann F.: *Process Model Generation from Natural Language Text*, CAISE 2011.
5. Herbst J.: *An inductive approach to the acquisition and adaptation of workflow models*. Proceedings of the IJ-CAI. 1999, 52–57.
6. Sapiecha K., Greła D.: *Wyznaczanie scenariuszy testowych dla pewnej klasy procesów definiowanych za pomocą języka BPEL*. Czasopismo Techniczne z. 24. Informatyka z. 1-I, 2008, 53–71.
7. *Автоматизированное Контрольно-Ремонтное Средство АКРС-АВ Вар. I. Рукаводство по технической эксплуатации*, 1988.
8. *Opracowanie i badania symulatora diagnostycznego statku powietrznego w technologii wirtualnej* – Raport Punkt Kontrolny 400, BITWL 6393/50, 2011. ■

## Modeling of process of deck airship instrument operation in M-28 aircraft diagnostic simulator

**Abstract:** This article applies to process modeling problems associated with the operation of deck airship instruments. It presents the results of work on defining methods for the description of the instruments action of PZL M-28 airship for diagnostic simulator. For the description of the instruments action it proposes to use language appropriately defined. It presents the syntax and semantics, and example of its use to describe the action of selected instruments. In addition, it demonstrates how to use such a formal diagnostic description in the simulator.

**Keywords:** process modeling, diagnostic simulator, M-28 aircraft

dr inż. Piotr Golański

Adiunkt w Zakładzie Lotniczych Systemów Szkolenia i Systemów Dowodzenia. Zajmuje się modelowaniem matematycznym i implementacją modeli w symulatorach szkoleniowych.

e-mail: piotr.golanski@itwl.pl

