

METODA PROGNOZOWANIA STANU TECHNICZNEGO RAKIET TYPU 9M33M2 (M3) NA PODSTAWIE ZMIAN PARAMETRÓW ELEKTRYCZNYCH APARATURY POKŁADOWEJ

W artykule przedstawiono wybrane problemy dotyczące badań prognostycznych rakiet przeciwlotniczych średniego zasięgu. Zaprezentowano wyniki badań przeprowadzonych w 2007 r.

1. Wstęp

Dla opracowania prognozy utrzymania stanu technicznego rakiet na wymaganym poziomie niezawodności, z jednoczesnym zapewnieniem bezpieczeństwa eksploatacji niezbędne są dwa zbiory informacji. Pierwszy ze zbiorów stanowią wyniki badań fizykochemicznych materiałów wysokoenergetycznych i pirotechnicznych. Drugim zbiorem natomiast są informacje o stanie technicznym aparatury pokładowej rakiet, z ocenianych populacji. Informacje z obu tych zbiorów powinny być uwzględniane podczas wykonywania analiz i mogą stanowić merytoryczną podstawę przedłużania okresu eksploatacji bądź też wycofania z użytkowania.

W artykule omówiono sposób oceny stanu technicznego na podstawie informacji o stanie technicznym aparatury pokładowej rakiet.

2. Opis metody

Zgodnie z wytycznymi zawartymi w opracowanym w Wojskowym Instytucie Technicznym Uzbrojenia „Przewodnikiem przedłużania okresu eksploatacji rakiet 9M33M3 w warunkach Jednostek Wojskowych”, w miejscach składowania wykonuje się okresowe sprawdzenia stanu technicznego aparatury pokładowej rakiet, a ich wyniki przesyłane są do WITU w postaci kart oceny stanu technicznego.

Na podstawie dostarczanych dokumentów zgromadzono w WITU informacje o przebiegu eksploatacji rakiet 9M33M2 i 9M33M3 („OSA”). Zbiory danych są uzupełniane i aktualizowane na podstawie danych przesyłanych z Jednostek Wojskowych i stanowią źródło informacji do wykonywania sprawozdań o stanie technicznym rakiet i przebiegu ich eksploatacji.

Zgromadzone w bazie danych informacje umożliwiają opracowywanie prognoz dotyczących zachowania sprawności technicznej aparatury pokładowej rakiet z badanych populacji.

W celu opracowania prognozy analizuje się następujące cechy charakterystyczne:

- udział procentowy partii produkcyjnych w ocenianej populacji;
- stan ilościowy rakiet poddanych sprawdzeniom okresowym;
- stan ilościowy rakiet dla których przedłużono okres eksploatacji;
- wyniki sprawdzeń okresowych na stacji kontrolno pomiarowej (AKIPS) typu 9W242;
- wartości parametrów elektrycznych rakiet zarejestrowanych za pomocą AKIPS.

Pierwsze trzy wyżej wymienione cechy charakterystyczne informują o prawidłowym (lub nieprawidłowym) przebiegu eksploatacji rakiet, dwie ostatnie natomiast mogą być dobrym

źródłem informacji o stanie technicznym aparatury pokładowej rakiet z ocenianej populacji oraz o tendencjach zachodzących zmian ich parametrów elektrycznych. Wykrycie tych tendencji umożliwić może wytypowanie najbardziej zawodnych elementów (zespołów) czyli tzw. „słabych ogniw”.

Zgromadzone w bazie danych parametry elektryczne mogą być wykorzystane zarówno do analizy wybranych parametrów elektrycznych w badanej populacji rakiet, jak też do śledzenia zmian wszystkich parametrów elektrycznych pojedynczego egzemplarza aparatury pokładowej rakiety.

3. Wartości mierzonych parametrów elektrycznych

Podczas sprawdzeń kontrolnych na AKIPS, mierzone są, w automatycznym cyklu pracy wg. zadanego programu (program nr 11), parametry elektryczne aparatury pokładowej rakiet. Wyniki pomiarów są drukowane na taśmie papierowej w postaci cyfrowej. Każdemu z mierzonych 45. parametrów przypisywana jest wartość cyfrowa. Wartości poszczególnych parametrów powinny mieścić się w granicach wartości podanych w tablicy nr.1.

Tab.1

Parametry elektryczne aparatury kierowania rejestrowane za pomocą AKIPS wg programu nr 11

Parametr	Dopuszczalne wartości parametru	Parametr	Dopuszczalne wartości parametru
001	-3 ÷ +3	024	-7 ÷ +3
002	-3 ÷ +3	025	-3 ÷ +3
003	-3 ÷ +3	026	-3 ÷ +3
004	-3 ÷ +3	027	-3 ÷ +3
005	-3 ÷ +3	028	-3 ÷ +3
006	-3 ÷ +3	029	-3 ÷ +3
007	-3 ÷ +3	030	-3 ÷ +3
008	-3 ÷ +3	031	-3 ÷ +3
009	-3 ÷ +3	032	-3 ÷ +3
010	-3 ÷ +3	033	-3 ÷ +3
011	-3 ÷ +3	034	-3 ÷ +3
012	-3 ÷ +3	035	-3 ÷ +3
013	-3 ÷ +3	036	-3 ÷ +3
014	-3 ÷ +3	037	-3 ÷ +3
015	-3 ÷ +3	038	-3 ÷ +3
016	-3 ÷ +3	039	-3 ÷ +3
017	-3 ÷ +3	040	-3 ÷ +3
018	-3 ÷ +3	041	-3 ÷ +3
019	-3 ÷ +3	042	-3 ÷ +3
020	-3 ÷ +3	043	-3 ÷ +3
021	-3 ÷ +3	044	-3 ÷ +3
022	-3 ÷ +3	045	-3 ÷ +3
023	-3 ÷ +7		

W czasie sprawdzania aparatury pokładowej rakiety badane są wszystkie podstawowe podzespoły. Kolejność sprawdzania parametrów i ich sens fizyczny są następujące:

- 001** - Kontrola funkcjonowania podstawowych układów AKIPS, kalibracja układów pomiarowych, ustalenie częstotliwości pracy klustronu w bloku K3B stacji.
- 002** - Kontrola sprawności obwodu bezpieczeństwa polegająca na pomiarze prądu rozładowania kondensatora znajdującego się w aparaturze kontroli rakiet (**AKR**). Każda przerwa w tym obwodzie, lub gdy jeden z parametrów obwodu wykracza poza dopuszczalne granice powoduje zadziałanie przekaźników zespołu zasilania i zdjęcie napięć zasilających oraz zamknięcie dopływu powietrza do rakiety.
- 003** - Sprawdzenie wartości prądu pobieranego przez silnik giroskopowego rozdzielacza komend i silniki giroskopów dajników prędkości kątowych autopilota.
- 004** - Sprawdzenie przejścia komendy „+27V Połączenie AP”. Ta komenda przechodzi do aparatury radiokierowania i śledzenia (**RKiS**) oraz powoduje przełączenie autopilota do aparatury RKiS umożliwiając przejście komend K11, K12, K21, K22 (w postaci napięć stałych) przez zespół sterowania autopilota do napędu sterów.
- 005** - Trening magnetronów nadajnika odpowiedzi i nadajnika radiozapalnika. Trening rozpoczyna się w 61 sek. sprawdzania rakiety, po doprowadzeniu napięć zasilających (30 V) i komend „BLOKOWANIE K3” i „WŁĄCZENIA NADAJNIKA”. w wyniku cyklicznego doprowadzania wysokiego napięcia przez 1 min. trwa trening magnetronów, ustalenie i pomiar ich charakterystyk pracy.
- 006**- Pomiar parametrów znamionowych zespołu zasilania 9B132. Po zakończeniu treningu magnetronów, AKR podaje sprężone powietrze do turbogeneratorów zespołu zasilania 9B132 i 9B139 rakiety. Po osiągnięciu wartości znamionowych napięć zasilających i ich pomiarze AKR wysyła komendę „+27V PRZEJSCIE NA BP” do przekaźników 37 PK1 i PK2 zespołu 9B132 i zespołu zasilania AP.
- 007** - Sprawdzenie przejścia autopilota na zasilanie pokładowe po przyjęciu z AKR komendy (+ 27V ODBLOKOWANIE AP). Po przejściu rakiety na zasilanie pokładowe następuje pomiar czasu, osiągnięcie wartości znamionowych napięć zasilania zespołu 9B132 i czasu blokowania komendy „+27V Przejście na BP”. Jednocześnie zostaje przygotowane w aparaturze RKiS blokowania obwodów komendy K3 i włączenie nadajnika odzewowego. Czas rozpędzania turbogeneratorsa 9B132 wynosi 11 sek.
- 008** - Pomiar czasu osiągnięcia charakterystyk znamionowych przez giroskopowy rozdzielacz komend GRK autopilota. Po podaniu zasilania pokładowego na silnik giroskopu powinien on uzyskać obroty znamionowe po upływie 25 sek.
- 009** - Pomiar odchylenia początkowego sterów I i II kanału. Po przyłączeniu autopilota do aparatury radiokierowania i śledzenia rozpoczyna się przesyłanie komend K1 i K2 z aparatury kontroli rakiety AAKIPS. Jeżeli wartość komend jest ustabilizowana zostają one przekształcone w napięcie K11 (komenda K1), K22 (komenda K2) i przekazane do napędu sterów. Przed ich przejściem AKR mierzy początkową wartość odchylenia sterów w celu dokonania korekcji ich położenia (duże odchylenie początkowe świadczy o złej pracy zespołu sterowania).

- 010** - Pomiar różnicy odchyień sterów I i II kanału, kalibracja wzmacniacza prądu stałego autopilotów wg zewnętrznego napięcia odniesienia +3,4 V. Odchylenia sterów I i II kanału powinny być takie same.
- 011**- Pomiar napięcia potencjometru sprzężenia zwrotnego względem masy dla sterów I kanału. Napięcie podane na potencjometr z zespołu zasilania ($\pm 27V$).
- 012**- Pomiar napięcia potencjometru sprzężenia zwrotnego (PSZ) względem „masy” dla sterów II kanału. Napięcie podane na PSZ z zespołu zasilania (+27 V).
W pierwszej części pomiarów parametrów autopilota I rodzaju pracy z aparatury kontroli rakiet doprowadzone jest napięcie +27V w celu zaimitowania pracy czujnika ciśnienia w silniku (stabilizator ciśnienia).
- 013** - Sprawdzenie odpracowania komend $K1=0$ i $K2=0$ w I rodzaju pracy II kanału przez układ napędu sterów. Pomiaru dokonuje się przez zdjęcie napięcia z PSZ.
- 014** - Sprawdzenie odpracowania komend $K1=0$ i $K2=0$ w I rodzaju pracy I kanału przez układ napędu sterów. Pomiaru dokonuje się przez zdjęcie napięcia z PSZ.
- 015**- Sprawdzenie odpracowania komend $K1=0$ i $K2=\pm 0,312 V$ w I rodzaju pracy I kanału przez układ napędu sterów. Pomiar napięcia zdjętego z PSZ.
- 016** - Sprawdzenie odpracowania komend $K1=0$ i $K2=\pm 0,312 V$ w I rodzaju pracy II kanału przez układ napędu sterów. Pomiar napięcia zdjętego z PSZ.
- 017** - Sprawdzenie odpracowania komend $K1=0$ i $K2=\pm 0,312 V$ w II rodzaju pracy I kanału przez układ napędu sterów. Pomiar napięcia zdjętego z PSZ w II rodzaju pracy autopilota. AKR stacji wysyła do wzmacniacza prądu stałego AP sygnał +27V imitujący działanie sygnalizatora spadku ciśnienia w komorze spalania silnika rakiety.
- 018** - Sprawdzenie odpracowania komend $K1=0$ i $K2=\pm 0,312 V$ w II rodzaju pracy II kanału przez układ napędu sterów. Pomiar napięcia zdjętego z PSZ.
„UWAGA” – w czasie sprawdzania parametrów 13 – 18 AKR stacji wysyła sygnały imitujące sygnały z dajników prędkości kątowej rakiety w rodzaju pracy „STABILIZACJA” autopilota.
- 019** - Sprawdzenie działania układu napędu sterów w II rodzaju pracy I kanału po podaniu na dajnik prędkości kątowych sygnału -10,3V. Napięcie mierzone zdejmowane jest z PSZ I kanału.
- 020** - Sprawdzenie działania układu napędu sterów w II rodzaju pracy I kanału po podaniu na dajnik prędkości kątowych sygnału +10,3V. Napięcie mierzone zdejmowane jest z PSZ I kanału. Sygnał kontrolny podawany jest z AKR stacji.
- 021** - Sprawdzenie działania układu napędu sterów w II rodzaju pracy II kanału po podaniu na dajnik prędkości kątowych sygnału +10,3V i komend kierowania $K1=0,73V$ i $K2=0V$. Napięcie mierzone zdejmowane jest z PSZ II kanału.
- 022** - Sprawdzenie działania układu napędu sterów w II rodzaju pracy II kanału po podaniu na dajnik prędkości kątowych sygnału -10,3V i komend kierowania $K1=0,73V$ i $K2=0 V$. Kalibracja wzmacniacza prądu stałego autopilota.

- 023** - Pomiar poziomu mocy sygnału w.cz. nadajnika odpowiedzi aparatury RKiS rakiety. Przez obwody w.cz. i antenę odbiorczą rakiety przychodzą do wejścia aparatury KRiS rakiety sygnały radiowe „ZAPYTANIE, TAKT” i komendy K1, K2, K3, K4 z zespołu AKR imitującego stację przekazywania komend wozu bojowego 9A33BM2. Pod wpływem impulsu „ZAPYTANIE” nadajnik odzewowy aparatury KRiS rakiety wysyła przez antenę nadawczą impuls „ODPOWIEDŹ”. AKR stacji odbiera te sygnały i mierzy ich poziom mocy.
Jeżeli magnetron nadajnika odzewowego rakiety odstroić się od częstotliwości wzorcowej to pod wpływem tłumienia w filtrze wejściowym AKR stacji spada moc wejściowa sygnału „ODPOWIEDŹ”. Jeżeli moc sygnału odpowiedzi spadnie poza dopuszczalne granice to należy dostroić częstotliwość pracy magnetronu wykorzystując program regulacji Nr 71 i falomierz OIW-57.
- 024** - Pomiar czułości odbiornika aparatury radiokierowania i śledzenia rakiety.
Czułość odbiornika sprawdza się przez płynne zmieszania mocy komend radiowych przekazywanych przez aparaturę kontroli rakiet. W momencie zaniku 1% impulsów sygnału „ODPOWIEDŹ” lub zablokowanie sygnału „PRZYŁĄCZENIE AP” zmiana mocy komend zostaje przerwana i następuje pomiar tej mocy.
- 025** - Pomiar napięcia +27V w obwodzie turbogeneratora 9B132.
- 026** - Sprawdzenie przetwarzania przez zespół zasilania autopilota napięcia +27V w napięciu $\pm 13,5V$. Sprawdzenie polega na pomiarze „0” tego napięcia przez AKR stacji.
- 027**- Sprawdzenie przejścia komendy K3 do radiozapalnika. W zbiorczym sygnale kierowania rakieta wysyłanym przez AKR stacji znajduje się zakodowana komenda K3 uruchamiająca nadajnik i odbiornik RZ. Ta komenda jest dekodowana w aparaturze radiokierowania i śledzenia oraz w postaci napięcia „-27V” przekazywana do aparatury radiozapalnika i mechanizmu zabezpieczająco-wykonawczego. Aparatura kontroli rakiet mierzy poziom energetyczny nadajnika radiozapalnika.
- 028** - Sprawdzenie działania tłumika aparatury radiokierowania i śledzenia. Sprawdzenia dokonuje się przez pomiar napięcia +27V doprowadzonego do tłumika z AKR stacji.
- 029** - Pomiar napięcia przemiennego 22,5 V , 1000 Hz między fazami „A” i „C” turbogeneratora 9B132.
- 030** - Sprawdzenie odłączenia autopilota po zdjęciu zbiorczego sygnału kierowania „TAKT” . Po zaniku sygnału „TAKT” aparatura RKiS rakiety automatycznie zdejmuje sygnał „PRZYŁĄCZENIE AP” Autopilot rakiety zostaje odłączony i zeruje wychylenie sterów rakiety.
- 031**- Sprawdzenie przejścia komendy K3 do MZW. Przejście komendy jak w parametrze „027” . Pomiar napięcia -27V na styku 15 złącza 16.
- 032**- Sprawdzenie działania radiozapalnika przy potencjale energetycznym 93 ± 9 dB w I kanale odbiornika. Kanał I odbiornika służy do zabezpieczenia pracy radiozapalnika przy strzelaniu do celów lecących na wysokości powyżej 50 m. Pracują wtedy oba kanały radiozapalnika (RZ) . Kanał I ma dłuższą charakterystykę odbiorczą niż kanał II, a więc on określa moment wypracowania komendy dla mechanizmu zabezpieczająco wyko-

- nawczego (MZW) . W kanale znajduje się licznik impulsów odbitych od celu. AKR stacji wysyła sygnały do odbiornika RZ imitujące sygnały odbite od celu i mierzy ich sumaryczny potencjał energetyczny. Pomiar dokonywany jest na kondensatorze gromadzącym licznika.
- 033** - Pomiar napięcia przemiennego 22,5 V , 1000 Hz między fazami "A" i „B” turbogenera-
tora 9B132.
 - 034** - Sprawdzenie odłączenia autopilota po zaniku komendy kierowania K1. Sprawdzenie
analogiczne jak przy parametrze „030” . W sygnale zbiorczym zanika komenda K1.
 - 035** - Sprawdzenie działania radiozapalnika przy potencjale energetycznym 93 ± 9 dB w II ka-
nale odbiornika. Do odbiornika radiozapalnika nadawane są z AKR (Aparatura Kon-
troli Rakiet) stacji sygnały imitujące impulsy odbite od celu wraz z rozpoczęciem
nadawania komendy K3. Odbiornik RZ analizuje liczbę sygnałów wejściowych przez
7-10 ns od podania komendy K3. Jeżeli takie sygnały istnieją to oznacza, że odbiornik
odbiera impulsy odbite od ziemi (rakietę leci na wysokości 20 – 30 m). Odbiornik RZ
wypracowuje komendę przełączenia (UP) odłączając kanał I radiozapalnika. O zadzia-
łaniu RZ decyduje kanał II mający krótszą charakterystykę odbiorczą. Pomiaru dokonu-
je się przez sprawdzenie potencjału energetycznego kondensatora gromadzącego licznika
II w momencie wypracowania komendy dla stopnia wykonawczego.
 - 036** - Pomiar napięcia przemiennego 22,5 V , 1000 Hz między fazami "B" i „C” turbogenera-
tora 9B132.
 - 037** - Sprawdzenie napięcia przemiennego 22,5 V , 1000 Hz między fazami "A" i „B” turbo-
genera-
toru 9B132.. Sprawdzenie odłączenia AP od aparatury Kris po zdjęciu komendy
kierowania K2. Sprawdzenie analogiczne jak przy parametrze „34”.
 - 038** - Sprawdzenie częstotliwości napięcia 22,5 V , 1000 Hz.
 - 039** - Sprawdzenie działania odbiornika RZ przy potencjale energetycznym 93 ± 9 dB w I ka-
nale. Powtórzenie sprawdzenia parametru „032”.
 - 040** - Sprawdzenie niezadziałania RZ w II kanale po przejściu komendy K3. Po przejściu ko-
mendy K3 oba kanały RZ są zatkane przez 7 – 10 ns. Jest to czas pracy układu anali-
zy zliczającego impulsy odbierane odbite od ziemi., zakłóceń pasywnych lub aktyw-
nych AKR stacji międzyczas zatkania II kanału.
 - 041** - Kontrola przejścia K4, kalibracja wzmacniacza prądu stałego autopilota wg zewnętr-
znego napięcia odniesienia +3,4 V. Komenda ta jest komendą rezerwową dla komendy
K3. Sprawdzenie przebiega analogicznie jak na parametrze „027”.
 - 042** - Sprawdzenie giroskopu dajnika prędkości kątowych I kanału w I rodzaju pracy AP po
podaniu na jego wejście napięcia +10,3 V. Sprawdzenie dokonywane jest przez pomiar
napięcia na potencjometrze sprzężenia zwrotnego I kanału.
 - 043** - Sprawdzenie pracy giroskopu dajnika prędkości kątowych I kanału w I rodzaju pracy
autopilota po podaniu na jego wejście napięcia -10,3 V. Sprawdzenie analogiczne jak
dla parametru „042”.

044 - Sprawdzenie pracy giroskopu dajnika prędkości kątowych II kanału w II rodzaju pracy autopilota po podaniu na jego wejście napięcia +10,3 V. Sprawdzenie dokonywane jest przez pomiar napięcia na potencjometrze sprzężenia zwrotnego kanału II.

045 - Sprawdzenie pracy giroskopu dajnika prędkości kątowych II kanału w II rodzaju pracy autopilota po podaniu na jego wejście napięcia -10,3 V. Sprawdzenie analogiczne jak dla parametru „044”.

4. Zastosowanie praktyczne

Jeśli parametry elektryczne mieszczą się w granicach wartości nominalnych (określonych w tablicy nr 1) to aparaturę pokładową uznaje się za sprawną. Wartość „0” na wydruku oznacza, że mierzony parametr ma dokładnie wartość znamionową.

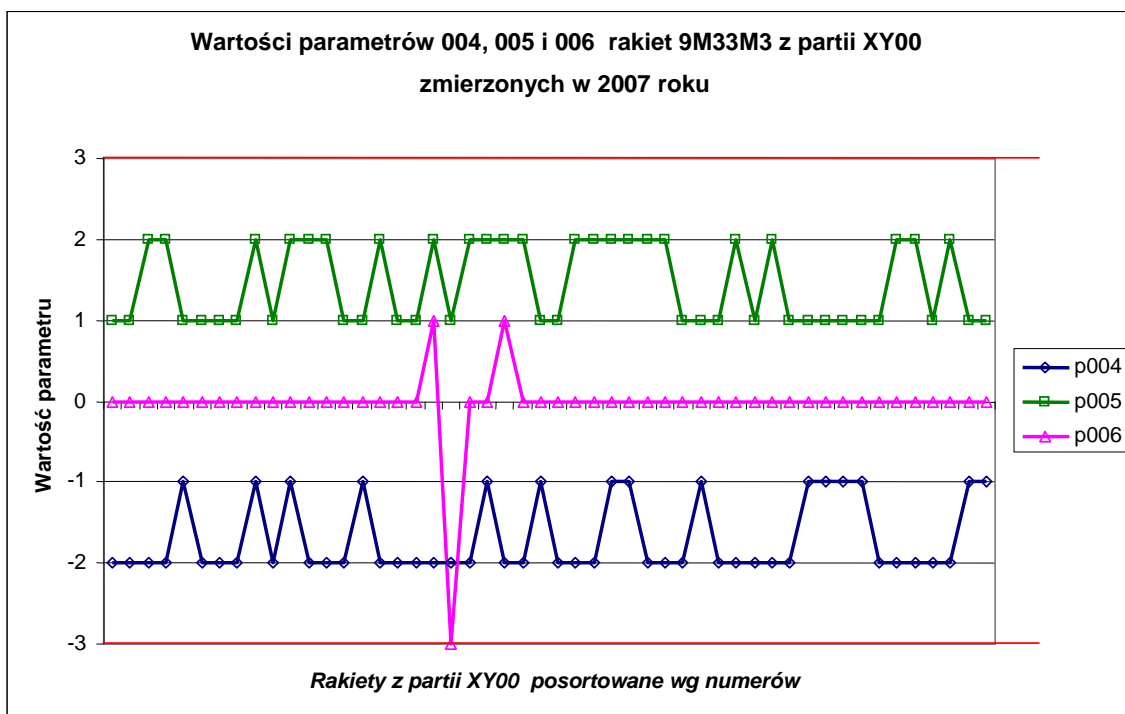
Zmierzone parametry elektryczne umożliwiają:

- pełną ocenę sprawności aparatury pokładowej rakiety;
- określenie przyczyn niesprawności i wskazanie wadliwie pracującego zespołu.

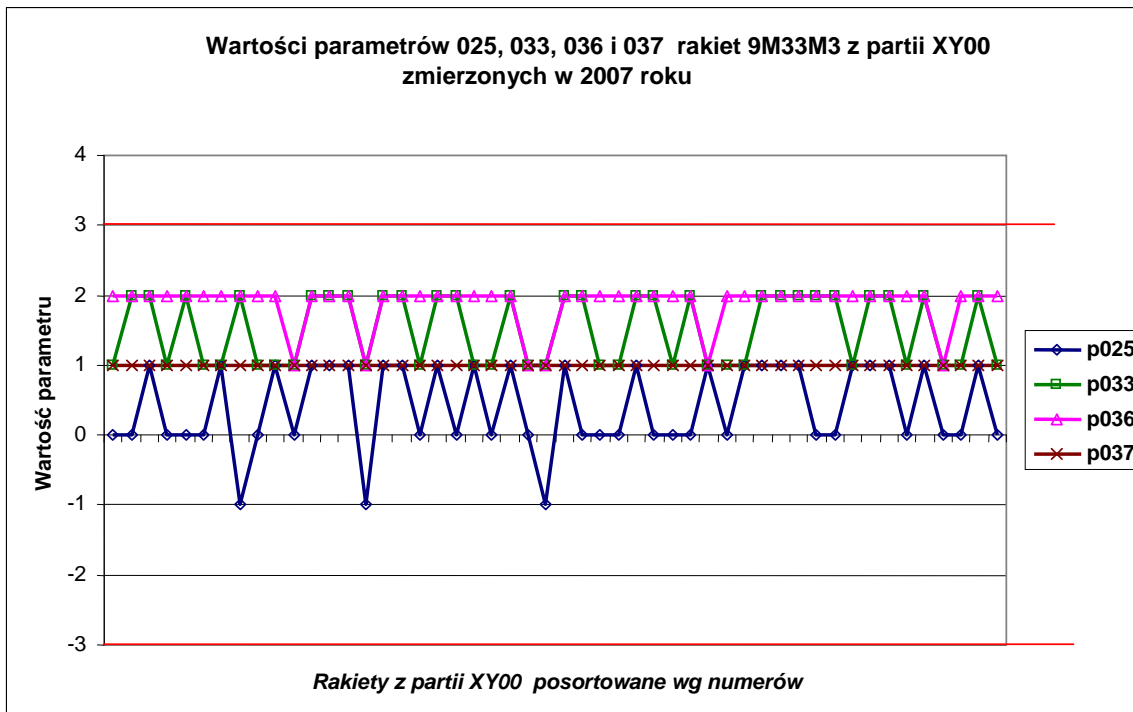
Parametry elektryczne są zatem bardzo przydatne do opracowywania prognoz dotyczących dalszej eksploatacji rakiet. Zmiany tych parametrów można analizować w różnych konfiguracjach.

Jedną z możliwości jest analiza kilku wybranych parametrów elektrycznych dla różnych egzemplarzy rakiet sprawdzanych na AKIPS w tym samym roku. Przykład praktycznego zastosowania przedstawiono na wykresach - Rys. 1 ÷ Rys. 4.

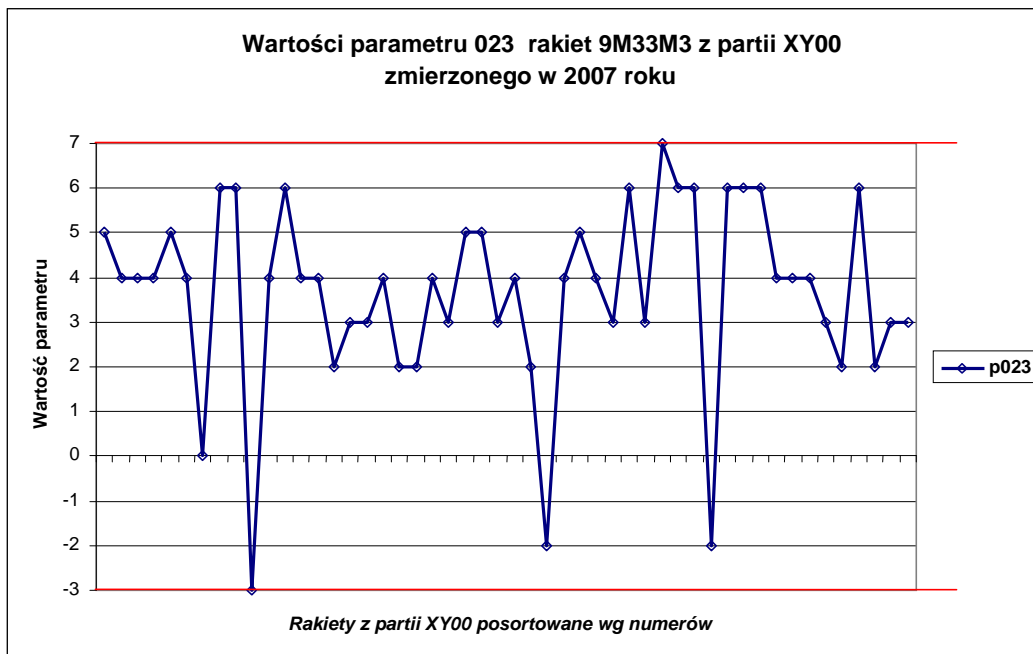
Drugą z możliwości jest analiza zmian wszystkich parametrów elektrycznych dla jednego egzemplarza rakiety, w czasie sprawdzeń w kilku kolejnych latach eksploatacji. Przykład praktycznego zastosowania przedstawiono na wykresach - Rys. 5 ÷ Rys. 6.



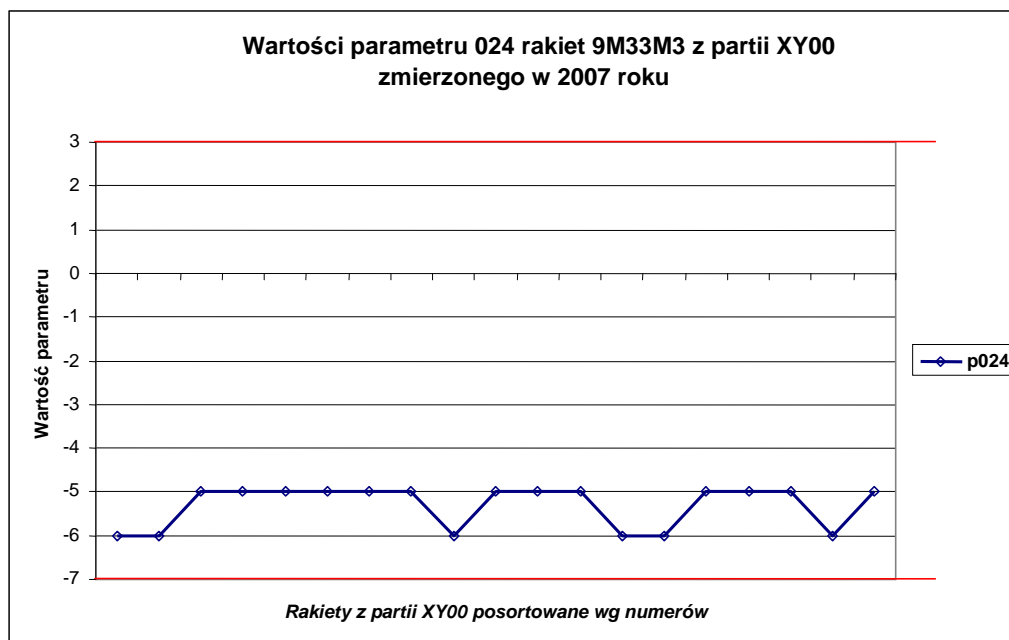
Rys.1. Wartości wybranych parametrów elektrycznych próbki rakiet z ocenianej partii. Dla wszystkich rakiet (50 egz.) wartości te mieszczą się w granicach tolerancji. (linie czerwone /proste/ oznaczają granice tolerancji dla tych parametrów).



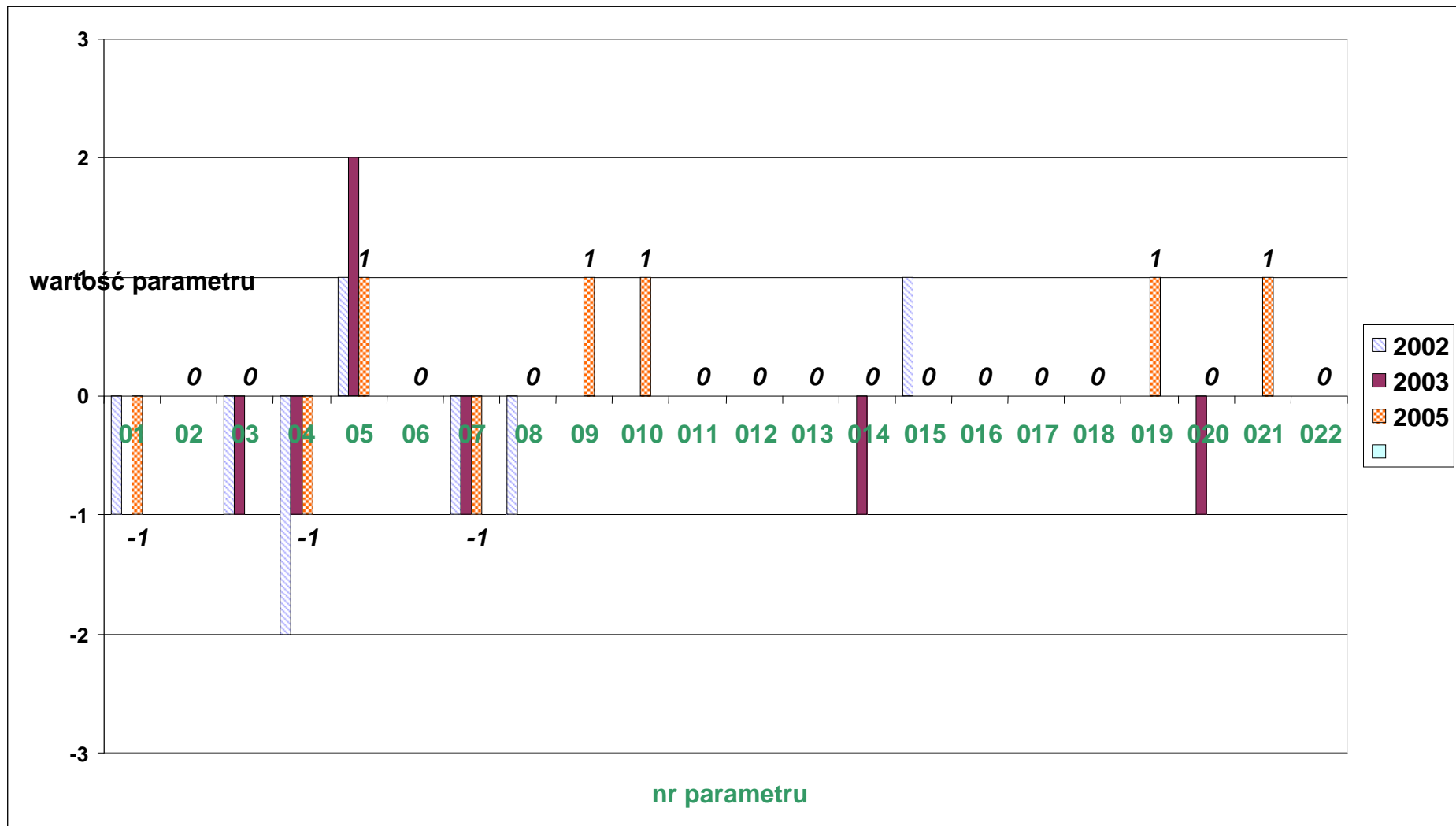
Rys.2. Wartości wybranych parametrów elektrycznych próbki rakiet z ocenianej partii. Dla wszystkich rakiet (50 egz.) wartości te mieszczą się w granicach tolerancji.



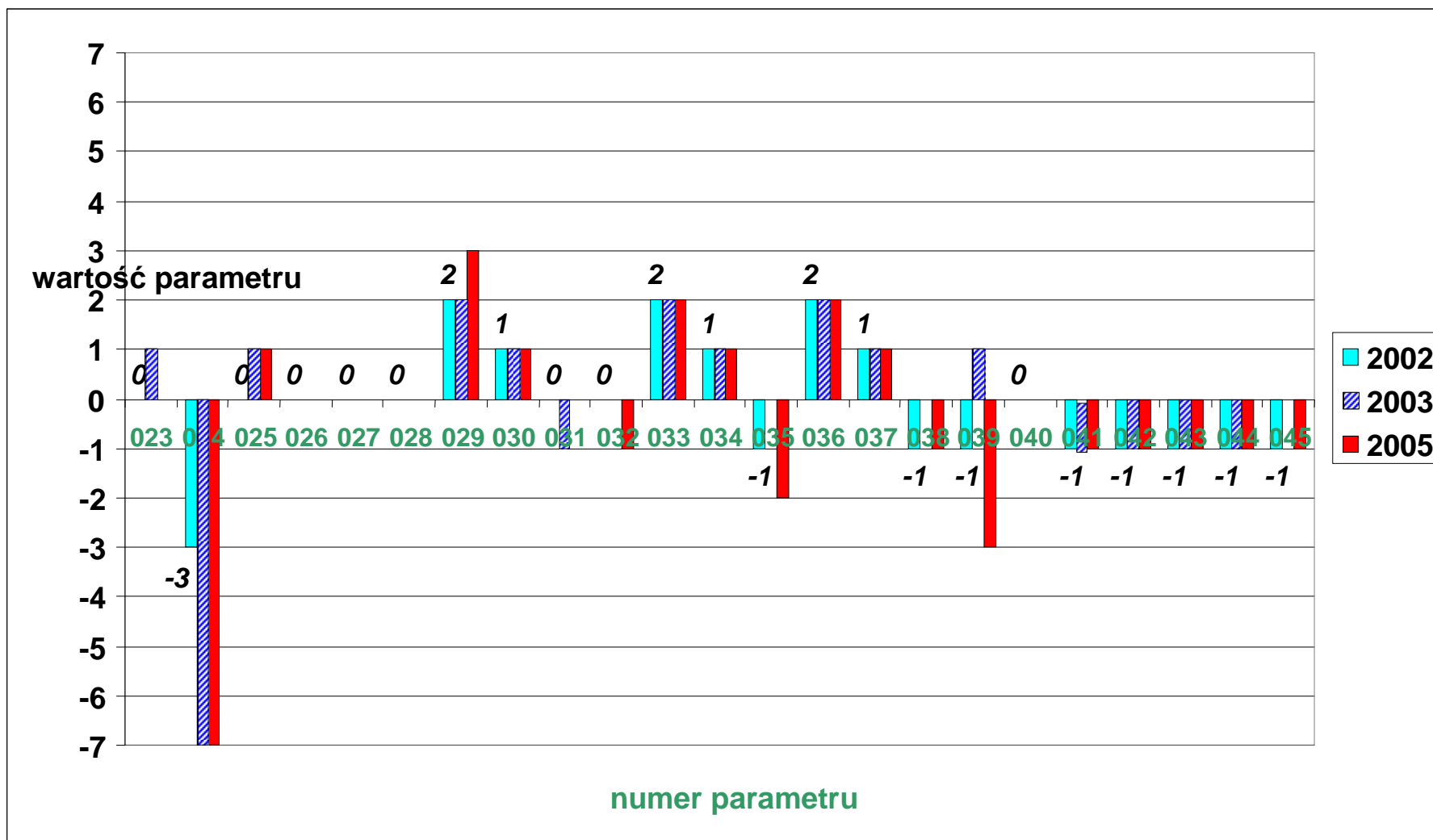
**Rys.3. Wartości parametru 023 zmierzonego dla próbek rakiet z ocenianej partii.
Dla wszystkich rakiet (50 egz.) wartości te mieszczą się w granicach tolerancji.
(linie czerwone /proste/ oznaczają granice tolerancji dla tego parametru)**



**Rys.4. Wartości parametru 024 zmierzonego dla próbek rakiet z ocenianej partii.
Dla wszystkich rakiet (50 egz.) wartości te mieszczą się w granicach tolerancji.
(linie czerwone /proste/ oznaczają granice tolerancji dla tego parametru)**



Rys.5. Zmiany wartości parametrów 01 ÷ 022 dla jednego egzemplarza rakiety 9M33M3 w czasie kolejnych sprawdzeń w latach 2002 ÷ 2005 (dane rzeczywiste). Wszystkie parametry mieściły się w granicach tolerancji.



Rys.6. Zmiany wartości parametrów 023 ÷ 045 dla jednego egzemplarza rakiety 9M33M3 w czasie kolejnych sprawdzeń w latach 2002 ÷ 2005 (dane rzeczywiste). Wszystkie parametry mieściły się w granicach tolerancji.

5. Wnioski

- A. Na podstawie analizy przebiegu zmian parametrów elektrycznych możliwa jest ocena stanu technicznego aparatury pokładowej rakiet typu 9M33M2 (M3) jak też prognozowanie dotyczące dalszej eksploatacji;
- B. Istotną zaletą przedstawionych metod analizy, jest możliwość zastosowania komputera PC do weryfikacji zmierzonych wielkości parametrów - zastosowanie programu Microsoft Excel umożliwia bowiem dokonanie szybkiej oceny czy wszystkie spośród 45. wartości parametrów mieszczą się w określonych granicach tolerancji.
- C. Możliwość praktycznego zastosowanie omówionych metod potwierdza pełną przydatność, istniejącej w WITU (od początku lat 90-tych), bazy danych o stanie technicznym rakiet oraz przemawia za kontynuacją gromadzenia danych w następnych latach eksploatacji rakiet.

Literatura: Opracowania własne niepublikowane