



OCENA NIEZAWODNOŚCI SPRZĘTU UZBROJENIA NA PODSTAWIE SYSTEMU RAKIETOWEGO „HOMAR”

EVALUATION OF ORDNANCE EQUIPMENT RELIABILITY ON THE BASIS OF ROCKET SYSTEM „HOMAR”

Jan FIGURSKI, Piotr FONROBERT

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka
Military Institute of Armament Technology, 7 Wyszyński St., 05-220 Zielonka, Poland
Auhtor's e-mail address: fonrobertp@witu.mil.pl

DOI 10.5604/01.3001.0012.1335

Streszczenie: W artykule przedstawiono koncepcję oceny niezawodności funkcjonowania sprzętu uzbrojenia, dla której w procesie analitycznym wykorzystano strukturę niezawodnościowo-funkcjonalną systemu raketowego HOMAR oraz jego trenera funkcjonalny. W procesie oceny niezawodności wykorzystano szeregową strukturę niezawodnościową systemu raketowego, ponieważ jego wyróżniane struktury są od siebie bezpośrednio zależne. Przyjęcie struktury szeregowej pozwoliło na wyznaczenie funkcji niezawodności systemu i jego intensywności niewykonywania zadań, które zostały potwierdzone poprzez funkcjonalny trener systemu raketowego, uwzględniający funkcjonalność poszczególnych podsystemów wykonawczych.

Słowa kluczowe: eksploatacja, niezawodność, system uzbrojenia

1. Wstęp

Przewidywany do eksploatacji w Siłach Zbrojnych RP system raketowy dalszego zasięgu HOMAR jest systemem uzbrojenia o automatyzowanym działaniu, z możliwością uproszczonego załadunku i rozładowania.

Kołowe podwozie systemu umożliwi jego eksploatację we wszystkich możliwych warunkach terenowych i klimatycznych, ze zdeternowanymi prędkościami przemieszczania – zarówno po wszelkiego rodzaju drogach utwar-

Abstract: The paper deals with a concept of evaluation of ordnance operational reliability by analysing a functional-dependability structure of HOMAR rocket system with its functional trainer. A series structure of reliability evaluation process is used for the rocket system as its distinguishable structures are directly dependable on each other. Acceptance of the series structure allowed the identification of functions for system reliability and the intensity of not executed tasks, which were confirmed by the functional trainer of the rocket system accounting the functionality of particular executive subsystems.

Keywords: usage, reliability, ordnance system

1. Introduction

Increased range rocket system HOMAR planned to be used by the Polish Armed Forces is an automatic system with possibilities of simplified loading and unloading.

The wheeled undercarriage of the system secures its use at all possible terrain and climatic conditions and at specific velocities of moving both by any kind of hardened roads and by the field roads.

dzonych, jak i bezdrożach poligonowych.

Z uwagi na jego funkcjonalność technologiczną, budowę i strukturę niezawodnościową, system ten został przyjęty jako wzorcowy do wyznaczania oceny niezawodności bojowego sprzętu uzbrojenia.

W procesie oceny niezawodności wykorzystano wymagane poziomy niezawodności oraz gotowości, jakie powinien spełniać system w trakcie wykonywania przewidzianych zadań z uwzględnieniem, że dla każdej funkcji systemu uzbrojenia uwzględniać należy inne podzespoły biorące udział w realizacji wyspecyfikowanych zadań.

Zadania te są określone na przykład poprzez konieczne do spełnienia wymagania funkcjonalne i przedstawiane są użytkownikowi w postaci zapisów w stosownych instrukcjach wykonawczych, tak by zapewniały ich realizację w odpowiednim czasie, następnie zdarzeń, zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami.

2. Uwarunkowania wykonawcze

Do rozważań analitycznych jako przedstawienie populacji sprzętu uzbrojenia przyjęto system raketowy HOMAR. Jego uproszczoną strukturę niezawodnościowo-funkcjonalną przedstawiono na rysunku 1, w którym 1 - 4 to elementy wyróżnionych podsystemów wykonawczych.

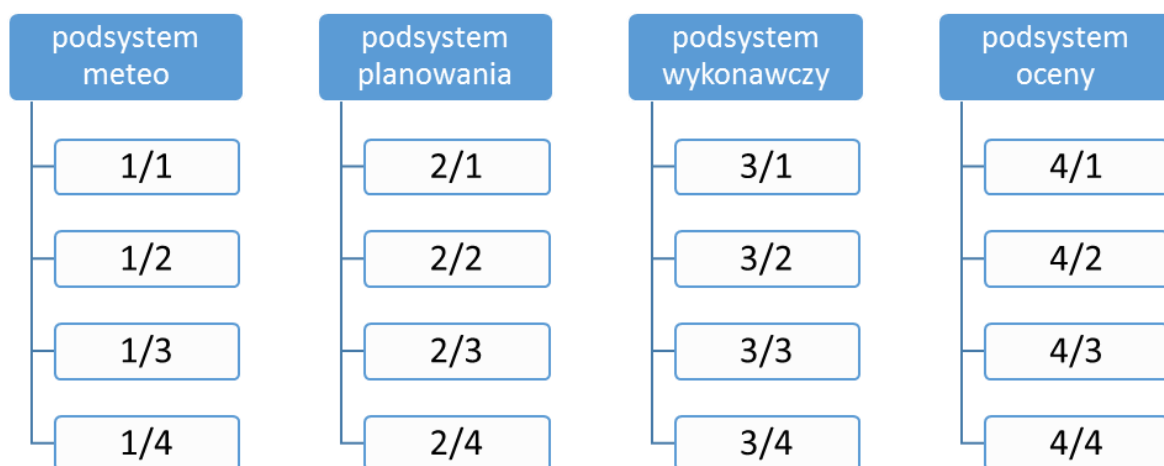
Because of its technological functionality, design and structure of reliability the system was accepted as a reference system for identification of the ordnance equipment reliability evaluation.

The reliability evaluating process uses the required levels of reliability and readiness which have to be met by the system during the execution of dedicated tasks regarding that for each function of the ordnance system different subunits have to be considered as participating in performance of specified assignments.

These assignments may be defined for instant through the necessary functional conditions to be met and which are submitted for the user in the form of the relevant clauses within the executive instructions to secure their execution according to the relevant time, succession of events and the prior settlements.

2. Executive Conditions

Rocket system HOMAR has been taken as a representative of the ordnance pieces population. Its simplified reliability-functional structure is presented in Fig. 1 where the components of distinguished executive subsystems are marked by 1 – 4.



Rys. 1. Struktura niezawodnościowa systemu

Fig. 1. System reliability structure

Posystem meteo – *Meteorological subsystem*; Podsystem planowania – *Planning subsystem*; Podsystem wykonawczy – *Executive subsystem*; Podsystem oceny – *Evaluating subsystem*

Elementami podsystemów wykonawczych są te wyróżnione pojedyncze lub połączone części wyrobu, a także procesy funkcjonalne, które są niezbędne do właściwej realizacji określonego zadania przez urządzenie jako całość.

W przedstawionej strukturze urządzenia są to elementy identyfikujące uwarunkowania atmosferyczne otoczenia urządzenia, procesy planowania zadania, procesy wykonywania zadania oraz oceniające stopień przygotowania i możliwości realizacji zadania.

Wykonanie całego zadania uwarunkowane jest poprawną wykonywalnością zadań przez wyżej wymienione, cztery podsystemy. Uwzględniając ich funkcjonalność, zgodnie z strukturą szeregową, niezawodność wykonania zadania można opisać wzorem:

$$R(t) = R_1(t) * R_2(t) * R_3(t) * R_4(t) = \prod_{j=1}^4 R_j(t) \quad (1)$$

W rezultacie proces ocenowy można opisać zależnością:

$$R(t) = \prod_{j=1}^4 R_j(t) = \exp(-\lambda_j(t) * t) \quad (2)$$

gdzie: $\lambda_j(t)$ - intensywność niewykonania zadań danego elementu podsystemu.

Uwzględniając zależności (1) i (2), można nałożyć uwarunkowania funkcjonowania dotyczące poziomu niezawodności analizowanego systemu i jego poszczególnych elementów składowych, dlatego, przyjmując poszczególne wartości czasu „t”, można wyznaczyć prognozę funkcji niezawodności $R(t)$ i porównać ją z wartościami oczekiwanymi (pożądanymi).

Należy uwzględnić, że na wykonanie zadań jednostkowych w poszczególnych podsystemach, w zasadniczy sposób wpływa poziom wyszkolenia operatorów. Z tego powodu właściwy poziom wyszkolenia osiąga się nie tylko poprzez realizację procesów doskonalenia umiejętności użytkowników bezpośrednio na sprzęcie, ale również poprzez edukację i wytrenowanie. Jest ono realizowane na wysu-

Components of executive subsystems are created by distinguished individual or combined parts of a product and also by functional processes which are needed for a proper execution of a specific task by the whole system.

In the presented structure of the device they are described by the components identifying the device's ambient atmospheric conditions, and processes for assignment planning and for assessment of the preparation level and the possibility for the assignment execution.

The performance of the overall assignment depends on positive execution of tasks by four above mentioned subsystems. Accounting their functionality and according to serial structure the reliability for the execution of an assignment may be described by relation:

Finally the evaluating process may be described by relation:

where: $\lambda_j(t)$ – intensity of failure to complete the task by a component of subsystem.

Considering the dependences (1) and (2) the functional conditions may be set over the reliability level of an investigated system and its particular components, and therefore accepting specific values of time „t” a prognostic reliability function $R(t)$ may be determined and compared with the expected (demanded) values.

It has to be accounted of course that the performance of the individual assignments in particular subsystems depends in principle on the training level of users. For this reason the relevant level of training can be reached not only by perfecting the skills of users directly on the equipment but by the education and practising as well. It is performed on highly specialised

blimowanych systemach szkolno-treningowych, które - dzięki stosowaniu coraz bardziej rozwiniętego modelowania wirtualnej rzeczywistości (VR) - wierniej odzwierciedlają cechy urządzenia w zdeterminowanych warunkach eksploatacyjnych.

W rozpatrywanym modelu przyjęto także, że w każdym z podzespołów funkcjonują cztery elementy realizacyjne, połączone według szeregowej struktury niezawodnościowej. W przypadku podsystemu meteorologicznego „1” na jego funkcjonalność mają wpływ jego części i zespoły obejmujące:

1. Podsystem identyfikacji meteo;
2. Opracowanie prognoz;
3. Opracowanie wyników;
4. Oceny funkcjonalnej systemu.

Podobnie w pozostałych zespołach wykonawczych można wyróżnić ich mniejsze podzespoły składowe.

Uwzględniając wymienione uwarunkowania, niezawodność funkcjonalna systemu raketowego HOMAR - (rys.1) opisano zależnością:

$$R(t) = \prod_{j=1}^4 R_{j1}(t_1) * \prod_{j=1}^4 R_{j2}(t_2) * \prod_{j=1}^4 R_{j3}(t_3) * \prod_{j=1}^4 R_{j4}(t_4) \quad (3)$$

przy czym: $R_j(t)$ – niezawodność funkcjonalna podzespołów systemu.

Zależność postaci (3) stanowi podstawę do wyznaczenia niezawodności poszczególnych podzespołów, które odbywa się według zależności:

$$R_S(t) = \prod_{j=1}^4 R_{j4}(t) = \prod_{j=1}^4 \exp(-\lambda_j(t) * t) \leq 1 - \beta \quad (4)$$

gdzie: $0 < \beta \leq 1$

Wyrażenie postaci (4) warunkuje funkcjonalność poszczególnych zespołów i ich elementów.

W przypadku gdy $\beta = 0$, niezawodność poszczególnych podzespołów powinna wynosić „1”.

Jeżeli któryś z podzespołów nie spełnia wymagania zdeterminowanego poziomu nie-

educational and training systems which may reflect the characteristics of the equipment in specific conditions of operation more faithfully by using more sophisticated modelling of Virtual Reality (VR).

Moreover it was assumed that four executive components combined according to a series reliability structure operate within each subunit. In case of the meteorological subsystem „1” its functionality depends on its parts and teams including:

1. Meteorological identification subsystem;
2. Preparation of prognosis;
3. Preparation of results;
4. Functional evaluation of system.

In a similar way the smaller subunits may be distinguished within the remaining executive units.

Considering the conditions mentioned above the functional reliability of the HOMAR system (Fig. 1) is described by relation:

where: $R_j(t)$ – functional reliability of system subunits.

Relation having the form (3) is a base for establishing the reliability of particular subunits according to following relation:

where: $0 < \beta \leq 1$

The expression in form (4) controls the conditions for operation of particular units and their components.

In the case of $\beta = 0$ the reliability of particular subunits has to equal „1”.

If a subunit fails to meet the requirements of the established level of reliability then it has to be serviced or replaced by

zawodności, należy poddać go obsłudze lub wymienić na nowy, aż osiągnie wymaganą wartość. Uwarunkowania tych procesów powinny określać zapisy instrukcyjne.

Uwarunkowania eksploatacyjne mogą również spowodować konieczność przekonstruowania elementów podzespołu.

3. Uwarunkowania funkcjonalne

W procesie wykonywania zadań bardzo istotne jest przekazywanie informacji pomiędzy poszczególnymi zespołami wykonawczymi. W przekazywaniu tym niezwykle ważna jest zarówno jego częstotliwość, jak i istotność (wartość) poszczególnych parametrów. W procesie szacowania tych uwarunkowań można wykorzystać procesy Markowa, które uwzględniają złożoność rozpatrywanych zjawisk funkcjonalnych.

Schemat funkcjonowania, który dotyczy uwarunkowań przekazywania i oceny informacji wykonawczych przedstawiono na rys. 2.

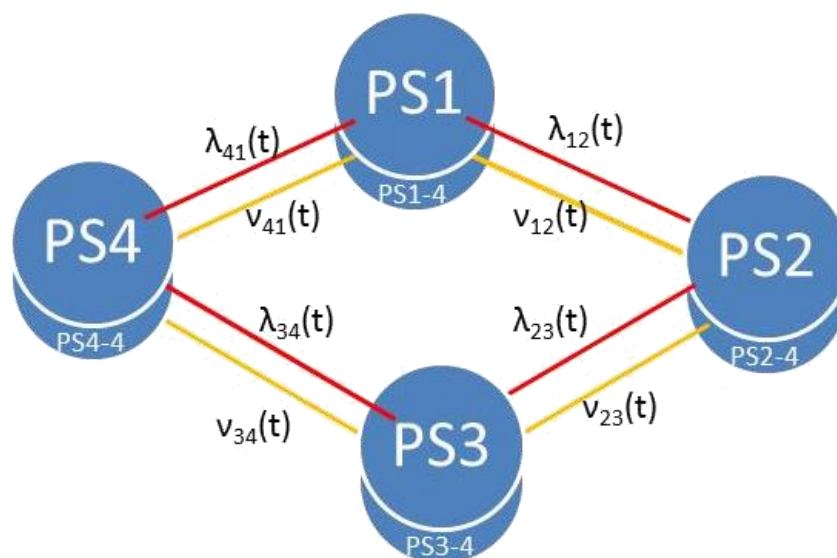
a new one, until the required value is reached. Mutual relations between these processes have to be precised in the instruction.

The operational conditions may also trigger a need for redesigning the components of a subunit.

3. Functional Conditions

In the process of the execution of tasks a transfer of information between particular executive units is essential. In the transfer both the rate and importance (value) of particular parameters is extremely significant. The estimating process for these conditions may deploy the Markov processes which account the complexity of considered functional cases.

A diagram of operation for conditions of transfer and assessment of executive information is presented in Fig. 2.



Rys. 2. Struktura funkcjonalna systemu

Fig. 2. System functional structure

gdzie: $\lambda_{ij}(t)$ – wskazana intensywność przekazywania informacji w czasie;
 $v_{ij}(t)$ – zakres (bit) informacji przekazywanych pomiędzy zespołami systemu.

Uwarunkowania z rysunku 2 można przedstawić za pomocą poniższej zależności:

where: $\lambda_{ij}(t)$ – indicated rate of transferring the information in time;
 $v_{ij}(t)$ – range (bit) of information transferred between the system's units.

The conditions from Fig. 2 may be presented by the following relation:

$$\bigwedge_{PS1} \bigvee \lambda_{12}(t) v_{12}(t) \cap \bigwedge_{PS2} \bigvee \lambda_{23}(t) v_{23}(t) \cap \bigwedge_{PS3} \bigvee \lambda_{34}(t) v_{34}(t) \cap \bigwedge_{PS4} \bigvee \lambda_{41}(t) v_{41}(t) \leq \leq U_w \left(\lambda_{ij}(t) v_{ij}(t) \right) \quad (5)$$

Dla każdego podsystemu Pz (1-4) wykonującego przydzielone zadania istnieje zbiór możliwych intensywności niewykonania zadania $\lambda_{ij}(t)$ oraz strumień dostarczanych informacji $v_{ij}(t)$.

Uzyskiwanie informacji stanowi podstawę do wykonywania zmian zarówno personalnych, jak i parametrycznych w poszczególnych podsystemach.

Zmiany te wynikają z uwarunkowań, jakie zostały wcześniej ustalone przez kierownictwo odpowiedzialne za wykonywanie zadań.

Należy zauważyć, że każda modyfikacja podsystemów w łańcuchu wykonawczym wynika z wcześniej ustalonej struktury funkcjonalnej. Należy zatem przewidywać doskonalenie podsystemów i jego wpływ na zbilansowanie funkcjonalnego całego systemu wykonawczego.

Każda wymiana zespołu wykonawczego lub jego obsługa/konserwacja wymaga dyspozycyjności zespołów zastępczych bądź jego wybranych elementów. Z tego też względu należy dysponować odpowiednim zapleczem szkoleniowym lub aparaturowym, które byłoby w stanie zaspokoić pojawiające się potrzeby.

Kierownictwo odpowiedzialne za wykonanie postawionych zadań jest zainteresowane jakością realizacji przez poszczególne podsystemy. Jakość ta może być monitorowana za pomocą diagramu przedstawionego na rys 3.

Na rys. 3, w przedziałach czasowych (t_1, t_4) , przedstawiono wymagane wartości funkcji niezawodności $R_{ij}(t)$ niezawodnościowej charakterystyki poszczególnych podsystemów wykonawczych. Wraz ze wzrostem czasu „t” charakterystyki niezawodnościowe ulegają obniżeniu, a ich minimalny akceptowany poziom determinuje czas przeprowadzenia wymian profilaktycznych zespołów/podzespołów niespełniających stawianych wymagań. Wzrastają wartości charakterystyki niewykonania stawianych zadań $\lambda_{ij}(t)$ i następuje zmniejszanie strumienia dostarczanych informacji $v_{ij}(t)$.

Sytuacja znacznie się poprawia dzięki do-

For each subsystem Pz (1-4) executing the assigned tasks exists a set of possible intensities for a task execution failure $\lambda_{ij}(t)$ and a stream of provided information $v_{ij}(t)$.

Acquisition of information is a base for changes concerning both the personnel and parameters of particular subsystems.

The changes result from conditions set earlier by the management board responsible for the performance of the assignments.

It has to be noted that every modification of subsystems in the executive chain is a result of the functional structure established earlier. Therefore a subsystems improvement process has to be planned together with its impact into a functional balance of the overall executive system.

Each replacement of an executive unit or its servicing or a preventive overhaul requires disposability of replacing units or its selected components. For this a suitable training and equipment background is needed to satisfy the appearing demands.

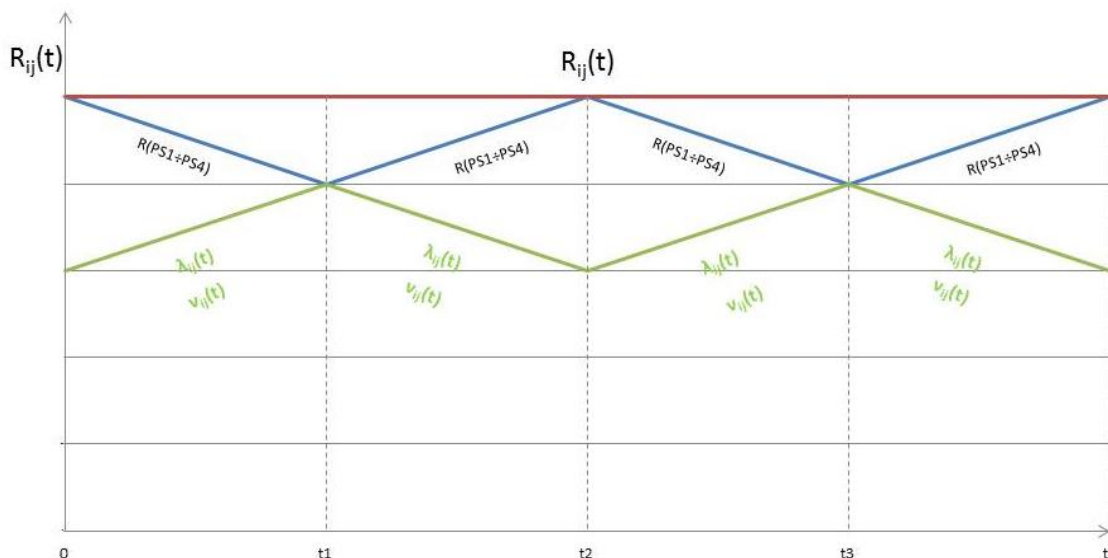
The management responsible for the performance of assigned tasks is interested in the quality of the performance provided by particular subsystems. The quality may be monitored by using a diagram shown in Fig. 3.

The required values of the reliability function $R_{ij}(t)$ for the dependability characteristics of particular executive subsystems, for the time intervals (t_1, t_4) , are shown in Fig. 3. With the time increase the dependability characteristics fall down and their minimal acceptable level is determined by the time for replacements of units/subunits which miss the imposed requirements. The values of characteristics for imposed tasks failures $\lambda_{ij}(t)$ increase and the stream of provided information $v_{ij}(t)$ decreases.

The situation improves significantly after personnel and/or parametric changes

konaniu zmian personalnych i/lub parametrycznych w poszczególnych odcinkach czasu „t”.

are introduced at particular periods of time „t”.



Rys. 3. Diagram systemu wykonawczego

Fig. 3. Diagram of executive system

Przedstawione rezultaty funkcjonowania podsystemów wykonawczych pozwalają na pełne zobrazowanie charakterystyk wyróżnionych cech, a tym samym stanu urządzenia i jego podatności na wykonanie postawionych zadań.

Informacje te, uzyskiwane w analizowanych odcinkach czasu, stanowią podstawę do podejmowania decyzji wykonawczych, bądź do usprawniania ich wartości funkcjonalnych.

Podobne diagnozy mogą być opracowane dla innych funkcjonalnych struktur sprzętu uzbrojenia i wkomponowane w cały system szkolenia specjalistów i oceny funkcjonalnej, w tym niezawodnościowej, analizowanego sprzętu.

4. Podsumowanie i wnioski

W artykule przedstawiono zarys koncepcji niezawodności funkcjonowania sprzętu i środków odpowiedzialnych za wykonanie stawianych zadań. Za ich wykonanie odpowiadają zespoły specjalistyczne funkcjonujące według struktury niezawodnościowej – najczęściej szeregowej struktury niezawodnościowej.

Zespoły te powinny uczestniczyć w ciągłym szkoleniu na symulatorach, poprawiając swoje zdolności wykonawcze.

Presented results of operation for executive subsystems allow for complete presentation of characteristics for distinguished parameters and by the same for the status of the equipment and its suitability to the performance of assigned tasks.

The information received in the analysed periods of time creates a base for making executive decisions or for improvement of functional values.

Similar diagnoses may be prepared for other functional structures of ordnance system and integrated with the whole system of specialists training and functional evaluation, including the evaluation of reliability, for the investigated equipment.

4. Summary and Conclusions

The paper has outlined a reliability concept for operation of equipment and assets responsible for the performance of imposed tasks. The specialised teams operating according to a reliability structure, usually a serial reliability structure, are responsible for their execution.

These teams have to take part in continuous training on simulators to improve their performance capacities.

W każdym sprzęcie poddanym analizie można wyróżnić zespoły odpowiedzialne za wykonanie stawianych zadań oraz określić, czy ich wykonywanie jest zgodne z wymaganiami zdefiniowanymi przez kierownictwo eksploatacji. Gdy wymagania te przestają być spełniane, należy dokonać obsługiwanie systemów wykonawczych, wymieniać je na nowe lub zgłosić potrzebę modernizacji.

Z przedstawionych rozważań wynikają następujące wnioski:

1. Wykonywanie stawianych zadań przez sprzęt uzbrojenia uwarunkowane jest niezawodnością sprzętu i zespołów odpowiedzialnych za realizację tych zadań. Zespoły funkcjonujące według określonej struktury niezawodnościowej funkcjonują według uwarunkowań stawianych przez kierownictwo zadania.
2. Wykonane w pracy rozważania zostały oparte na strukturze technologicznej systemu raketowego „Homar”, który był rozważany w procesie funkcjonowania. Podobne rozwiązania funkcjonalne można rozważyć na dowolnym typie sprzętu uzbrojenia, przyjmując jego strukturę niezawodnościową.
3. Uzyskane w niniejszej pracy rezultaty mogą być podstawą unowocześnienia szkolenia specjalistów funkcjonujących w procesie przygotowania i wykonywania stawianych zadań. Zadania te będą wykonywane zgodnie z wymaganiami niezawodności funkcjonalnej zespołów wykonawczych.

For the studied equipment the units responsible for the execution of imposed tasks may be distinguished and the possibility of their fulfilment according to requirements defined by the operational managerial team may be determined. When these requirements are not met then the executive systems have to be serviced, replaced by the new ones or put in the list of upgrading.

Following conclusions may be drawn from the above considerations:

1. Fulfilment of imposed tasks by the ordnance equipment depends on the reliability of the equipment and teams responsible for execution of tasks. Teams operating according to a specific structure of reliability work in line with conditions set by the management of the assignment.
2. The studies presented in the paper were based on technological structure of rocket system „Homar” which was studied in the functional process. Similar functional solutions may be considered for any type of ordnance equipment by accepting its reliability structure.
3. The results presented in the paper may be used as a base to update the training process of specialists engaged in the chain of preparation and execution of imposed tasks. These tasks are to be performed according to the requirements of functional reliability of executive teams.

Literatura / Literature

- [1] Figurski Jan, Wieciński Włodzimierz, *Modelowanie systemu eksploatacji*, Bellona, Warszawa 1996.

