

NO-06-A102

2005

Wprowadza

-

Zastępuje

WPN-84/N-01002

Uzbrojenie i sprzęt wojskowy
Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli
i badań
Wymagania niezawodnościowe

Przedmowa

Niniejsza norma została opracowana przez Komitet Techniczny Nr 176 ds. Techniki Wojskowej i Zaopatrzenia.

Norma zastępuje WPN-84/N-01002 - Aparatura, przyrządy, urządzenia i wyposażenie o przeznaczeniu wojskowym - Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań - Wymagania niezawodnościowe.

W stosunku do WPN-84/N-01002 wprowadzono zmiany dotyczące układu i zawartości normy zgodnie z aktualnie obowiązującymi Regulami Prac Normatywnych.

Norma zawiera załączniki: informacyjne A, B, C, D.

Wszelkie uwagi dotyczące normy należy kierować do Wojskowego Centrum Normalizacji, Jakości i Kodyfikacji. Norma jest dostępna w Wojskowym Centrum Normalizacji, Jakości i Kodyfikacji.

Abstrakt

Określono ogólne wymagania niezawodnościowe, zasady wyboru wskaźników niezawodności: aparatury, przyrządów, urządzeń i wyposażenia o przeznaczeniu wojskowym (dalej w tekście nazywanych urządzeniami) oraz zasady zapewnienia niezawodności podczas projektowania i produkcji.

Tłumaczenie abstraktu

Specifies general reliability requirements, principles underlying selections of reliability rates of the military-oriented apparatus, instruments, devices, equipment, as well as principles to provide reliability in the course of designing and manufacturing them.

Spis treści

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Wstęp..... | 4 |
| 1.1 | Zakres normy..... | 4 |
| 1.2 | Powołania normatywne..... | 4 |
| 1.3 | Terminy i definicje..... | 4 |
| 1.4 | Symbole i formy skrócone terminów..... | 11 |
| 2 | Wymagania..... | 12 |
| 2.1 | Postanowienia ogólne..... | 12 |
| 2.2 | Wybór wskaźników niezawodności..... | 13 |
| 2.3 | Ustalenie wartości wskaźników niezawodności..... | 18 |
| 2.4 | Wymagania dotyczące środków obsługi technicznej (SOT), wyposażenia metrologicznego urządzeń i skompletowania zestawu części zapasowych, narzędzi i wyposażenia (ZCZ)..... | 19 |
| 2.5 | Treść rozdziałów ZTT (ZT) i WT w części dotyczącej wymagań niezawodnościowych..... | 20 |

Załączniki

| | | |
|----------------------------|---|----|
| Załącznik A (informacyjny) | Podstawowe kierunki prac w programie zapewnienia niezawodności PZN..... | 22 |
| Załącznik B (informacyjny) | Wymagania dotyczące programów zapewnienia niezawodności i ich treść.... | 23 |
| Załącznik C (informacyjny) | Podstawowa forma i treść programu zapewnienia niezawodności..... | 32 |
| Załącznik D (informacyjny) | Metody ustalania wymaganych wartości wskaźników niezawodności..... | 33 |

1 Wstęp

1.1 Zakres normy

Przedmiotem normy są ogólne wymagania niezawodnościowe, zasady wyboru wskaźników niezawodności: aparatury, przyrządów, urządzeń i wyposażenia o przeznaczeniu wojskowym (dalej w tekście nazywanych urządzeniami) oraz zasady zapewnienia niezawodności podczas projektowania i produkcji.

1.2 Powołania normatywne

NO-06-A103 Uzbrojenie i sprzęt wojskowy - Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań - Wymagania środowiskowe

NO-06-A207 Uzbrojenie i sprzęt wojskowy - Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań - Wymagania konstrukcyjne

NO-06-A506 Uzbrojenie i sprzęt wojskowy - Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań - Metody badań niezawodności

1.3 Terminy i definicje

1.3.1

charakterystyka funkcjonowania

liczbowa ocena jakości funkcjonowania urządzenia znajdującego się w określonym stanie podczas wykonywania konkretnego zadania

1.3.2

czas kontroli

długość czasu między początkiem i zakończeniem przeglądu (kontroli) urządzenia

1.3.3

czas (kalendarzowy) eksploatacji

kalendarzowy czas eksploatacji wyrobu, liczony od początku eksploatacji lub odnowy po naprawie kapitalnej, do chwili osiągnięcia przez wyrób stanu granicznego

1.3.4

czas (kalendarzowy) przechowywania i/lub transportu

kalendarzowy czas przechowywania i/lub transportowania wyrobu w danych warunkach, w czasie którego i po którym wartości zadanych parametrów pozostają w określonych przedziałach

1.3.5

czas doprowadzenia wyrobu do gotowości bojowej (z prac profilaktycznych, okresu oczekiwania)

przedział czasu, podczas którego urządzenie podlegające obsłudze profilaktycznej lub okresowi oczekiwania powinno zostać doprowadzone do gotowości bojowej

1.3.6

części (elementy) maszyn

elementy wchodzące w skład maszyn, stanowiące nierozdzielną całość, wykonane z jednego kawałka materiału lub z większej liczby kawałków połączonych nierozłącznie

1.3.7

dopuszczalne zużycie kalendarzowego czasu eksploatacji podczas obsługi technicznej i naprawy

maksymalne sumaryczne zużycie czasu kalendarzowego eksploatacji na obsługę techniczną i naprawę

1.3.8

efekt wyjściowy

użyteczny rezultat, wynikający z eksploatacji urządzenia

1.3.9**efektywność urządzenia**

liczbowa charakterystyka efektu wyjściowego urządzenia

1.3.10**gamma-procentowy (kalendarzowy) czas eksploatacji**

kalendarzowy czas trwania eksploatacji, w czasie którego z określonym prawdopodobieństwem γ , wyrażonym w procentach, wyrób nie osiągnie stanu granicznego

1.3.11**gamma-procentowy (kalendarzowy) czas przechowywania i/lub transportu**

czas przechowywania i/lub transportu, który zostanie osiągnięty przez wyrób z określonym prawdopodobieństwem γ , wyrażonym w procentach

1.3.12**gamma-procentowy zasób pracy**

kwanty rzędu $1-\gamma/100$ zmiennej losowej opisującej ilość pracy, jaką wyrób może wykonać od chwili rozpoczęcia eksploatacji do chwili osiągnięcia stanu granicznego

1.3.13**jakość**

ogół cech i właściwości wyrobu lub usługi, decydujący o zdolności wyrobu lub usługi do zaspokojenia stwierdzonych lub przewidywanych potrzeb

1.3.14**jednostkowy wskaźnik niezawodności**

wskaźnik niezawodności, odnoszący się do jednej z właściwości, określających niezawodność wyrobu

1.3.15**kompleksowy wskaźnik niezawodności**

wskaźnik niezawodności, odnoszący się do kilku właściwości, określających niezawodność wyrobu

1.3.16**kryterium**

zasada wyznaczająca sposób osądzania czegoś pod względem obecności, braku lub stopnia posiadania pewnych cech; miernik służący za podstawę oceny

1.3.17**kryterium uszkodzenia**

wymagania dotyczące cechy lub zespołu cech, na których podstawie ustala się fakt powstania uszkodzenia

1.3.18**metodyka**

zespół wytycznych dotyczących sposobów postępowania, efektywnych ze względu na określony cel

1.3.19**metrologiczne wyposażenie urządzenia**

działalność naukowa, organizacyjna i produkcyjna, zmierzająca do uzyskania w kraju jednolitości i wymaganej dokładności pomiarów przy projektowaniu, badaniach, produkcji i eksploatacji urządzenia

1.3.20**naprawa**

zbiór czynności organizacyjno-technicznych wykonywanych w celu przywrócenia wyrobowi jego stanu zdolności

1.3.21**naprawa kapitalna**

zbiór czynności organizacyjno-technicznych wykonywanych podczas naprawy głównej w celu przywrócenia wyrobowi jego stanu zdatności

1.3.22**naprawialność; podatność na naprawę**

właściwość wyrobu charakteryzująca jego przystosowanie do wykonywania napraw w określonych warunkach eksploatacji z wykorzystaniem ustalonych metod i środków

1.3.23**nieuszkodzalność**

właściwość wyrobu, charakteryzująca jego zdolność do ciągłego zachowania stanu zdatności podczas wykonywania zadania

1.3.24**niezawodność**

zdolność wyrobu do spełnienia zadanych funkcji w określonych warunkach eksploatacji, z zachowaniem wskaźników eksploatacyjnych, w założonych przedziałach wymaganego czasu lub wymaganej ilości wykonanej pracy

1.3.25**niezawodność bezpieczeństwa systemu**

odporność systemu na błędy jego działania, skutkiem, których może być zagrożenie tego systemu, systemów z nim współpracujących, środowiska i życia ludzkiego

1.3.26**nominalny poziom jakości funkcjonowania**

poziom jakości funkcjonowania urządzenia, odpowiadający jego poprawnej pracy

1.3.27**obsługi techniczne statków powietrznych projektowanych wg resursów**

wykonywanie w określonych przedziałach czasu pracy lub przedziałach czasu kalendarzowego, wcześniej zaplanowanego zakresu prac odtwarzających założony poziom niezawodności niezależnie od stanu technicznego obiektu

1.3.28**oczekiwana długość transportu do uszkodzenia**

wartość oczekiwana długości drogi transportu urządzenia do chwili uszkodzenia

1.3.29**oczekiwany (kalendarzowy) czas eksploatacji**

wartość oczekiwana zmiennej losowej, oznaczającej długość kalendarzowego czasu od chwili rozpoczęcia eksploatacji do chwili wycofania wyrobu z eksploatacji

1.3.30**oczekiwany (kalendarzowy) czas eksploatacji do średniej (kapitalnej) naprawy**

wartość oczekiwana zmiennej losowej, oznaczającej długość kalendarzowego czasu od chwili rozpoczęcia eksploatacji do chwili naprawy kapitalnej wyrobu

1.3.31**oczekiwany (kalendarzowy) czas eksploatacji do wycofania**

wartość oczekiwana zmiennej losowej, oznaczającej długość kalendarzowego czasu od chwili rozpoczęcia eksploatacji do chwili wycofania wyrobu z eksploatacji uwarunkowanego osiągnięciem stanu granicznego

1.3.32**oczekiwany (kalendarzowy) czas między średnimi (kapitalnymi) naprawami**

wartość oczekiwana (kalendarzowego) czasu eksploatacji między średnimi (kapitalnymi) naprawami

1.3.33**oczekiwany (kalendarzowy) czas przechowywania i/lub transportu**

wartość oczekiwana zmiennej losowej opisującej kalendarzowy czas przechowywania i/lub transportu

1.3.34

oczekiwany czas naprawy

wartość oczekiwana zmiennej losowej opisującej przedział czasu od początku naprawy do chwili jej zakończenia

1.3.35

oczekiwany czas poprawnej pracy do uszkodzenia

wartość oczekiwana zmiennej losowej opisującej czas poprawnej pracy do chwili pierwszego uszkodzenia

1.3.36

oczekiwany czas poprawnej pracy między uszkodzeniami

wartość oczekiwana zmiennej losowej opisująca czas pracy między dwoma kolejnymi uszkodzeniami

1.3.37

oczekiwany sumaryczny czas obsługi technicznej

wartość oczekiwana sumarycznych strat czasu, spowodowanych obsługą techniczną w ustalonym okresie eksploatacji

1.3.38

oczekiwany zasób pracy

wartość oczekiwana zmiennej losowej opisującej ilość pracy, jaką może wykonać wyrób od chwili rozpoczęcia eksploatacji do chwili osiągnięcia stanu granicznego

1.3.39

oczekiwany zasób pracy do średniej (kapitałnej) naprawy

wartość oczekiwana zmiennej losowej oznaczającej ilość pracy jaką może wykonać wyrób od chwili rozpoczęcia eksploatacji do pierwszej naprawy głównej

1.3.40

oczekiwany zasób pracy do wycofania z eksploatacji

wartość oczekiwana zasobu pracy urządzenia od początku eksploatacji do jego wycofania, spowodowanego osiągnięciem stanu granicznego

1.3.41

oczekiwany zasób pracy między średnimi (kapitałnymi) naprawami

wartość oczekiwana zasobu pracy między kolejnymi średnimi (kapitałnymi) naprawami urządzenia

1.3.42

odnowa

przywracanie stanu pierwotnego, wyglądu, sprzed uszkodzenia

1.3.43

okresowość kontroli

czas między kolejnymi początkami przeglądów urządzenia

1.3.44

okresowość obsługi technicznych

ilość pracy lub czas pracy między dwiema kolejnymi obsługami technicznymi tego samego typu

1.3.45

operacyjno-taktyczne wskaźniki niezawodności

wskaźniki wyrażające wpływ niezawodności na wykonanie zadań

1.3.46

podatność na przechowywanie i/lub transport

właściwość wyrobu polegająca na zdolności do ciągłego zachowania stanu sprawności i zdatności w czasie i po przechowaniu i/lub transporcie w ustalonych warunkach

1.3.47**populacja**

ogół przedmiotów, osób, jednostek, elementów poddawanych badaniu statystycznemu lub, których dotyczy wnioskowanie statystyczne

1.3.48**poziom jakości funkcjonowania**

stosunek charakterystyki jakości funkcjonowania urządzenia znajdującego się w danym stanie do charakterystyki jakości funkcjonowania urządzenia znajdującego się w stanie zdatności

1.3.49**prawdopodobieństwo nieuszkodzenia wyrobu podczas przechowywania**

prawdopodobieństwo, że w ustalonych przedziałach czasu przechowywania urządzenie nie uszkodzi się

1.3.50**prawdopodobieństwo "niewykrytego uszkodzenia"**

prawdopodobieństwo uznania (podczas kontroli) za prawidłowy parametru, którego rzeczywista wartość nie była zgodna z odpowiednimi wymaganiami podanymi w dokumentacji technicznej

1.3.51**prawdopodobieństwo "pozornego uszkodzenia"**

prawdopodobieństwo uznania (podczas kontroli) za nieprawidłowy parametru, którego rzeczywista wartość była zgodna z wymaganiami podanymi w dokumentacji technicznej

1.3.52**prawdopodobieństwo nieuszkodzenia wyrobu podczas przechowywania i pracy**

prawdopodobieństwo, że w ustalonych przedziałach czasu przechowywania i pracy urządzenie nie uszkodzi się

1.3.53**prawdopodobieństwo nieuszkodzenia wyrobu podczas transportu na odległość l_{tr}**

prawdopodobieństwo, że podczas wymaganego czasu transportowania na ustaloną odległość urządzenie nie uszkodzi się

1.3.54**prawdopodobieństwo poprawnego zastosowania**

prawdopodobieństwo, że urządzenie dopuszczone do stosowania będzie zdadne i nie uszkodzi się podczas stosowania

1.3.55**prawdopodobieństwo poprawnej pracy**

prawdopodobieństwo zdarzenia, że w przedziale czasu $0, t >$ wyrób nie uszkodzi się

1.3.56**proces eksploatacji**

zbiór stanów eksploatacyjnych wyrobu, przechodzenie z jednego stanu eksploatacyjnego do innego

1.3.57**przegląd profilaktyczny**

poddawanie elementów obserwacji w celu zabezpieczenia przed uszkodzeniem

1.3.58**stan graniczny**

stan fizyczny, przy którym dalsza eksploatacja wyrobu jest niewskazana lub niemożliwa

1.3.59**stan niesprawności**

stan, w którym urządzenie nie spełnia chociaż jednego z wymagań podanych w dokumentacji normatywno-technicznej i/lub konstrukcyjnej

1.3.60**stan niezdatności**

stan techniczny, w którym obiekt nie może zrealizować zadania zgodnie z wymaganiami, przy określonym oddziaływaniu otoczenia

1.3.61**stan sprawności**

stan, w którym urządzenie spełnia wszystkie wymagania określone w dokumentacji normatywno-technicznej i/lub konstrukcyjnej

1.3.62**stan techniczny wyrobu**

jakość elementów i zespołów wyrobu w momencie prowadzenia badań i analiz

1.3.63**stan zdatności**

stan niezawodnościowy, w którym wyrób może wykonywać zadanie w sposób zgodny z wymaganiami, przy określonym oddziaływaniu otoczenia

1.3.64**strukturalny schemat niezawodności**

umowne, graficzne przedstawienie niezawodności urządzenia ze względu na elementy składowe związane ze sobą wpływem, jaki wywiera uszkodzenie każdego z nich na całe urządzenie

1.3.65**system obsługi technicznej i napraw**

kompleks wzajemnie powiązanych postanowień i zasad określających organizację i tryb prowadzenia prac związanych z obsługą techniczną i naprawą urządzenia, w danych warunkach eksploatacyjnych, w celu zapewnienia wskaźników jakości założonych w dokumentacji normalizacyjnej

1.3.66**techniczne wskaźniki niezawodności**

wskaźniki wyrażające niezawodność jako cechę właściwą urządzeniu

1.3.67**trwałość**

właściwość wyrobu charakteryzująca jego zdolność do zachowania stanu zdatności w określonych warunkach do zakończenia eksploatacji

1.3.68**urządzenie ciągłego działania**

urządzenie, przeznaczone do ciągłego wykonywania swoich funkcji podczas całego okresu eksploatacji, z wyłączeniem planowych i wymuszonych przerw w pracy

1.3.69**urządzenie jednokrotnego użytku**

urządzenie, które ze względu na specyfikę wykonywanych zadań lub zgodnie ze specyfiką konstrukcyjną przeznaczone jest do wykonania poszczególnych funkcji tylko jeden raz podczas całego okresu eksploatacji

1.3.70**urządzenie naprawialne**

urządzenie, któremu w przypadku wystąpienia uszkodzenia przywraca się zdadność przez naprawę

1.3.71**urządzenie nienaprawialne**

urządzenie nie podlegające naprawie po wystąpieniu uszkodzenia

1.3.72**urządzenie nieodnawialne**

urządzenie, któremu nie przywraca się stanu zdatności po wystąpieniu uszkodzenia

1.3.73

urządzenie odnawialne

urządzenie, któremu w przypadku wystąpienia uszkodzenia jest przywracany stan zdatności przez naprawę lub zmianę uszkodzonej części na część należącą do ZCZ

1.3.74

urządzenie ogólnego zastosowania

urządzenie, które można stosować w zestawie z innym urządzeniem lub samodzielnie, do wykonania różnorodnych zadań bojowych

Uwaga - Do urządzeń ogólnego zastosowania zaliczyć można przyrządy miernictwa radiowego ogólnego zastosowania, urządzenia elektrotechniczne itd.

1.3.75

urządzenie rodzaju I

urządzenie, które może się znajdować w jednym z dwu możliwych stanów - stanie zdatności lub stanie niezdatności

1.3.76

urządzenie rodzaju II

urządzenie, które oprócz stanu zdatności i niezdatności może się jeszcze znajdować w jednym ze stanów pośrednich o obniżonej skuteczności funkcjonowania

1.3.77

urządzenie wielokrotnego użycia

urządzenie, które podczas eksploatacji jest zdolne do wielokrotnego spełniania swoich funkcji w zależności od potrzeb

1.3.78

ustalony zasób pracy (resurs)

ilość pracy, jaką może wykonać wyrób przyjęta umownie, po której wykonaniu należy wyrób wycofać z eksploatacji

1.3.79

uszkodzenie

zdarzenie polegające na przejściu wyrobu ze stanu zdatności do stanu niezdatności

1.3.80

uszkodzenie przypadkowe

uszkodzenie, które powstało w wyniku przypadkowej zmiany wartości przynajmniej jednego z podstawowych parametrów wyrobu, poza dopuszczalne granice tolerancji

1.3.81

uszkodzenie naturalne

uszkodzenie, które powstało w wyniku stopniowej (płynnej) zmiany wartości przynajmniej jednego z podstawowych parametrów urządzenia, na skutek procesu starzenia się lub zużycia

1.3.82

warunki eksploatacji

otoczenie, zespół czynników, warunków naturalnych lub wytworzonych sztucznie, w jakich znajduje się wyrób; są to cechy charakterystyczne czynników zewnętrznych wpływających na parametry i stan techniczny wyrobu w procesie eksploatacji

1.3.83

wskaźnik

charakterystyka liczbową opisująca stan jakościowy systemu eksploatacji

1.3.84

wskaźnik gotowości

prawdopodobieństwo zdarzenia, że wyrób będzie w stanie zdatności w dowolnie wybranej chwili z okresu eksploatacji

1.3.85

wskaźnik gotowości operacyjnej

prawdopodobieństwo zdarzenia, że wyrób będący w stanie zdatności w dowolnie wybranej chwili t okresu eksploatacji będzie się jeszcze znajdował w tym stanie przez określony czas

1.3.86

wskaźnik niezawodności

charakterystyki ilościowe służące do oceny niezawodności przy planowaniu, organizacji procesu eksploatacji wyrobów podczas całego okresu ich użytkowania

1.3.87

wskaźnik wykorzystania planowego

względny udział czasu, w którym urządzenie nie powinno się znajdować w planowej obsłudze technicznej w ogólnym czasie całej eksploatacji

1.3.88

wskaźnik zachowania efektywności

stosunek efektywności urządzenia o rzeczywistej niezawodności do jego efektywności w przypadku nie wystąpienia uszkodzeń w urządzeniu

1.3.89

wskaźniki zapewnienia ZCZ

wskaźniki charakteryzujące wystarczający zapas części zamiennych, narzędzi i wyposażenia, niezbędnych do przywracania zdatności urządzeniu w danych warunkach eksploatacyjnych i przyjętym systemie napraw

1.3.90

wykaz ograniczający

wykaz urządzeń elektronicznych, elektroniki kwantowej i elektrotechnicznych, dopuszczonych do zastosowania przy opracowywaniu urządzeń

1.3.91

zadanie

wykorzystanie wyrobu zgodnie z jego przeznaczeniem

1.3.92

zasób pracy

zmienna losowa określająca ilość pracy wyrobu do osiągnięcia stanu granicznego

1.3.93

zestaw części zamiennych

normatywna struktura i ilość części niezbędnych do wymian profilaktycznych i napraw doraźnych

1.4 Symbole i formy skrócone terminów

B, C, D - kategoria urządzenia

B_{ogr} - parametr ograniczający

C_{zb} - sumaryczne nakłady na wykonanie zadania bojowego

DT - dokumentacja techniczna

K_{ef} - wskaźnik zachowania efektywności

K_{og} - wskaźnik gotowości operacyjnej

K_p - wskaźnik wykorzystania planowego

K_g - wskaźnik gotowości

L_{tr} - oczekiwana długość drogi transportu do uszkodzenia

l_{tr} - długość drogi transportu

PBK - prace badawczo-konstrukcyjne

PB - program badań

$P_{n,u}$ - prawdopodobieństwo „niewykrytego uszkodzenia”

P_{opt} - optymalny poziom niezawodności

| | |
|--------------------|--|
| $P_{pr}(t)$ | - prawdopodobieństwo poprawnego zastosowania w przedziale czasu $(0, t >)$ |
| $P_{p,u}$ | - prawdopodobieństwo „pozornego uszkodzenia” |
| PZN | - program zapewnienia niezawodności |
| PZN_o | - program zapewnienia niezawodności w etapie opracowywania |
| PZN_p | - program zapewnienia niezawodności w etapie produkcji |
| $P(t^*)$ | - prawdopodobieństwo nieuszkodzenia wyrobu podczas przechowywania (oczekiwania na pracę) w przedziale czasu $(0, t^* >)$ |
| $P(t^{**})$ | - prawdopodobieństwo nieuszkodzenia wyrobu podczas przechowywania i pracy w przedziale czasu $(0, t^{**} >)$ |
| $P(l_{tr})$ | - prawdopodobieństwo nieuszkodzenia wyrobu podczas transportu na odległość l_{tr} |
| $P(t)$ | - prawdopodobieństwo poprawnej pracy w przedziale czasu $(0, t >)$ |
| S | - wskaźnik efektywności systemu |
| SASOT | - system automatycznego sterowania kontrolą zdatności i obsługą techniczną |
| SAK | - system automatycznej kontroli zdatności |
| SAKS | - system automatycznej kontroli zdatności i sterowania rezerwami |
| SOT | - środki obsługi technicznej |
| SPK | - środki pomiarowo-kontrolne |
| T_e | - czas (kalendarzowy) eksploatacji |
| $T_{e,\gamma}$ | - gamma-procentowy (kalendarzowy) czas eksploatacji |
| $T_{e,\acute{s}r}$ | - oczekiwany (kalendarzowy) czas eksploatacji |
| $T_{e,n}$ | - oczekiwany (kalendarzowy) czas eksploatacji do średniej (kapitałnej) naprawy |
| $T_{e,sp}$ | - oczekiwany (kalendarzowy) czas eksploatacji do wycofania |
| $T_{e,m}$ | - oczekiwany (kalendarzowy) czas między średnimi (kapitałnymi) naprawami |
| $T_{e,u}$ | - ustalony (kalendarzowy) czas eksploatacji |
| T_k | - czas trwania kontroli |
| T_m | - oczekiwany czas poprawnej pracy między uszkodzeniami |
| T_n | - oczekiwany czas naprawy |
| $T_{o,k}$ | - okresowość kontroli |
| $T_{o,t}$ | - okresowość obsług technicznych |
| T_p | - czas (kalendarzowy) przechowywania i/lub transportu |
| T_{prz} | - oczekiwany czas pracy między przekłamaniami |
| $T_{p,\acute{s}r}$ | - oczekiwany (kalendarzowy) czas przechowywania i/lub transportu |
| $T_{p,u}$ | - ustalony (kalendarzowy) czas przechowywania i/lub transportu |
| $T_{p,\gamma}$ | - gamma-procentowy (kalendarzowy) czas przechowywania i/lub transportu |
| $T_{\acute{s}r}$ | - oczekiwany czas poprawnej pracy do uszkodzenia |
| T_z | - zasób pracy |
| T_{zd} | - dopuszczalne zużycie zasobu pracy i (kalendarzowego) czasu eksploatacji podczas obsługi technicznej i naprawy |
| $T_{z,\acute{s}r}$ | - oczekiwany zasób pracy |
| $T_{z,m}$ | - oczekiwany zasób pracy między średnimi (kapitałnymi) naprawami |
| $T_{z,n}$ | - oczekiwany zasób pracy do średniej (kapitałnej) naprawy |
| $T_{z,sp}$ | - oczekiwany zasób pracy do wycofania z eksploatacji |
| $T_{z,u}$ | - ustalony zasób pracy |
| $T_{z,\gamma}$ | - gamma-procentowy zasób pracy |
| ΔT_z | - dopuszczalne zużycie zasobu pracy i czasu (kalendarzowego) eksploatacji podczas obsługi technicznej i napraw |
| t | - czas pracy (określony przeznaczeniem i charakterem zastosowania) |
| t^* | - czas przechowywania (oczekiwania) |
| t^{**} | - czas przechowywania i pracy |
| t_{gb} | - czas doprowadzenia wyrobu do gotowości bojowej (z prac profilaktycznych, okresu oczekiwania) |
| WT | - warunki techniczne |
| ZCZ | - zestaw części zapasowych, narzędzi i wyposażenia |
| ZT | - założenia techniczne |
| ZTT | - założenia taktyczno-techniczne |
| $\Sigma_{o,t}$ | - oczekiwany sumaryczny czas obsługi technicznej |

2 Wymagania

2.1 Postanowienia ogólne

2.1.1 Wymagania niezawodnościowe ustala się dla konkretnych urządzeń i podaje w ZTT (ZT), dotyczących projektowania oraz w WT.

2.1.2 Wyboru wskaźników niezawodności urządzeń oraz ich wartości należy dokonać zgodnie z wymaganiami podanymi w niniejszej normie, w zależności od przeznaczenia urządzeń, szczegółowych cech eksploatacji, wymagań stawianych wyrobowi, w którym urządzenia te będą stosowane, uwzględniając celowość techniczną i ekonomiczną.

2.1.2.1 Wymagania niezawodnościowe dotyczące części składowych urządzeń ustala się ze względu na możliwość spełnienia wymagań przez całe urządzenie (złożone).

2.1.2.2 Wartości wskaźników niezawodności (z uwzględnieniem przyjętego systemu obsługi technicznych i napraw) powinny, podczas całego okresu eksploatacji urządzenia, odpowiadać wymaganiom podanym w ZTT (ZT) i WT dla ustalonych warunków zastosowania.

2.1.3 Wskaźniki niezawodności dzieli się na wskaźniki operacyjno-taktyczne i wskaźniki techniczne. Wskaźniki operacyjno-taktyczne są przeznaczone do charakteryzowania efektywności pracy urządzeń przy stosowaniu ich zgodnie z przeznaczeniem. Wskaźniki techniczne są przeznaczone do charakteryzowania poszczególnych właściwości niezawodnościowych (nieuszkodzalności, naprawialności, trwałości i przechowywalności).

2.1.4 Wskaźniki niezawodności mogą dotyczyć jednej właściwości (jednostkowe) lub kilku właściwości (kompleksowe).

2.1.5 W celu dokonania wyboru wskaźników niezawodności, przeprowadza się następującą klasyfikację urządzeń:

- a) ze względu na charakter zastosowania - na kategorie A, B, C, D (odpowiednio - wielokrotnego użycia, ciągłego działania, jednokrotnego użytku i ogólnego zastosowania);
- b) ze względu na możliwość naprawy i odnowy - na naprawialne i nienaprawialne, odnawialne i nieodnawialne;
- c) ze względu na wpływ uszkodzeń na efekt wykonania zadania (wartość efektu wyjściowego) na urządzenia, dla których:
 - efekt wyjściowy jest proporcjonalny do sumarycznego czasu poprawnej pracy;
 - efekt wyjściowy jest proporcjonalny do sumarycznej liczby okresów poprawnej pracy o długości t ;
 - efekt wyjściowy jest równy 1, jeśli czas poprawnej pracy jest równy określonej wartości t , lub jest równy 0, jeśli uszkodzenie wystąpi w tym przedziale czasu;
- d) ze względu na liczbę możliwych stanów (ze względu na zdatność) na rodzaje:
 - I – urządzenia, które mogą się znajdować w dwu możliwych stanach - stanie zdatności lub stanie niezdatności;
 - II - urządzenia, które oprócz stanu zdatności i niezdatności mogą się znajdować w stanach pośrednich, o obniżonej zdatności.

2.1.6 W celu opracowania urządzenia spełniającego ustalone wymagania niezawodnościowe, zgodnie z niniejszą normą w ustalonych w ZTT (ZT) rodzajach i warunkach eksploatacji, z uwzględnieniem wymagań podanych w PrNO-06-A206, należy opracować dokumentację dotyczącą zapewnienia wymaganych wskaźników niezawodności i odporności całkowitej na wpływ opisanych czynników (program, plan, schemat graficzny itp.; dalej w tekście oznaczany PZN), ustalającą zbiór wzajemnie zależnych wymagań, zasad i przedsięwzięć organizacyjno-technicznych, ukierunkowanych na osiągnięcia zamierzonych celów.

Podstawowe kierunki prac, wymagania dotyczące PZN przykład typowego zakresu i formy PZN są podane w załącznikach informacyjnych A, B i C.

2.2 Wybór wskaźników niezawodności

2.2.1 Wskaźniki niezawodności dla konkretnych urządzeń rodzaju I wybiera się z tablicy 1, w zależności od charakteru zastosowanej naprawy i odnowy oraz wartości efektu wyjściowego. Zaleca się stosowanie takiego wskaźnika, który najpełniej charakteryzuje niezawodność urządzenia i stosunkowo prosto może być skontrolowany.

2.2.1.1 Do stosowania wskaźników dotyczących zasobu pracy, czasu (kalendarzowego) eksploatacji, czasu transportu, po uzgodnieniu między opracowującym i zamawiającym przyjmuje się jeden lub kilka spośród następujących wskaźników niezawodności: $T_{z,\gamma}$, $T_{z,\dot{s}r}$, $T_{z,m}$, $T_{z,sp}$, $T_{z,n}$, $T_{e,\gamma}$, $T_{e,\dot{s}r}$, $T_{e,m}$, $T_{e,n}$, $T_{e,sp}$, $T_{p,\gamma}$, $T_{p,\dot{s}r}$, $P(t^*)$, L_{tr} , $P(l_{tr})$.

Podane wskaźniki dotyczą urządzeń rodzaju I i II.

W WT na urządzenia dopuszcza się także stosowanie następujących wskaźników: $T_{z,u}$, $T_{e,u}$, $T_{p,u}$.

| Kategoria urządzenia wg charakteru zastosowania | Możliwość naprawy, odnowy i wartość efektu wyjściowego a) | Wskaźniki niezawodności b) | | | | | Uwagi |
|---|--|---|--------------------------|---------------------|------------|--|---|
| | | Operacyjno- taktyczne | techniczne | | | podatności na prze- chowywa- nie i/lub transport | |
| | | | nieuszk- dzalności c) | naprawial- ności | trwałości | | |
| A. Wielokrotnego użycia Stany eksploatacji: przechowywanie, transport, oczeki- wanie i praca | naprawialne, odnawiane bezpośrednio po wykryciu uszkodzenia; efekt wyjściowy proporcjonalny do sumarycznego czasu poprawnej pracy | K_g | T_m | T_n | T_z, T_e | T_p | - |
| | naprawialne, odnawiane w odcinkach cza- su między przedziałami pracy; efekt wy- jściowy równy 1, jeśli wyrób przepracował bez uszkodzenia przez czas t i równy 0, jeśli uszkodził się w tym czasie | $K_g, P(t)$ lub K_{og} | T_m | T_n | T_z, T_e | T_p | gotowość określa się w chwili rozpo- częcia stosowania: może być ona lo- sowa lub zdetermi- nowana |
| | naprawialne; odnawiane bezpośrednio po wykryciu uszkodzenia; efekt wyjściowy jest proporcjonalny do su- marycznej ilości poprawnie przepracowa- nych przedziałów czasu o długości t | $K_g, P(t)$ lub $K_{og}, P(t)$ lub K_{og} | T_m | T_n | T_z, T_e | T_p | gotowość określa się w chwili rozpo- częcia stosowania: może być ona lo- sowa lub zdetermi- nowana |
| | nienaprawialne; efekt wyjściowy jest pro- porcjonalny do sumarycznej ilości prze- działów poprawnej pracy o długości t | $P(t^*), P(t)$ lub K_{og} | $T_{\acute{s}r}$ | - | T_z, T_e | T_p | $P(t^*)$ dotyczy okresu oczekiwania |
| B. Ciągłego działa- nia Stany eksploatacji: przechowywanie, transport i praca | naprawialne; odnawialne bezpośrednio po wykryciu uszkodzenia; efekt wyjściowy proporcjonalny do suma- rycznego czasu poprawnej pracy | K_{og} | T_m | T_n | T_z, T_e | T_p | - |
| | naprawialne; odnawiane bezpośrednio po wykryciu uszkodzenia; efekt wyjściowy proporcjonalny do suma- rycznej ilości przedziałów poprawnej pracy o długości t | $K_g, P(t)$ lub K_{og} | T_m | T_n | T_z, T_e | T_p | - |

Tablica 1 - Wskaźniki niezawodności urządzeń

NO-06-A102:2005

| Kategoria urządzenia wg charakteru zastosowania | Możliwość naprawy, odnowy i wartość efektu wyjściowego a) | Wskaźniki niezawodności b) | | | | | Uwagi |
|---|---|--|--------------------------|---------------------|---------------------------------|--|---|
| | | Operacyjno- taktyczne | techniczne | | | podatności na prze- chowywa- nie i/lub transport | |
| | | | nieuszk- dzalności c) | naprawiał- ności | trwałości | | |
| B. Ciągłego działa- nia Stany eksploatacji: przechowywanie, transport i praca | nienaprawialne; efekt wyjściowy równy 1, jeśli wyrób przepracował bez uszkodzenia przez czas t i równy 0, jeśli uszkodził się w tym czasie | P(t) | T _{śr} | - | T _z , T _e | T _p | - |
| C. Jednokrotnego użytku Stany eksploatacji: przechowywanie, transport i praca | naprawialne; odnawiane przed zastosowa- niem; stosowane po wstępnym przygoto- waniu | K _g , P(t) lub K _{og} | T _{śr} | T _n | T _z , T _e | T _p | K _g - odnosi się do okresu oczekiwania i określa się z uwzględnieniem przechowywania, postaci kontroli itp. |
| | naprawialne; odnawiane przed zastosowa- niem | K _{og} , P _{pr} (t) lub K _g , P(t) K _{og} | T _{śr} | T _n | T _z , T _e | T _p | - |
| | nienaprawialne; stosowane po wstępnym przygotowaniu | P(t), P(t*) lub K _{og} | T _{śr} | - | T _z , T _e | T _p | P(t*) - odnosi się do okresu oczekiwania |
| | nienaprawialne; stosowane bez przy- gotowania; natychmiastowego zadziałania | P(t**) | - | - | T _e | - | P(t**) - odnosi się do okresu oczeki- wania i pracy |

Tablica 1 (ciąg dalszy)

| Kategoria urządzenia wg charakteru zastosowania | Możliwość naprawy, odnowy i wartość efektu wyjściowego a) | Wskaźniki niezawodności b) | | | | | Uwagi |
|--|---|----------------------------|----------------------|----------------|---------------------------------|--|-------|
| | | Operacyjno-taktyczne | techniczne | | | | |
| | | | nieuszkadzalności c) | naprawialności | trwałości | podatności na przechowywanie i/lub transport | |
| D. Ogólnego zastosowania | naprawialne | - | T _m | T _n | T _z , T _e | T _p | - |
| Eksplloatowane w zestawie z urządzeniem kategorii A, D, C, w celu rozwiązania różnych zadań operacyjno-taktycznych lub samodzielnie | nienaprawialne | - | T _{śr} | - | T _z , T _e | T _p | - |
| a) Dla urządzenia jednokrotnego użytku efekt wyjściowy równy 1, jeżeli w przedziale czasu o długości t wyrób nie uszkodzi się i jest równy 0, jeżeli wyrób uszkodzi się w tym przedziale czasu, b) Przedstawione w tablicy 1 wskaźniki, w każdym konkretnym przypadku powinny być określone z uwzględnieniem charakteru zastosowania, metody kontroli, różnorodnych rodzajów pracy i obciążeń, a także strat czasu związanych z obsługą techniczną. c) Dla urządzeń wykorzystujących środki techniki obliczeniowej jednocześnie z oczekiwanym czasem poprawnej pracy między uszkodzeniami T _m powinien być określony oczekiwany czas poprawnej pracy między przekłamaniami T _{prz} . | | | | | | | |

Tablica 1 (ciąg dalszy)

2.2.1.2 Dla urządzeń rodzaju I, kategorii A, B, C podaje się wskaźniki operacyjno-taktyczne, wskaźniki techniczne nieuszkodzalności i naprawialności lub jeden z wskaźników operacyjno-taktycznych łącznie z jednym ze wskaźników nieuszkodzalności i naprawialności. Dla urządzeń opracowywanych do wykonania określonego zadania bojowego zaleca się stosowanie wskaźników operacyjno-taktycznych.

2.2.1.3 Po uzgodnieniu z zamawiającym dopuszcza się stosowanie innych wskaźników jeżeli dokładniej charakteryzują one niezawodność urządzenia oraz pełniej uwzględniają specyfikę jego eksploatacji.

2.2.2. Do zbioru wskaźników niezawodności urządzeń rodzaju II należą: wskaźnik zachowania efektywności K_{ef} oraz techniczne wskaźniki nieuszkodzalności i naprawialności części składowych urządzeń rodzaju I, a także wskaźniki techniczne trwałości i podatności na przechowywanie i/lub transport.

2.2.2.1 Dla urządzeń rodzaju II kategorii A, B, C, przeznaczonych do wykonania określonego zadania, należy podawać wskaźnik zachowania efektywności K_{ef} (niezależnie od charakteru zastosowania urządzenia) lub wskaźniki niezawodności podane w punkcie 2.2.1.1. jeżeli można odnieść je do urządzeń rodzaju I.

2.2.2.2 W celu uproszczenia oceny niezawodności dopuszcza się:

- traktowanie urządzenia rodzaju II jako urządzenia rodzaju I, stosując podział zbioru poziomów jakości funkcjonowania na dwie grupy odpowiadające stanom zdatności i niezdatności, przy tym stan częściowej zdatności zalicza się do jednej lub drugiej grupy stanów (kryterium podziału stanowi pojęcie uszkodzenia, które określa się dla konkretnego urządzenia i uzgadnia z zamawiającym);
- podział urządzeń rodzaju II na części, które można traktować jako urządzenia rodzaju I i określenie zbioru wskaźników, odpowiadających takiemu podziałowi (operacyjno-taktycznych lub technicznych).

2.2.2.3 Dla części składowych urządzeń rodzaju II, kategorii A, B, C, traktowanych jako urządzenia rodzaju I, wskaźniki niezawodności wybiera się spośród wskaźników podanych w punkcie 2.2.1.2.

2.2.2.4 Dla urządzeń rodzaju I, kategorii D określa się wskaźniki techniczne nieuszkodzalności i naprawialności, podane w tablicy 1.

Dla urządzeń rodzaju II, kategorii D traktowanych jako całość lub też jako części składowe urządzenia, określa się wskaźniki techniczne nieuszkodzalności i naprawialności, podane w tablicy 1.

2.2.3 Oprócz wskaźników niezawodności należy uzupełniająco podać ilościowe i/lub jakościowe wymagania dotyczące wyposażenia metrologicznego, systemu obsługi technicznej i napraw urządzeń.

Wymagania dotycząca systemu obsługi technicznej, obejmujące również efektywność kontroli systemu z uwzględnieniem wyposażenia metrologicznego określa się za pomocą następujących wskaźników: K_p , $\Sigma_{o,b}$, $P_{n,u}$, $P_{p,u}$ i parametrów: ΔT_z , $T_{o,b}$, $t_{g,b}$, $T_{o,k}$, T_k .

Dla ogólnowojskowych przyrządów pomiarowych należy podawać wymagania dotyczące zachowania charakterystyk metrologicznych.

2.3 Ustalenie wartości wskaźników niezawodności

2.3.1 Wartości wskaźników niezawodności ustala się w etapie opracowywania ZTT (ZT), z uwzględnieniem następujących czynników:

- operacyjno-taktycznego przeznaczenia wyrobu;
- wymagań niezawodnościowych, dotyczących wyrobu, którego częścią składową jest urządzenie;
- oczekiwanej budowy strukturalnej urządzenia;
- osiągniętego poziomu niezawodności prototypów - odpowiedników, z uwzględnieniem rozwoju techniki;
- nakładów ekonomicznych związanych z zapewnieniem niezawodności;
- nałożonych ograniczeń, dotyczących masy, gabarytów, kosztów itd.

2.3.1.1 Wartości wskaźników niezawodności i wymagania dotyczące systemu obsługi technicznej z włączeniem wskaźników efektywności systemu kontroli ustala się zgodnie z wymaganiami zawartymi w normach na urządzenie lub innych dokumentach technicznych, zatwierdzonych w ustalonym trybie.

W przypadku braku takich dokumentów, zawierających wartości wskaźników niezawodności urządzenia, zaleca się ich ustalanie metodami podanymi w załączniku informacyjnym D.

2.3.1.2 Wartości wskaźników niezawodności powinny być uzgadniane między wykonawcą i klientem.

2.3.2 Czas (kalendarzowy) eksploatacji, przechowywania i/lub transportu, zasób pracy należy liczyć od momentu podpisania przez przedstawiciela zamawiającego dowodu (metryki) dotyczącego danego egzemplarza urządzenia (partii urządzeń).

2.4 Wymagania dotyczące środków obsługi technicznej (SOT), wyposażenia metrologicznego urządzeń i skompletowania zestawu części zapasowych, narzędzi i wyposażenia (ZCZ)

2.4.1 Przy formułowaniu wymagań niezawodnościowych należy równocześnie w ZTT podać ogólne wymagania dotyczące, środków obsługi technicznej (SOT), wyposażenia metrologicznego oraz skompletowania ZCZ.

2.4.2 Wymagania dotyczące SOT urządzenia

2.4.2.1 Do środków obsługi technicznej związanych z urządzeniem, wbudowanych lub włączonych w celu zapewnienia zdolności i wykrywania niesprawności, w warunkach omówionych dla odpowiednich grup w PrNO-06-A206 mogą być zaliczane:

- a) środki pomiarowo-kontrolne parametrów, urządzenia informacyjno-sterownicze i dokumentujące (SPK);
- b) system automatycznej kontroli zdolności i poszukiwania niesprawności (SAK);
- c) system automatycznej kontroli zdolności i sterowania rezerwami lub innymi parametrami technicznymi (SAKS);
- d) system automatycznego sterowania kontrolą zdolności, prognozowania uszkodzeń i wydawania instrukcji załodze, w zakresie obsługi technicznej (SASOT).

2.4.2.2 We wszystkich przypadkach stosowanie SOT nie powinno obniżać charakterystyk techniczno-eksploatacyjnych urządzenia omówionych w ZTT (ZT).

2.4.2.3 Stosowanie SOT powinno zapewnić rzeczywiste spełnienie wymagań dotyczących obsługi technicznej urządzenia w ustalonym czasie.

2.4.2.4 Stosowanie SOT powinno wykluczać nieprawidłową działalność personelu obsługującego podczas przygotowania urządzenia do stosowania zgodnie z przeznaczeniem przy odnowie lub przeglądach profilaktycznych.

2.4.2.5 Rozdzielczość poszukiwania uszkodzonego elementu powinna być zgodna z założonym poziomem automatyzacji SOT oraz zestawem części zapasowych w ZCZ.

2.4.2.6 Informacje uzyskane w ramach SOT przez personel obsługujący, powinny stanowić dostateczną podstawę do określania stanu zdolności urządzenia i w razie konieczności do podjęcia przedsięwzięć związanych z odnową wyrobu do wymaganego poziomu.

2.4.2.7 Stosowanie SOT nie powinno wymagać zwiększenia objętości dokumentacji eksploatacyjnej, dołączanej do urządzenia, a z reguły powinno przyczyniać się do jej zmniejszenia.

2.4.2.8 Gabaryty, masa, objętość poziom centralizacji i automatyzacji powinny odpowiadać wymaganiom.

2.4.2.9 SOT (dodawane do ZCZ, wbudowane, dołączane w okresie obsługi technicznej) i sposób sprzężenia ich z urządzeniem należy wybrać w zależności od wpływu SOT na niezawodność urządzenia, charakterystyki SOT warunków stosowania i przejętego systemu obsługi technicznej. Przy tym zaleca się stosowanie znormalizowanych i zunifikowanych SOT.

2.4.3 Wymagania dotyczące metrologicznego wyposażenia urządzeń

2.4.3.1 Wymagania dotyczące metrologicznego wyposażenia urządzeń powinny obejmować:

- określenie, zgodnie z 2.2.3, wartości wskaźników wyposażenia metrologicznego ($P_{p,u}$, $P_{n,u}$) urządzenia, wymaganych do pomiaru kontrolowanych parametrów;
- wyczerpujący zakres pomiarów kontrolowanych parametrów, określających techniczny stan urządzenia z ustaloną wiarygodnością;
- istniejące związki metrologiczne kontrolowanych parametrów urządzenia (ze względu na dokładność pomiaru) z państwowymi (wojskowymi) wzorcami.

2.4.3.2 Przy doborze wyposażenia metrologicznego przyrządów pomiarowych ogólnego zastosowania należy uwzględnić zależności między dopuszczalnymi niedokładnościami przyrządu pomiarowego i przyrządu wzorcowego (kontrolującego), określone w dokumentacji normalizacyjnej.

2.4.4 Wymagania dotyczące kompletowania ZCZ

Przy ustalaniu wymagań dotyczących kompletowania ZCZ należy określić:

- warunki lub wskaźniki składu ZCZ;
- dane wyjściowe do określenia zawartości ZCZ;
- metodykę obliczenia ZCZ (w postaci odsyłaczy do odpowiednich norm lub innych dokumentów zgodnie z ustalonym trybem);
- terminy przekazywania wyników obliczeń i samego ZCZ;
- sposób wykorzystania ZCZ.

Należy przy tym uwzględnić:

- rodzaje kompletów ZCZ (jednostkowe, grupowe itd);
- zestawy kompletów ZCZ każdego rodzaju;
- sposób i terminy dostawy ZCZ i miejsca ich rozmieszczenia;
- sposób i okresowość uzupełnienia ZCZ;
- okres eksploatacyjny, na który dostarcza się jednostkowy ZCZ.

2.4.5 Dopuszcza się, w razie konieczności, określenie wymagań uzupełniających dotyczących środków obsługi technicznej, wyposażenia metrologicznego i kompletowania ZCZ, pełniej uwzględniających cechy szczególne eksploatacji urządzenia i nie będących w sprzeczności z postanowieniami niniejszej normy.

2.5. Treść rozdziałów ZTT (ZT) i WT w części dotyczącej wymagań niezawodnościowych

2.5.1 W ZTT (ZT) dotyczących opracowywanego urządzenia, zgodnie z wymaganiami ustalonymi w niniejszej normie należy określić:

- zbiór wskaźników niezawodności i ich wartości, które należy wybrać zgodnie z wymaganiami rozdziałów 2.2 i 2.3;
- kryteria uszkodzeń urządzenia rodzaju I lub kryteria podziału stanów urządzenia rodzaju II na stan zdatności i stan niezdatności przy określonych wskaźnikach charakteryzujących niezawodność urządzenia rodzaju I;
- wskaźnik efektywności urządzeń rodzaju II przy ustalonych wskaźnikach zachowania efektywności;
- kryteria stanu granicznego urządzenia (przy ustalonych wymaganiach dotyczących zasobu pracy i czasu eksploatacji);
- sposoby i warunki stosowania;
- podstawowe przedsięwzięcia mające na celu zapewnienie niezawodności oraz konkretyzujące te przedsięwzięcia wymagania dotyczące: opracowania programu zapewnienia niezawodności (PZN), uzgodnienia go z zamawiającym (organizację zamawiającego) i zatwierdzenie;
- etapy PBK, na których należy sprawdzić z określoną wiarygodnością i dokładnością zgodność urządzeń z ustalonymi wymaganiami niezawodnościowymi oraz metody kontroli (analityczne (obliczeniowe) analityczno (obliczeniowo) doświadczalne lub doświadczalne).

Ponadto w ZTT (ZT), dotyczących opracowywanego urządzenia można określić:

- wymagania dotyczące konstruktorskich, produkcyjnych i eksploatacyjnych sposobów zapewnienia niezawodności, w tym wymagania dotyczące kompletowania ZCZ, omówione w punkcie 2.4.4.;
- liczność próbek urządzeń, pobieranych do badań niezawodności, rodzaj badań (kontrolne lub określające) i parametry planów badań;
- konieczność opracowywania metodyk badań przyspieszonych i dotyczących ich wymagania;

- d) wymagania dotyczące systemu i środków obsługi technicznej z uwzględnieniem wymagań dotyczących wyposażenia metrologicznego, zgodnie z wymaganiami punktów 2.2.3, 2.4.2, 2.4.3.

2.5.2 W WT dla urządzenia należy podać:

- a) wartości wskaźników niezawodności;
 - b) w rozdziale "Zasady odbioru" - rodzaje i okresowość kontroli wskaźników niezawodności, liczbę urządzeń niezbędnych do potwierdzenia wartości wskaźników niezawodności na podstawie wyników badań lub eksploatacji;
 - c) w rozdziale "Metody badań" - rodzaje i warunki badań niezawodności, program badań i kryteria uszkodzeń.
-

PODSTAWOWE KIERUNKI PRAC W PROGRAMIE ZAPEWNIENIA NIEZAWODNOŚCI PZN

Prace, wymagania i zasady wyszczególnione w PZN powinny zapewniać:

- a) wybór optymalnych (z punktu widzenia zapewnienia niezawodności i odporności całkowitej na oddziaływanie czynników środowiskowych - zewnętrznych, a także systemu obsługi technicznej) rozwiązań układowych, konstrukcji, strukturalno-funkcjonalnej budowy urządzenia, zasad, algorytmu i programu, jego działania;
 - b) zastosowanie nowoczesnych materiałów, półfabrykatów i wyrobów kompletujących, odpowiadających wymaganiom ustalonym w normach (warunkach technicznych) i innych przepisach ograniczających;
 - c) jakościowe opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej (w tym dokumentacji eksploatacyjnej i naprawczej);
 - d) spełnienie nowoczesnych wymagań, dotyczących organizacji, warunków opracowywania i produkcji urządzenia (wdrożenia systemu projektowania i produkcji bezbrakowej - system zero-defektowy);
 - e) zastosowanie nowoczesnych metod obliczeniowo-doświadczalnych do określania wskaźników niezawodności i odporności całkowitej urządzeń na działanie środowiskowych (zewnętrznych) czynników;
 - f) uzyskanie przy opracowywaniu urządzenia i zachowanie w procesie jego produkcji określonych zapasów ze względu na techniczne i eksploatacyjne parametry urządzenia;
 - g) wyposażenie zakładu produkcyjnego w nowoczesne oprzyrządowanie technologiczne, zapewniające stabilność procesu technologicznego i wykonywanie okresowej atestacji procesów technologicznych;
 - h) zastosowanie, wyposażenia badawczego, aparatury pomiarowej i kontrolnej, umożliwiającej otrzymanie wiarygodnej informacji o wynikach pomiarów, badań i sprawności urządzeń;
 - i) wdrożenie techniczno-organizacyjnych przedsięwzięć, moralnie i materialnie stymulujących zapewnienie podanych wskaźników niezawodności i odporności całkowitej z minimalnymi stratami czasowymi i materialnymi;
 - j) wykonywanie prac związanych z technologicznym przygotowaniem produkcji, opracowaniem dokumentacji technologicznej oraz dopracowaniem konstrukcji urządzenia pod względem technologiczności;
 - k) okresowe sprawdzanie spełnienia wymagań dotyczących wyposażenia badawczego i środków pomiarowych, przestrzeganie jednolitości miar, dokładności i wiarygodności pomiarów;
 - l) zastosowanie naukowo uzasadnionego systemu kontroli jakości;
 - m) wdrożenie kontroli międzyoperacyjnej (a podczas ważniejszych operacji statystycznego regulowania procesu technologicznego) przy produkcji urządzeń;
 - n) wdrożenie przedsięwzięć zapewniających wykrycie i wyeliminowanie wadliwych bloków, zespołów przed ich umieszczeniem w urządzeniu (np. w procesie prób temperaturowych, starzenia technologicznego itd.);
 - o) wykonywanie aktualnej analizy wszystkich wad z zastosowaniem nowoczesnych metod, w szczególności fizyczno-chemicznych metod kontroli nieniszczącej, wykrycie wad charakterystycznych (przyczyn ich występowania) w procesie badań i eksploatacji, a także podjęcie środków wykluczających powtarzanie się tych wad;
 - p) bardzo dobre przygotowanie techniczne personelu i okresowa kontrola jego przydatności zawodowej.
-

Załącznik B
(informacyjny)**WYMAGANIA DOTYCZĄCE PROGRAMÓW ZAPEWNIENIA NIEZAWODNOŚCI I ICH TREŚĆ****B.1 Wymagania dotyczące programów zapewnienia niezawodności (PZN)****B.1.1 Ogólne wymagania dotyczące PZN**

B.1.1.1 PZN powinien obejmować wszystkie etapy opracowywania i etap produkcji seryjnej urządzeń.

PZN powinien zapewnić spełnienie wymagań podanych w ZTT (ZT) i WT na urządzenie. Celowe jest opracowanie PZN rozpoczynającego się od etapu projektu wstępnego.

B.1.1.2 PZN powinien dotyczyć konkretnego typu lub rodzaju urządzenia, opracowywanego zgodnie z ZTT (ZT) lub produkowanego przez konkretne przedsiębiorstwo (fabrykę). Dla urządzenia złożonego dopuszcza się, aby PZN dotyczyło oddzielnych części opracowywanych wg ZT.

Przy opracowywaniu lub produkcji grupy urządzeń jednego typu dopuszcza się, aby PZN dotyczył całej grupy urządzeń.

B.1.1.3 Podstawę do opracowania PZN powinna stanowić systematyczna kontrola jakości wykonywanych prac, analiza wad w procesie opracowywania, produkcji, badań, napraw i eksploatacji urządzeń oraz ukierunkowane zmiany jego układowej i funkcjonalnej budowy, konstrukcji, technologii, bazy elementów, a także innych czynników, mających wpływ na niezawodność i odporność całkowitą urządzeń na oddziaływanie czynników środowiskowych (zewnętrznych).

B.1.1.4 Przy opracowywaniu PZN należy uwzględnić:

- a) zbiór i ustalony poziom wymagań;
- b) stopień złożoności urządzenia i zasady jego działania;
- c) charakter i przewidywaną wielkość produkcji;
- d) koszty urządzenia, z uwzględnieniem kosztów prac planowanych w PZN;
- e) oczekiwane warunki eksploatacji i zastosowanie urządzenia (jednokrotnego użytku lub wielokrotnego użycia, naprawialne lub nienaprawialne itp.).

B.1.1.5 W PZN powinny być określone:

- a) konkretny zakres prac ukierunkowanych na zapewnienie niezawodności urządzeń;
- b) techniczna i/lub metodyczna dokumentacja, którą należy się posługiwać przy wykonywaniu przedstawionych prac;
- c) forma dokumentacji sprawozdawczej, którą kończy się praca;
- d) terminy wykonywania prac;
- e) wykonawca prac (z podaniem odpowiedzialnego za daną pracę).

B.1.2 Tryb opracowywania i zatwierdzania PZN

B.1.2.1 PZN należy przygotować jako oddzielny dokument dla etapu opracowania (PZN_o) i etapu produkcji (PZN_p).

Przy opracowywaniu PZN należy się kierować wymaganiami według od B.1.3 do B.1.4, a także ZTT (ZT) na to urządzenie.

B.1.2.2 Terminy opracowania PZN powinny być uzgodnione z klientem lub jego przedstawicielem i podane w ZTT (ZT). PZN powinien być zatwierdzony przed rozpoczęciem produkcji serii próbnej.

B.1.2.3 PZN_o powinien być opracowany przez zespół roboczy; wykonawcę prac badawczo-konstrukcyjnych (PBK) z udziałem zespołu podwykonawców PBK i innych podgrup zgodnie z ich strukturą i obowiązkami funkcyjnymi.

Odpowiedzialnym za opracowanie i realizację PZN_o jest wykonawca urządzenia.

B.1.2.4 PZN_o należy uzgodnić z przedstawicielami grup roboczych - podwykonawców PBK w danym przedsiębiorstwie i przedstawicielami zamawiającego.

B.1.2.5 Przy opracowywaniu urządzenia przez kilka przedsiębiorstw (fabryk), każde z nich powinno opracować oddzielny PZN_o, związany z programem ogólnym na całość PBK. Przy tym poszczególne PZN_o powinny być uzgodnione z głównym konstruktorem całego urządzenia.

B.1.2.6 PZN_o powinien być zatwierdzony przez kierownictwo przedsiębiorstwa opracowującego urządzenie wg ZTT(ZT).

B.1.2.7 PZN_p powinny być opracowane przez zespoły robocze zajmujące się niezawodnością, z udziałem innych zespołów, zgodnie z ich strukturą i obowiązkami funkcyjnymi.

Odpowiedzialnym za opracowanie i realizację PZN_p jest główny inżynier przedsiębiorstwa - producenta urządzenia.

B.1.2.8 PZN_p należy uzgodnić z kierownictwem podwykonawców uczestniczących w realizacji programu, głównym konstruktorem i przedstawicielem zamawiającego.

B.1.2.9 Przy produkcji jednego typu urządzenia (lub jego bloków, zespołów) przez wiele przedsiębiorstw, każde z nich powinno opracować oddzielny PZN_p, uwzględniający organizacyjno-techniczne cechy przedsiębiorstwa. Poszczególne PZN_p powinny być uzgadniane z wykonawcą, który przechowuje oryginał dokumentacji urządzenia.

B.1.2.10 PZN_p powinien być zatwierdzony przez kierownictwo wykonawcy.

B.1.2.11 Prace przy opracowywaniu PZN, jak również prace ustalone w PZN, są włączane do planu prac PBK lub produkcji urządzenia i planu zespołów roboczych przedsiębiorstw uczestniczących w opracowaniu i produkcji urządzenia.

B.1.2.12 Oceny efektywności i wykonania prac zgodnie z programem dokonuje się:

- a) według PZN_o - w etapie projektu wstępnego i projektu technicznego: ogólnej oceny dokonuje się na podstawie wyników badań przy przyjęciu PBK przez komisję państwową (międzyresortową);
- b) według PZN_p - na podstawie wyników produkcji serii próbnej, badań okresowych (typu), badań zdawczo-odbiorczych, badań niezawodności, a także na podstawie wyników okresowego potwierdzania wskaźników niezawodności urządzeń (na podstawie zbioru informacji), które powinno być wykonywane nie rzadziej niż raz do roku; oceny dokonuje komisja wykonawcy z udziałem przedstawiciela zamawiającego; wyniki oceny zatwierdza kierownictwo wykonawcy oraz przedstawiciel zamawiającego.

Kryterium efektywności PZN jest spełnienie (lub przewyższenie) ustalonych wymagań niezawodnościowych we wszystkich okresach i etapach opracowywania, produkcji i eksploatacji urządzenia.

B.1.2.13 Dopuszcza się przeprowadzenie korekty:

PZN_o - na podstawie wstępnych wyników poszczególnych etapów opracowania,
PZN_p - na podstawie wyników okresowej oceny efektywności, a także przy wzroście braków produkcyjnych lub liczby reklamacji.

B.1.2.14 Zmiany i uzupełnienia PZN powinny być uzgodnione i zatwierdzone przez upoważnione osoby, które brały udział w uzgadnianiu i zatwierdzaniu programu zgodnie z wymaganiami podanymi w punktach B.1.2.4÷B.1.2.6 i B.1.2.8÷B.1.2.10.

B.1.3 Wymagania dotyczące PZN_o

B.1.3.1 Podstawą do opracowania PZN_o i określenia etapów, które powinien obejmować, są wytyczne znajdujące się w rozdziale „Wymagania taktyczno – techniczne” ZTT (ZT).

B.1.3.2 W etapie opracowywania PZN_o wykonawca prowadzi następujące prace podstawowe:

- analiza wymagań zamawiającego;
- wybór i uzasadnienie wskaźników niezawodności;
- określenie grupy urządzeń ze względu na odporność (odporność całkowitą) i wytrzymałość na oddziaływanie czynników środowiskowych (zewnętrznych);
- kontrolę zgodności wymagań podanych w ZT, dotyczących niezawodności i odporności całkowitej na oddziaływanie czynników środowiskowych (zewnętrznych), z wymaganiami ustalonymi w niniejszej normie oraz w PrNO-06-A206 i PrNO-06-A207;
- przygotowanie propozycji do PZN_p (projekt PZN_p).

B.1.4 Wymagania dotyczące PZN_p

PZN_p powinna obejmować etapy;

- produkcji serii próbnej;
- produkcji seryjnej.

Dopuszcza się opracowanie PZN_p oddzielnie dla etapu produkcji próbnej i produkcji seryjnej.

B.2 Przykładowy zakres podstawowych prac programu zapewnienia niezawodności

W tablicy zamieszczonej poniżej przedstawiono przykładowy zakres prac programu zapewnienia niezawodności.

Tablica B.1

| Etap opracowania i produkcji | Zakres podstawowych prac |
|------------------------------|---|
| Projekt wstępny | <p style="text-align: center;">Opracowanie PZN_o</p> <p>Analiza wymagań niezawodnościowych, specyfiki i warunków eksploatacji urządzenia ustalonych w ZTT (ZT).</p> <p>Analiza niezawodności różnych wariantów układowo-konstrukcyjnych urządzenia ze szczegółową analizą i uzasadnieniem przewidywanego wariantu. Zestawienie schematu logicznego poprawnej pracy urządzenia.</p> <p>Uzasadnienie i podział wskaźników niezawodności (podanych dla urządzenia w całości) między części składowe urządzenia.</p> <p>Zestawienie przez wykonawcę urządzenia, uzgodnienie ze współwykonawcami oraz wykorzystanie przy realizacji PZN_o jednolitych wytycznych metodycznych, warunków i zasad zapewniających otrzymanie porównywalnych wyników obliczanych i normalizowanych wskaźników niezawodności, metod analizy uszkodzeń i oceny rzeczywistej niezawodności podczas badań.</p> <p>Poszukiwanie części składowych urządzenia, krytycznych ze względu na oddziaływanie odpowiednich rodzajów czynników środowiskowych (zewnętrznych), mające na celu ocenę konieczności zabezpieczenia urządzenia przed wpływami czynników środowiskowych (zewnętrznych), a tym samym poprawę wartości wskaźników niezawodności urządzenia. Wstępny wybór sposobu zabezpieczenia.</p> <p>Wstępny wybór i uzasadnienie systemu kontroli stanu zdatności urządzenia.</p> <p>Poszukiwanie, na podstawie przyjętych rozwiązań podstawowych, nowych wyrobów kompletujących i materiałów, które powinny być opracowane przez inne przedsiębiorstwa; opracowanie wymagań technicznych, dotyczących tych wyrobów i materiałów w zakresie niezawodności.</p> |

Tablica B.1 (ciąg dalszy)

| Etap opracowania i produkcji | Zakres podstawowych prac |
|------------------------------|---|
| Projekt wstępny | <p>Opracowanie programów i wykonywanie badań modeli zespołów i bloków, w celu określenia zapasów zdatności przy oddziaływaniu destabilizujących czynników środowiskowych (zewnętrznych).</p> <p>Wybór zasad kompletowania ZCZ.</p> <p>Wstępne określenie zakresu prac przy obsłudze technicznej.</p> <p>Zapewnienie technologiczności konstrukcji, z uwzględnieniem spełnienia wymagań niezawodnościowych, możliwości produkcyjnych i wykorzystania opanowanych procesów technologicznych o wysokiej jakości.</p> <p>Wybór (opracowanie) i stosowanie metod obliczenia niezawodności (z uwzględnieniem metod zautomatyzowanych).</p> <p>Opracowanie projektów programów badań niezawodności urządzenia i jego części składowych oraz programu badań przyspieszonych.</p> <p>Opracowanie (zlecenie opracowania) jeśli to niezbędne, specjalnego sprzętu badawczego i specjalnych środków pomiaru i kontroli do wykonywania badań niezawodności.</p> <p>Wstępne obliczenia i ocena wskaźników naprawialności (technologiczności napraw, podatności kontrolnej, dogodności wymian) i ekonomicznej celowości wykonywania napraw podczas eksploatacji, według wybranego układowo-konstrukcyjnego wariantu budowy.</p> <p>Wstępne określenie zbioru charakterystyk technicznych (parametrów) urządzenia, podlegających sprawdzaniu podczas diagnostyki stanu technicznego urządzenia, niezbędnych w celu opracowania środków diagnostycznych.</p> <p>Ocena wybranego wariantu układowo-konstrukcyjnego budowy środków diagnostycznych stanu technicznego urządzenia, w celu zapewnienia operatywnego wykrycia i prognozowania stanu niezdatności na podstawie wybranego zbioru charakterystyk technicznych.</p> <p>Wykonywanie przez wykonawcę urządzenia okresowej analizy materiałów sprawozdawczych, pochodzących od powiązanych programem podwykonawców, a dotyczących wyników teoretycznych i doświadczalnych potwierdzeń realizacji ustalonych wymagań niezawodnościowych oraz sformułowanie na ich podstawie wniosków i zaleceń dotyczących korekty PZN_o w etapie projektu wstępnego.</p> <p>Kontrola realizacji programu ze względu na terminy wykonania, zakres i uzasadnienie wyników teoretycznych i doświadczalnych prac wchodzących w PZN_o oraz opracowanie zaleceń uściślających PZN_o.</p> <p>Opracowanie rozdziału, dotyczącego niezawodności zawierającego wyniki prac wykonanych zgodnie z PZN_o.</p> |

Tablica B.1 (ciąg dalszy)

| Etap opracowania i produkcji | Zakres podstawowych prac |
|------------------------------|---|
| Projekt techniczny | <p>Korekta PZN₀ na podstawie wyników dyskusji nad projektem wstępnym.</p> <p>Uściślenie, jeśli to konieczne, wymagań niezawodnościowych dotyczących części składowych urządzenia oraz wyrobów kompletujących, na podstawie wyników prac nad projektem wstępnym.</p> <p>Uzasadnienie i opracowanie optymalnej układowo-konstrukcyjnej budowy urządzenia, zapewniającej ustalone wskaźniki niezawodności z uwzględnieniem ograniczeń dotyczących masy, kosztów itp.</p> <p>Uściślenie obliczeń niezawodności na podstawie wyników ostatecznego układowego i funkcjonalnego opracowania urządzenia.</p> <p>Końcowe opracowanie programów badań niezawodności.</p> <p>Określenie i uzasadnienie niezbędnego zakresu badań, oraz wiarygodności oceny doświadczalnej wskaźników niezawodności. Ustalenie kryteriów uszkodzeń i stanów granicznych urządzenia.</p> <p>Zestawienie dokumentacji produkcyjnej i sprawdzenie warunków pracy wyrobów kompletujących ogólnego zastosowania, zestawienie wykazu zgodności zastosowania ich w podanych warunkach oddziaływania czynników środowiskowych (zewnętrznych) z ich warunkami eksploatacji. Pomiar (wyznaczenie) warunków temperaturowych zespołów, bloków, wyrobów kompletujących.</p> |
| Projekt techniczny | <p>Wybór i uzasadnienie rodzaju warunków sezonowania i starzenia wstępnego urządzenia i jego części składowych oraz kryteriów oceny ich efektywności.</p> <p>Wybór i uzasadnienie parametrów (urządzenia, części składowych i wyrobów kompletujących) podlegających kontroli i statystycznemu opracowaniu informacji, w celu oceny i prognozowania niezawodności w procesie kontroli wejściowej, produkcji, badań i eksploatacji.</p> <p>Wykonywanie granicznych badań modeli elementów składowych i podzespołów oraz całych urządzeń przy skrajnie niekorzystnych środowiskowych (zewnętrznych) czynnikach, a także badań dynamicznych i badań dla określenia charakterystyk technicznych i zdatności w przedziale zasobu pracy. Uściślenie tolerancji dla parametrów urządzenia, części składowych i wyrobów kompletujących. Ocena niezawodności na podstawie wyników badań.</p> <p>Ocena technicznej zamienności części składowych urządzenia, z uwzględnieniem związków funkcjonalnych i wymagań niezawodnościowych.</p> <p>Uściślenie zestawu i rozmieszczenia ZCZ oraz minimalizacja składu wymaganego kompletu części zapasowych.</p> <p>Opracowanie (wybór) systemu i środków obsługi technicznej urządzenia.</p> <p>Uściślenie budowy systemu kontroli stanu zdatności urządzenia. Określenie ostatecznego zbioru charakterystyk technicznych (parametrów), podlegających sprawdzeniu podczas diagnozowania stanu technicznego urządzenia i opracowanie zaleceń wyboru wariantu środków diagnostycznych.</p> |

Tablica B.1 (ciąg dalszy)

| Etap opracowania i produkcji | Zakres podstawowych prac |
|---|--|
| Projekt techniczny | <p>Uściślenie obliczeń i oceny wskaźników naprawialności i ekonomicznej celowości wykonywania napraw podczas eksploatacji na podstawie wybranego układowo-konstrukcyjnego wariantu budowy.</p> <p>Wykonywanie, przez wykonawcę urządzenia okresowej analizy materiałów sprawozdawczych, pochodzących od powiązanych programem podwykonawców, a dotyczących wyników uściślonych obliczeń niezawodności i badań modeli oraz sformułowanie na ich podstawie wniosków i zaleceń dotyczących korekty PZN_o.</p> <p>Opracowanie rozdziału dotyczącego niezawodności, zawierającego wyniki prac wykonywanych zgodnie z PZN_o.</p> |
| Opracowanie dokumentacji roboczej dla prototypów | <p>Korekta PZN_o na podstawie wyników dyskusji nad projektem technicznym.</p> <p>Opracowanie technologii produkcji z uwzględnieniem wymagań niezawodnościowych i instrukcji wykonywania ważniejszych operacji technologicznych.</p> <p>Opracowanie i uzasadnienie systemu kontroli międzyoperacyjnej (wybór punktów kontrolnych) i statystycznego regulowania ważniejszych operacji procesu technologicznego.</p> <p>Obliczenie i opracowanie wykazu ZCZ.</p> <p>Opracowanie rozdziałów w dokumentacji eksploatacyjnej i naprawczej, ustalających wymagania (zalecenia) dotyczące utrzymywania niezawodności, podczas eksploatacji, niektórych przeglądów itp.</p> <p>Określenie rzeczywistych wartości wskaźników niezawodności prototypów, na podstawie wyników badań wstępnych i ocena ich zgodności z ustalonymi wymaganiami.</p> <p>Opracowanie kart i sprawdzenie rodzajów pracy prototypów urządzeń.</p> <p>Zbieranie, opracowywanie i analiza informacji o niezdatnościach, na podstawie wyników wszystkich badań prototypów i przesłanie informacji do służb sterowania jakością przedsiębiorstw. Zapewnienie sprzężenia przepływu informacji między głównym opracowującym i podwykonawcami opracowującymi urządzenie.</p> <p>Ocena wpływu oddziaływania czynników środowiskowych (zewnętrznych) na niezawodność urządzenia.</p> <p>Eksperymentalne sprawdzanie i potwierdzanie prawidłowości rozwiązań konstrukcyjnych:</p> <ol style="list-style-type: none"> przegląd zapasów zdatności ze względu na rodzaje oddziałujących czynników środowiskowych (zewnętrznych) oraz na ich kombinacje łącznie z zapasami dotyczącymi zasobu; sprawdzenie efektywności środków zabezpieczenia przed uszkodzeniami i oddziaływaniem czynników środowiskowych (zewnętrznych). |

Tablica B.1 (ciąg dalszy)

| Etap opracowania i produkcji | Zakres podstawowych prac |
|---|---|
| Opracowanie dokumentacji roboczej dla prototypów | <p>Analiza przyczyn wad (uszkodzeń), opracowanie zaleceń dotyczących ich likwidacji, a także opracowanie metodyki wyszukiwania potencjalnie zawodnych węzłów i bloków.</p> <p>Uściślenie rodzaju i warunków sezonowania starzenia wstępnego docierania urządzenia i jego części składowych, a także kryteriów ich efektywności.</p> <p>Uściślenie parametrów o których informacja podlega opracowaniu statystycznemu, opracowanie kryteriów niezawodności urządzeń i ich części składowych.</p> <p>Korekta dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej na podstawie wyników oceny niezawodności w procesie badań wstępnych.</p> <p>Opracowanie zaleceń dotyczących zapewnienia niezawodności w etapie produkcji.</p> <p>Analizowanie przez głównego opracowującego materiałów sprawozdawczych, pochodzących od związanych z programem współwykonawców, a zawierających wyniki sprawdzania niezawodności podczas badań wstępnych oraz sformułowanie na ich podstawie wniosków i zaleceń dotyczących korekty PZN_o.</p> <p>Kontrola przedsięwzięć PZN_o ze względu na terminy, zakres i uzasadnienie otrzymanych wyników oraz opracowanie zaleceń uściślenia PZN_o.</p> <p>Opracowanie sprawozdania dotyczącego PZN_o, uwzględniającego zalecenia dotyczące PZN_p.</p> <p>Ocena na podstawie wyników badań:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zgodności wskaźników niezawodności z ustalonymi wymaganiami; - efektywności prac PZN_o; - możliwości przyjęcia zaleceń dotyczących PZN_p. |
| Produkcja serii próbnej | <p style="text-align: center;">Opracowanie PZN_p</p> <p>Korekta PZN_p na podstawie wyników realizacji PZN_o.</p> <p>Sprawdzenie przygotowania produkcji do realizacji przedsięwzięć organizacyjno-technicznych ustalonych w PZN_p i dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej, dotyczących zapewnienia niezawodności oraz sprawdzenia wyposażenia w oprzyrządowanie do wykonywania badań niezawodności, a także dokumentacji do opracowywania wyników badań z uwzględnieniem stanów niezdolności.</p> <p>Sprawdzenie (kontrola) dopracowania technologii i dokumentacji konstrukcyjnej na podstawie wyników produkcji i badań prototypów i serii próbnej.</p> <p>Obliczenie i wdrożenie tolerancji technologicznych.</p> <p>Analiza przyczyn niesprawności, niezgodności urządzeń, części składowych, wyrobów kompletujących i materiałów z wymaganiami DT, wykrytych w wyniku produkcji i badania serii próbnej.</p> <p>Korekta (w razie konieczności) dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej.</p> |

Tablica B.1 (ciąg dalszy)

| Etap opracowania i produkcji | Zakres podstawowych prac |
|--------------------------------|---|
| Produkcja serii próbnej | <p>Uogólnienie doświadczeń osiągniętych podczas produkcji serii próbnej, wyników badań zdawczo-odbiorczych, okresowych i badań typu oraz opracowanie zaleceń dotyczących przedsięwzięć organizacyjno-technicznych, które należy podjąć w celu zapewnienia wymaganej niezawodności w eksploatacji.</p> <p style="text-align: center;">Opracowanie PZN_p</p> <p>Ocena efektywności rodzajów i warunków sezonowania i starzenia wstępnego.</p> <p>Zbieranie i opracowywanie informacji o niezawodności.</p> <p>Opracowanie (w razie konieczności) uzupełniającej dokumentacji technicznej i metodycznej, którą należy wykorzystywać przy wykonywaniu prac związanych z zapewnieniem niezawodności w etapie produkcji seryjnej.</p> <p>Uściślenie PZN_p na podstawie wyników produkcji i badań serii próbnej oraz opracowanie sprawozdania do PZN_p (dotyczącego etapu serii próbnej) z uwzględnieniem wyników realizacji przedsięwzięć związanych z zapewnieniem niezawodności.</p> |
| Produkcja seryjna | <p>Analiza wyników badań niezawodności urządzeń produkowanych seryjnie i ocena efektywności pracy wykonywanych zgodnie z PZN_p.</p> <p>Okresowe potwierdzanie ustalonych wskaźników niezawodności na podstawie zbioru informacji o niezawodności urządzeń podczas ich produkcji, badań i eksploatacji.</p> <p>Wykorzystanie systemu zbierania, analizy informacji o niezawodności urządzeń w celu:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) opracowania i realizacji planów przedsięwzięć udoskonalania technologii i konstrukcji urządzeń, w celu usunięcia przyczyn powstawania powtarzających się niezdatności; b) okresowego potwierdzania ustalonych wskaźników niezawodności; c) podjęcia decyzji o przerwaniu produkcji, w przypadku niezgodności rzeczywistej z wymaganiami WT; d) systematycznego zbierania informacji o wynikach prac o charakterze organizacyjno-technicznym, podjętych w celu zapewnienia niezawodności oraz wykorzystania tych wyników przez służby sterowania jakością producenta urządzenia i dostawcy części składowych i wyrobów kompletujących. <p>Systematyczna analiza przyczyn niezdatności wykrytych podczas produkcji, badań i eksploatacji urządzeń, opracowanie i realizacja przedsięwzięć związanych z operatywnym oddziaływaniem na proces produkcyjny i eksploatacyjny.</p> <p>Okresowa ocena efektywności rodzajów i warunków sezonowania i starzenia wstępnego (docierania).</p> <p>Prognozowanie niezawodności urządzenia na podstawie zebranych i opracowanych informacji parametrycznych, uściślenie kryteriów prognozowania.</p> <p>Kontrola wejściowa wyrobów kompletujących, materiałów i półfabrykatów, doskonalenie systemu zapewnienia prawidłowości ich stosowania i przyjmowania.</p> <p>Kontrola realizacji wymagań zawartych w dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej we wszystkich etapach produkcji.</p> |

Tablica B.1 (ciąg dalszy)

| Etap opracowania i produkcji | Zakres podstawowych prac |
|------------------------------|--|
| Produkcja seryjna | <p>Atestacja aparatury pomiarowej i kontrolno-badawczej.</p> <p>Analiza wpływu wprowadzonych zmian na niezawodność urządzeń.</p> <p>Kontrola terminów i jakości prac zgodnie z PZN_p.</p> <p>Badanie powtarzalności i stabilności procesu produkcyjnego metodami statystycznymi.</p> <p>Badanie niezawodności procesów technologicznych metodami statystycznymi.</p> <p>Opracowanie okresowych sprawozdań zgodnie z PZN_p w procesie produkcji seryjnej i ocena efektywności tego procesu.</p> |

Załącznik C
(informacyjny)**PODSTAWOWA FORMA I TREŚĆ PROGRAMU ZAPEWNIENIA NIEZAWODNOŚCI**

| Przedsięwzięcia związane z zapewnieniem niezawodności | Termin realizacji | Odpowiedzialny | Wykonawca | Rodzaj dokumentów sprawozdawczych ze wskazaniem osoby, której przedstawione są one do kontroli | Dokumenty wyjściowe |
|---|-------------------|----------------|-----------|--|---------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | | | | |

Przedsięwzięcia związane z zapewnieniem niezawodności powinny być podzielone na rozdziały zgodnie z wymaganiami załącznika informacyjnego B.

Numeracja przedsięwzięć w PZN powinna być ciągła. Rozdziałów nie numeruje się.

W kolumnie 3 i 4 podaje się stanowiska osób, wydziały i przedsiębiorstwa, wykonujące te prace, odpowiednio do struktur etatów i obowiązków funkcyjnych.

W kolumnie 6 powinny być podane konkretne dokumenty porządkujące cały zakres każdego przedsięwzięcia.

Załącznik D (informacyjny)

METODY USTALANIA WYMAGANYCH WARTOŚCI WSKAŹNIKÓW NIEZAWODNOŚCI

D.1 Ogólne metody ustalania wartości wskaźników niezawodności

D.1.1 Wymagania niezawodnościowe dla urządzenia określa się przy opracowywaniu ZTT (ZT), z uwzględnieniem wymagań dla całego systemu (kompleksu) lub wyrobu, w którego zestaw wchodzi to urządzenie.

D.1.1.1 Na podstawie wykazu zadań, do których wykonania jest przeznaczony system, opracowujący i zamawiający analizują efektywność jego zastosowania i wybierają optymalny w danych warunkach wariant jego budowy.

Należy określić wymagania taktyczno-techniczne i eksploatacyjne odnoszące się do systemu jako całości, a także jego części składowych, w tym również urządzenia.

D.1.1.2 Na podstawie wyników analizy tworzonego systemu, należy opracować założenia taktyczno-techniczne dotyczące systemu w całości i urządzeń wchodzących w jego skład.

D.1.2 Ogólna metodyka ustalania wymagań dla urządzenia może być przedstawiona w postaci niżej podanego schematu

D.1.2.1 System należy podzielić na K podsystemów o niezależnych charakterystykach technicznych i eksploatacyjnych. W szczególności jednym z takich podsystemów powinno być opracowywane urządzenie.

D.1.2.2 Należy wybrać podstawowy wskaźnik S do oceny efektywności systemu i wskaźniki W_i do oceny efektywności jego podsystemów. Jako wskaźniki W_i wykorzystuje się wskaźniki operacyjno-taktyczne (np. prawdopodobieństwo trafienia do celu) lub wskaźniki ekonomiczne (np. koszt wykonania zadania).

D.1.2.3 Należy ustalić wykaz wymagań technicznych i eksploatacyjnych dotyczących systemu i wszystkich jego podsystemów:

- a) określa się zależność wskaźników efektywności S systemu od wskaźników efektywności W_i , wchodzących w jego skład podsystemów, zgodnie z zależnością;

$$S = \psi(W_1, W_2, \dots, W_k) \quad (D.1)$$

- b) określa się zależność wskaźników efektywności W_i urządzenia wchodzącego w skład podsystemu, od jego podstawowych wskaźników technicznych x_i , w tej liczbie i od wskaźników niezawodności zgodnie z zależnością:

$$W_i = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_k) \quad (D.2)$$

- c) określa się dopuszczalne, (optymalne) wartości wskaźników π_i (również wskaźników niezawodności) występujące w zależności (D.2).

Funkcję ψ określa się uwzględniając strukturę, skład i cechy charakterystyczne, dotyczące funkcjonowania wyrobu (systemu), a także charakter wpływu wskaźników $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_k$, na efektywność wyrobu.

Wartość każdego wskaźnika π_i , zapewniająca wymaganą wartość efektywności S i W_i , należy podać w ZTT (ZT) dotyczących opracowywanego systemu lub urządzenia.

D.2 Szczegółowe metody ustalania wymaganych wartości wskaźników niezawodności

D.2.1 Ekonomiczne uzasadnienie wymagań niezawodnościowych dla urządzania.

D.2.1.1 Rozpatruje się te urządzenia wchodzące w skład systemu, których efektywność jest opisywana podstawowym wskaźnikiem, jakim są nakłady, związane z wykonaniem określonego zadania bojowego. Porównanie efektywności różnych wariantów systemu, przy stosowaniu w nim urządzeń o różnych wskaźnikach niezawodności, umożliwia wybór wariantu zapewniającego wykonanie postawionego zadania bojowego przy minimalnych nakładach.

D.2.1.2 Wymagania niezawodnościowe dla urządzeń według kryterium ekonomicznego należy ustalać w następującej kolejności:

- wyznaczyć liczbową zależność między efektywnością systemu a wskaźnikami niezawodności urządzeń, wchodzących w skład systemu;
- podać równanie umożliwiające wyznaczenie wymaganych optymalnych wartości wskaźników niezawodności, przy ustalonych ograniczeniach dotyczących wielkości nakładów niezbędnych do wykonania zadania;
- wyznaczyć optymalne wartości wskaźników niezawodności, przy ustalonych ograniczeniach wielkości nakładów.

W przypadku gdy nakłady związane z wykonaniem zadania bojowego są określone przede wszystkim nakładami na opracowanie, produkcję i eksploatację urządzenia o ustalonych wskaźnikach niezawodności, stosuje się następujące równania:

- zależność między nakładami na opracowanie i produkcję urządzenia a wskaźnikami niezawodności $C_p(P)$ określona jest równaniem

$$C_p(P) = C_{p0} + C_o \times \frac{\ln(1 - K_{og})}{\ln(1 - K_{og}^*)} \quad (D.3)$$

w którym:

- K_{og} - wskaźnik gotowości operacyjnej;
- C_{p0} - nakłady na opracowanie i produkcję urządzenia niezależne od wymaganej wartości K_{og} ;
- C_o - nakłady na opracowanie i produkcję urządzenia o wskaźniku niezawodności równym K_{og} ;
- zależność między nakładami na eksploatację urządzenia a wskaźnikami niezawodności $C_s(P)$ wyznacza się ze wzoru

$$C_s(P) = C_{s,0} + C_1 \times \frac{\ln K_{og}}{\ln K_{og}^*} \quad (D.4)$$

w którym:

- $C_{s,0}$ - składowa nakładów na eksploatację urządzenia na jednostkę czasu, niezależną od K_{og} ;
- C_1 - nakłady na eksploatację urządzenia o wskaźniku niezawodności K_{og}^* w przedziale czasu o długości T ;
- zależność między liczbą systemów niezbędnych do wykonania zadania bojowego $N(K_{og})$ a wskaźnikami niezawodności urządzenia określona jest równaniem:

$$N(K_{og}) = \frac{N_0}{K_{og}} \quad (D.5)$$

w którym

- N_0 - liczba systemów o idealnej niezawodności, niezbędna do realizacji zadania bojowego.

Sumaryczne nakłady $C_{z,b}$ na wykonanie zadania bojowego, określone nakładami na opracowanie, produkcję i eksploatację, wyznacza się ze wzoru

$$C_{z,b} = N(K_{og}) [C_p(K_{og}) + C_s(K_{og}) \times T] \quad (D.6)$$

Różniczkując wyrażenie (D.6) otrzymujemy równanie do wyznaczenia optymalnych wartości wskaźników niezawodności

$$\frac{C_s \times T}{\ln K_{og}} \times [1 - \ln K_{og}] \frac{C_o}{\ln(1 - K_{og})} \times \left[\frac{K_{og}}{\ln(1 - K_{og})} \right] = C_{p,o} + C_s \times T \quad (D.7)$$

D.2.1.3 Metodyka określania K_{og} może być stosowana również wówczas, gdy zależności D.3 i D.5 opisane są innymi wzorami.

Przykład D.1

Określić wymagania niezawodnościowe dla urządzenia kategorii C, nienaprawialnego w procesie użytkowania.

Dane:

- zależność między sumarycznymi nakładami związanymi z wykonaniem zadania bojowego, a wskaźnikiem niezawodności urządzenia wyrażona wzorem

$$a = - \frac{\ln(C_{z,b} / C_o)}{\ln(1 - K_{og})} \quad (D.8)$$

w którym:

- a - wskaźnik, charakteryzujący rodzaj zależności między nakładami związanymi z wykonaniem zadania bojowego a wskaźnikiem niezawodności urządzenia;
- zależność między liczbą systemów niezbędnych do wykonania zadania bojowego a wskaźnikiem niezawodności N wyrażona wzorem

$$N = \frac{\ln(1 - W)}{\ln(1 - K_{og} \times W_o)} \quad (D.9)$$

w którym:

- W - efektywność systemu nie podlegającego obsłudze, z uwzględnieniem rzeczywistej niezawodności ($W \leq 1$),
- W_o - efektywność systemu odpowiadająca stanowi zdadności urządzenia $W_o \leq 1$.

Rozwiązanie:

podstawiając do równania (D.7) zależności (D.8) i (D.9) otrzyma się równanie:

$$\frac{W_o}{a} + \frac{(1 + K_{og} \times W_o) \ln(1 - K_{og} \times W_o)}{1 - K_{og}} = 0 \quad (D.10)$$

D.2.1.4 Jeżeli przedstawiona na rysunku D.1 zależność znana jest opracowującemu urządzenie (na podstawie analizy danych w branżach przemysłowych lub przedsiębiorstwach), to zasady postępowania przy wyznaczaniu wymaganych równań niezawodności są następujące:

- na podstawie określonych dla systemu wskaźników W_o i wybranej z wykresu (rysunek D.1) wartości a wyznacza się wymaganą wartość wskaźnika niezawodności K_{og} .
- jeśli wartość parametru a nie jest ustalona, należy dokonać jego wstępnego wyboru, na podstawie wykresu (rysunek D.2), dla podanego W_o i względnych nakładów na urządzenie $C_{z,b}/C_o$. Następnie zgodnie z wykresem podanym na rysunku D.1 określa się wymagany poziom wskaźnika niezawodności K_{og} .

D.2.1.5 Dopuszczalne przedziały zmian wartości efektywności W_o zastosowania zdatnego urządzenia, parametrów a i $C_{z,b}/C_o$ ustala się w zależności od przeznaczenia systemu i stosowanych danych statystycznych, charakteryzujących zależność parametrów a i $C_{z,b}/C_o$ od stosowanych w konkretnej branży przemysłowej sposobów podwyższenia niezawodności.

D.2.2 Określenie wymagań niezawodnościowych dla urządzenia przeznaczonego do wykonania określonego zadania bojowego, z uwzględnieniem dopuszczalnego obniżenia efektywności niezawodności

D.2.2.1 Wymagania niezawodnościowe dla urządzeń wchodzących w skład wielu systemów można ustalać w zależności od dopuszczalnego obniżenia efektywności. Niezbędne jest przy tym posługiwanie się uogólnionym wyrażeniem, opisującym wskaźnik operacyjno-taktyczny niezawodności P , w szczególnych przypadkach przyjmujący postać K_{og} , $P(t)$, K_g , itd.

$$P = \frac{W}{W_0} \quad (D.11)$$

Wartość P - można wyznaczyć, jeżeli są znane W_0 i $\Delta W = W_0 - W$.

W praktyce w celu określenia wskaźnika P wystarczy znać względną wielkość $\Delta W/W_0$

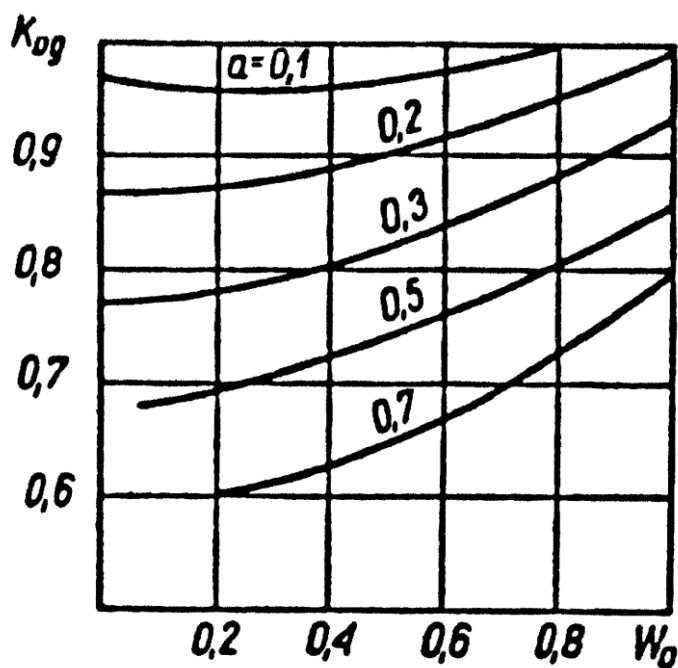
w której:

W - efektywność urządzenia z rzeczywistą niezawodnością,

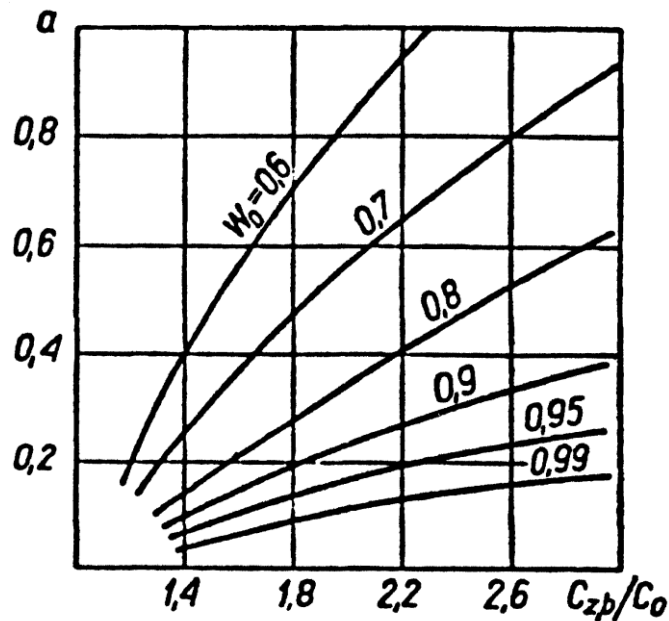
W_0 - efektywność urządzenia pracującego bez uszkodzeń.

ΔW - dopuszczalne obniżenie efektywności.

D.2.2.2 Przy wyborze wymagań dotyczących urządzenia, dopuszczalne obniżenie efektywności określa się biorąc pod uwagę warunki bojowe. Dla konkretnego urządzenia metodyka wyznaczania tego obniżenia powinna być zawarta w ogólnej metodyce oceny efektywności.



Rysunek D.1 - Zależność K_{og} od W_0 dla różnych wartości a



Rysunek D.2 - Zależność a od C_{zb}/C_0 dla różnych wartości W_0

D.2.2.3 Wartość wskaźnika P wyznaczoną dla dopuszczalnej wartości obniżenia efektywności należy traktować jako minimalną, dopuszczalną dla zamawiającego. Wartość ta może być przyjęta w celu podania jej w ZTT (ZT), jeżeli nie można przyjąć wartości wyższej z powodu istniejących ograniczeń (koszty, masa, objętość itp.).

D.2.2.4 Dopuszczalna wartość obniżenia efektywności w wielu przypadkach może być określana z uwzględnieniem dopuszczalnej liczby posiadanych egzemplarzy zapasowych urządzenia, w przypadku wystąpienia uszkodzenia.

Przy wyznaczaniu wymaganych wartości wskaźnika niezawodności, dopuszcza się wykorzystanie doświadczalnych zależności między efektywnością i liczbą urządzeń a ich niezawodnością.

W tym celu:

- wyznacza się liczbową zależność między efektywnością urządzenia a kompleksowym wskaźnikiem niezawodności odnoszącym się do wielu właściwości (zależność $W=f(P)$) przedstawioną na rysunku D.3);
- wybiera się wartość ΔW oznaczającą dopuszczalne, ze względów taktycznych i ekonomicznych, obniżenie efektywności opracowywanego urządzenia, spowodowane uszkodzeniami.

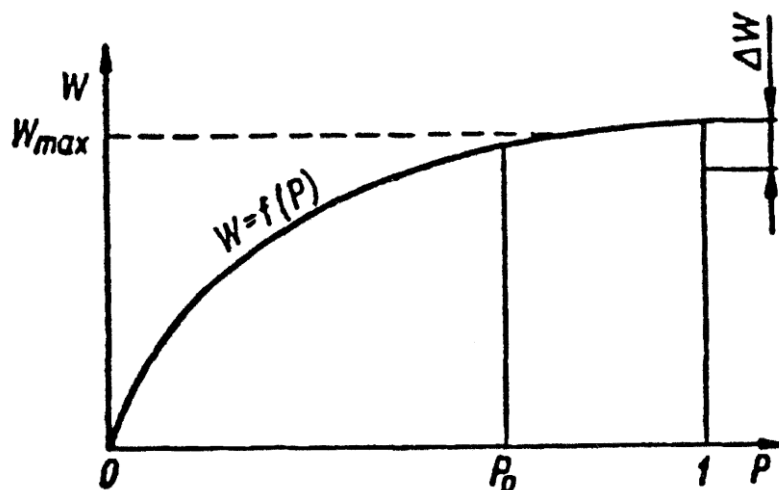
Wartość ΔW należy tak wybrać, aby stosowanie urządzenia o najniższej efektywności było niemożliwe bez zmian jego charakterystyk podstawowych lub warunków eksploatacji.

Na wykresie (rysunek D.3) zaznacza się wartość ΔW i ustala minimalną dopuszczalną wartość prawdopodobieństwa P_0 , która powinna być podana w ZTT (ZT) dla urządzenia.

Przykład D.2

Wyznaczyć minimalną, dopuszczalną wartość kompleksowego wskaźnika niezawodności P_{min} , która powinna być podana dla urządzenia, stosowanego w powietrznych aparatach latających, przy następujących danych:

- do realizacji konkretnego zadania jest niezbędnych $N=17$ egzemplarzy powietrznych aparatów latających (jest oczywiście również posiadanie 17 urządzeń); aby uwzględnić rzeczywistą niezawodność, biorąc pod uwagę warunki bojowe, dopuszcza się zwiększenie liczby urządzeń w grupie wykonującej zadania o dwa powietrzne aparaty latające $\Delta W=2$, oznacza to, że podczas realizacji zadania w grupie liczącej 19 powietrznych aparatów latających dopuszcza się uszkodzenie nie więcej niż dwóch egzemplarzy urządzeń.



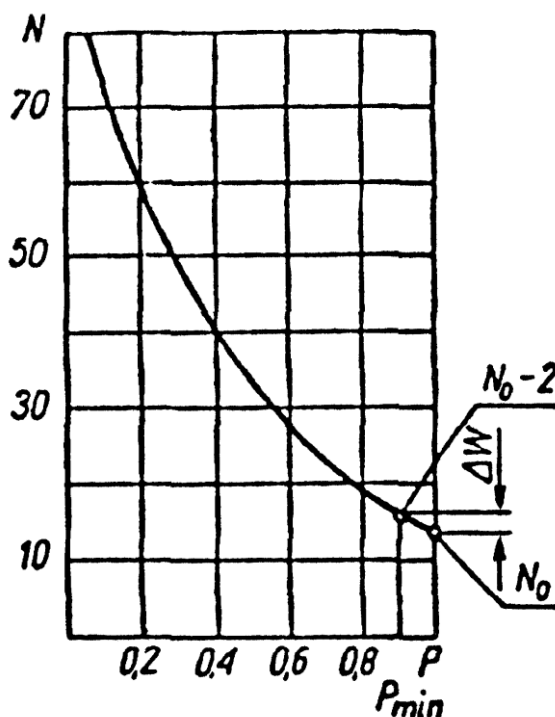
Rysunek D.3 - Zależność wskaźnika efektywności systemu od wartości wskaźnika niezawodności

Rozwiązanie:

Z wykresu przedstawionego na rysunku D.4, dla $N=19$ odczytuje się minimalną dopuszczalną wartość kompleksowego wskaźnika niezawodności $P_{\min}=0,88$. Wartość ta może być podana w ZTT (ZT) jako wartość kompleksowego wskaźnika nieuszkodzalności dla całego zbioru urządzeń konkretnego typu powietrznych aparatów latających.

D.2.2.5 Niektóre z ustalonych wymagań dla urządzenia są ograniczone przez jeden lub kilka parametrów (objętość, masa, koszt itd.).

Jeśli ograniczenia te pozwalają na podwyższenie wartości wskaźnika niezawodności, w stosunku do minimalnej dopuszczalnej wartości, wówczas wymagania, które zostaną podane w ZTT (ZT) otrzymuje się przez optymalizację wspomnianej minimalnej wartości dopuszczalnej wskaźnika P ze względu na parametr ograniczający B_{ogr} .



Rysunek D.4 - Zależność liczby powietrznych aparatów latających od wartości kompleksowego wskaźnika nieuszkodzalności

D.2.2.6 Na etapie założeń technicznych określa się zespół urządzeń, które pracując bez uszkodzeń, są niezbędne do realizacji zadania bojowego postawionego przez zamawiającego.

D.2.2.7 Należy wyznaczyć wartości P i B . Wartość P wyznacza się na podstawie niezawodności części składowych zgodnie z wytycznymi podanymi w PrNO-06-A506, jeśli w urządzeniu stosuje się części, które były stosowane w urządzeniach opracowanych poprzednio, to do wyznaczenia P wykorzystuje się dane dotyczące tych części, uzyskane w procesie eksploatacji lub wybrane z odpowiedniej dokumentacji technicznej. Niezawodność nowo opracowywanych części urządzenia wyznacza się na podstawie intensywności uszkodzeń wyrobów kompletujących metodami optymalizacji, przedstawionymi w niniejszym załączniku.

D.2.2.8 Przy wyznaczaniu wskaźnika P urządzeń rodzaju II należy określić wartość obniżenia efektywności urządzenia spowodowaną uszkodzeniem jego części składowych.

W zależności od skutków uszkodzeń części składowe urządzenia dzieli się na kilka poziomów.

Wartość obniżenia efektywności $\Delta W/W_0$ j-tej części składowej wyznacza się na podstawie wyników badań (eksploatacji) analogicznych urządzeń lub metodami analitycznymi.

Uzyskane dane mogą być przedstawione w postaci tablicy, w której są uporządkowane w kolejności zmniejszenia się wpływu uszkodzeń na efektywność urządzenia. Jeden z możliwych wariantów takiego zapisu danych jest przedstawiony w tablicy D.1.

D.2.2.9 Optymalizację prowadzi się metodą ukierunkowanego przeglądu różnych wariantów budowy urządzenia. Niezbędne jest przy tym, aby warianty te różniły się tylko niezawodnością natomiast pozostałe charakterystyki urządzenia nie ulegały pogorszeniu.

Zaleca się, aby optymalizacja była przeprowadzana znanymi metodami, np. metodą najszybszego spadku.

Przejście od wariantu do wariantu polega na kolejnym stosowaniu znanych metod podwyższania niezawodności, takich jak wprowadzenia nadmiaru urządzeń i nadmiaru funkcjonalnego (rezerwowanie) stosowanie bardziej niezawodnych wyrobów kompletujących, poprawę metod kontroli.

Zaleca się, aby procesowi optymalizacji towarzyszyło przygotowanie wykresu $P=f(B)$, na którym każdemu wariantowi odpowiada punkt o współrzędnych P i B . Na wykresie należy poprowadzić proste odpowiadające ustalonemu poziomowi niezawodności P_0 i parametrowi ograniczającemu B_{ogr} .

Przez punkty odpowiadające wariantom o najwyższej niezawodności prowadzi się krzywą. Punkt krzywej, leżący najbliżej prostej B_{ogr} , odpowiada optymalnemu wariantowi budowy urządzenia, a odpowiadającą mu wartość $P=P_{opt}$ należy traktować jako wymaganie wprowadzone do ZTT(ZT).

Przykład D.3

Planuje się opracowanie urządzenia nowego typu służącego do naprowadzania rakiet. W zależności od wykonywanego zadania bojowego efektywność stosowania urządzenia, wyrażana prawdopodobieństwem trafienia do celu, nie powinna obniżyć się więcej niż o 15%, z powodu uszkodzenia urządzenia, tzn. $\Delta W=15\%$. Wartość W ustalono na podstawie przypuszczenia, że jeśli uszkodzenie urządzenia spowoduje zmniejszenie prawdopodobieństwa trafienia w cel więcej niż o 15%, to do wykonania zadania lepiej jest wykorzystać urządzenia starego typu, zwiększając tylko ich liczbę.

Tablica D.1

| Poziom niezawodności urządzenia, w zależności od skutków (następstw) uszkodzeń | Skutek uszkodzenia (utruty zdolności podczas wykonywania zadania bojowego) urządzenia wpływający na wyrób | Dopuszczalne obniżenie niezawodności urządzenia | |
|--|---|---|--|
| | | ciągłego działania | wielokrotnego użycia i jednokrotnego użytku |
| I | Przerwanie wykonywania zadania bojowego przez wyrób | $1 - \frac{\Delta W_1}{W_o}$ | I° $\Theta = \ln \left(1 - \frac{\Delta W_i}{W_o} \right) K_s$ $i = 1 - 5$ |
| II | Obniżenie charakterystyk wyrobu, dotyczących zapewnienia bezpieczeństwa życia ludzkiego (trwałości, sterowności, nienaruszalności itp.) | $1 - \frac{\Delta W_2}{W_o}$ | |
| III | Obniżenie efektywności wykonania zadań bojowych przez wyrób | $1 - \frac{\Delta W_3}{W_o}$ | |
| IV | Utrata zdolności na czas dłuższy niż dopuszczalny może spowodować obniżenie efektywności wykonania zadania bojowego przez wyrób | $1 - \frac{\Delta W_4}{W_o}$ | |
| V | Utrata zdolności przez wyrób nie wpływa na wykonanie zadania bojowego | $1 - \frac{\Delta W_5}{W_o}$ | |
| Współczynnik $K_s = \frac{t_p}{t_s}$ - stosunek czasu pracy do czasu (kalendarzowego) eksploatacji urządzenia. | | | |

D.2.2.10 Przedstawioną metodę stosuje się do urządzeń rodzaju I i II, przeznaczonych do wykonania zadań bojowych w określonych warunkach.

D.2.2.11 Przy wyborze wymagań niezawodnościowych dla urządzeń przeznaczonych do wykonania określonych zadań technicznych, w różnych warunkach stosowania, należy jako punkt wyjścia przyjąć doświadczenia z eksploatacji analogicznych urządzeń.

Jeśli istnieją ograniczenia B_{ogr} , to wartość P wyznacza się zgodnie z wymaganiami podanymi w D.2.2.2÷D.2.2.10, przy czym jako wskaźnik P przyjmuje się wartość P tego wskaźnika dla analogicznego urządzenia.

Proces optymalizacji znacznie się upraszcza, jeśli podczas przeglądu wariantów nie rozważa się tych, w których, $B > B_{ogr}$ lub niezawodność jest zbyt niska.

Ze względu na warunki transportu wymaga się, aby urządzenie podstawowe umieszczać na trzech nadwoziach tego samego typu. Typ podwozia jest określony. Sumaryczna objętość V urządzenia znajdującego się w trzech nadwoziach nie przekracza 60 m^3 (w danym przypadku $V=60 \text{ m}^3$ jest parametrem ograniczającym B_{ogr}). Należy ustalić wartość wskaźników niezawodności systemu w celu podania ich w ZTT (ZT).

Rozwiązanie:

- ponieważ urządzenie przeznaczone jest do wykonania określonego zadania bojowego, wskaźnik P jest wskaźnikiem operacyjno-taktycznym;

- b) ponieważ dopuszcza się zmniejszenie prawdopodobieństwa trafienia do celu z powodu uszkodzenia o nie więcej niż 15%, minimalna wartość P wynosi:

$$P_{\min} = \frac{100-15}{100} = 0,85$$

- c) w etapie założeń technicznych ustalono, że w skład urządzenia powinien wchodzić układ zasilania, łączności, sterowania i trzy kanały naprowadzające;
- d) przegląd różnych wariantów budowy urządzenia; w procesie ustalania wariantów opracowuje się wykres optymalizacyjny (rysunek D.5) ; rozpatrzono następujące warianty budowy urządzenia (rysunek D.6).

Wariant pierwszy

Urządzenie składa się z minimalnej liczby części, niezbędnych do naprowadzania rakiet. Baza elementowa - układy scalone IC.

W tym wariantcie $P_1=0,82$, $V_1=36 \text{ m}^3$. Wariantów na elementach ferrytowo-tranzystorowych nie rozpatrywano, ponieważ w wariantach tych $V > 60 \text{ m}^3$.

Wariant drugi

W urządzeniu przyjętym jako wariant pierwszy dubluje się układ zasilania. W wariantcie tym $P_2=0,88$, $V_2=40 \text{ m}^3$.

Wariantów z podwójną i większą rezerwą zasilania nie rozpatruje się, ponieważ dla nich $V>60 \text{ m}^3$.

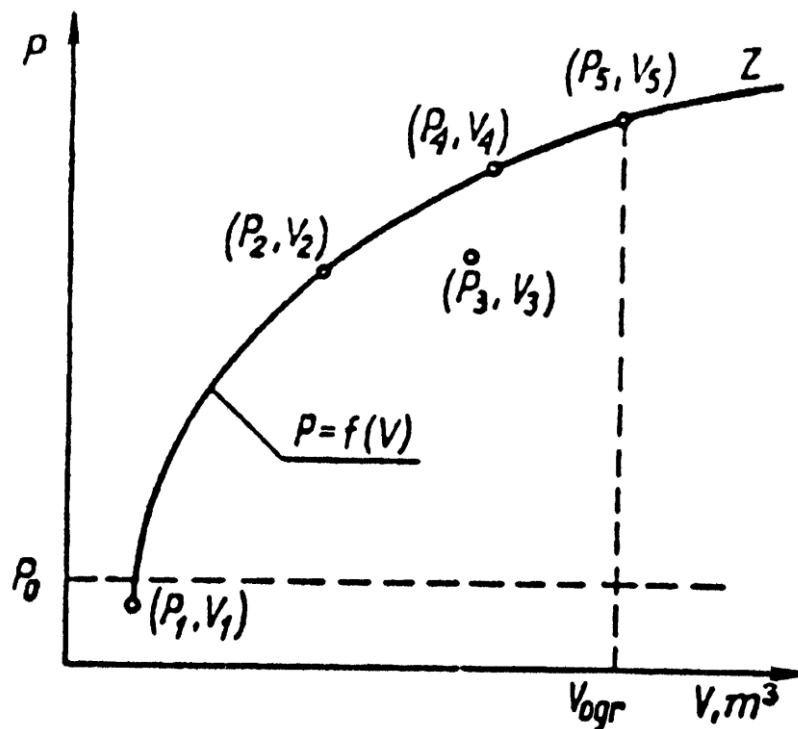
Wariant trzeci

W urządzeniu przyjętym jako wariant drugi wprowadza się rezerwowy układ łączności. W tym przypadku $P_3=0,89$, $V_3=0,45 \text{ m}^3$.

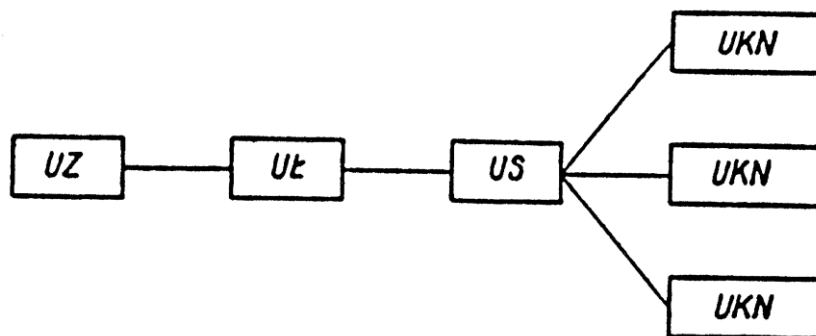
Wariant czwarty

W urządzeniu przyjętym jako wariant trzeci wprowadza się rezerwę kanałów naprowadzania (na trzy kanały jeden układ rezerwowy). W tym wariantcie $P_4=0,90$, $V_4=48 \text{ m}^3$.

Wariantów z dwoma lub więcej urządzeniami rezerwowymi nie rozpatruje się, ponieważ wprowadzenie urządzeń rezerwowych powoduje niedopuszczalny wzrost objętości urządzenia w jednym nadwoziu, zaś przeniesienie urządzeń rezerwowych do drugiego nadwozia jest niewskazane.



Rysunek D.5 - Wykres optymalizacji konstrukcji urządzeń



Rysunek D.6 - Wykaz urządzeń dla których sporządza się wykres optymalizacji

UZ - urządzenia zasilające, UŁ - urządzenia łączności, US - urządzenia sterujące, UKN - urządzenia kanału naprowadzania

Wariant piąty

W urządzeniu przyjętym jako wariant czwarty wprowadza się zautomatyzowany system kontroli (który w szczególności zmniejszy oczekiwany czas naprawy T_n).

Dla tego przypadku $P_s=0,92$, $V_s=50 \text{ m}^3$.

Wszystkie następne warianty prowadzą do zwiększenia objętości, przewidzianej w nadwoziu na urządzenie, dla tego wybiera się wariant piąty, a w ZTT (ZT) dla systemu podaje się wartość $P=0,92$.

D.3 Ustalanie wymaganych wartości wskaźników niezawodności części składowych urządzenia

D.3.1 Wymagane wartości wskaźników niezawodności części składowych wyznacza się na podstawie ustalonych wskaźników niezawodności urządzenia traktowanego jako całość: K_g , $P(t)$, $P(t^*)$ i inne.

D.3.1.1 W celu określenia wymaganych wartości wskaźników niezawodności części składowych urządzenia o strukturze szeregowej (w sensie niezawodności), wykorzystuje się następujący układ równań

$$\left. \begin{array}{l} \prod_{i=1}^k P_i \geq P(t) \\ \sum_{i=1}^k C_i(P_i) = \min \end{array} \right\} \quad (D.12)$$

w których:

P_i - wskaźnik niezawodności i-tej części składowej urządzenia,

$C_i(P_i)$ - nakłady na opracowanie, produkcję i eksploatację i-tej części składowej, o wskaźniku niezawodności równym P_i .

Rozwiązanie układu równań (D-12) prowadzi do układu równań postaci

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{i=1}^k q_i(C_i) \leq 1 - P_{opt} \\ \sum_{i=1}^k C_i = \min \end{array} \right\} \quad (D.13)$$

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{i=1}^k q_i(C_i) \leq 1 - P_{opt} \\ \frac{dq_1}{dC_1} = \frac{dq_2}{dC_2} = \dots = \frac{dq_k}{dC_k} \end{array} \right\} \quad (D.14)$$

w których

$$q_i = 1 - P_i.$$

D.3.1.2 Wymagane wartości jednostkowych wskaźników niezawodności określa się w następujący sposób:

- wyznacza się (lub wybiera) zależność między wskaźnikami C_i i P_i ;
- otrzymaną zależność podstawia się do układu równań (D13).

Dla każdej i-tej części składowej systemu określa się zależność wskaźników C_i od ustalonej wartości P_{opt} :

- wykorzystując parametry charakteryzujące zależność między wskaźnikami C_i i P_i znajduje się wartości C_1, C_2, \dots, C_k ;
- podstawiając znalezione wartości C_i do układu równań (D14), określa się wymagane wartości wskaźników niezawodności.

Przykład D.4

Określić wymagane wartości prawdopodobieństwa poprawnej pracy pokładowych urządzeń rakietowych, urządzeń sterowania i oprzyrządowania radionawigacyjnego kompleksu lotniczego, jeśli dla całego kompleksu ustalono wartość wskaźnika $P_o(t)=0,9$.

Rozwiązanie:

na podstawie danych statystycznych, dotyczących urządzeń o analogicznym przeznaczeniu, ustalono zależność między nakładami na opracowanie a wskaźnikami niezawodności

$$C_i = A_i \times \frac{P_i}{1 - P_i} \quad (D.15)$$

skąd

$$1 - P_i = \frac{A_i}{A_i + C_i} \quad (D.16)$$

Podstawiając (D.16) do (D.14) otrzymuje się:

$$\sum_{i=1}^k \frac{A_i}{A_i + C_i} \leq 1 - P_{opt}(t) \quad (D.17)$$

$$\frac{d}{dC_1} \left(\frac{A_1}{A_1 + C_1} \right) = \frac{d}{dC_2} \left(\frac{A_2}{A_2 + C_2} \right) = \dots = \frac{d}{dC_k} \left(\frac{A_k}{A_k + C_k} \right)$$

Po zróżniczkowaniu otrzymuje się:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^k \frac{A_i}{A_i + C_i} &\leq 1 - P_{opt}(t) \\ \frac{A_1}{(A_1 + C_1)^2} &= \frac{A_2}{(A_2 + C_2)^2} = \dots = \frac{A_k}{(A_k + C_k)^2} \end{aligned} \right\} \quad (D.18)$$

Ponieważ $k=3$ (trzy typy urządzeń C_1, C_2, C_3), to po rozwiązaniu układu równań (D.18) otrzymuje się:

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \frac{A_1 + \sqrt{A_1 \times A_2} + \sqrt{A_1 \times A_3}}{1 - P_{opt}(t)} - A_1 \\ C_2 &= \frac{A_2 + \sqrt{A_2 \times A_1} + \sqrt{A_2 \times A_3}}{1 - P_{opt}(t)} - A_2 \\ C_3 &= \frac{A_3 + \sqrt{A_3 \times A_1} + \sqrt{A_3 \times A_2}}{1 - P_{opt}(t)} - A_3 \end{aligned} \right\} \quad (D.19)$$

Na podstawie danych statystycznych, dotyczących opracowania analogicznych urządzeń, wybrano wartości stałych współczynników $A_1 = 10$, $A_2 = 40$ i $A_3 = 90$. Podstawiając te wartości do układu równań (D.19), otrzymuje się $C_1=590$, $C_2=1160$, $C_3=1710$.

Podstawiając znalezione liczbowe wartości nakładów na opracowanie, produkcję i eksploatację różnych typów urządzeń wchodzących w skład kompleksu lotniczego do układu równań (D.14), otrzymuje się następujące, wymagane wartości prawdopodobieństwa poprawnej pracy, odnoszące się do poszczególnych części składowych kompleksu:

- pokładowe urządzenia rakietowe $P_1(t) = 0,984$;
- układy sterujące samolotu-nosiciela $P_2(t) = 0,997$;
- urządzenia radionawigacyjne samolotu-nosiciela $P_3(t) = 0,95$.

D.4 Wyznaczanie wartości jednostkowych wskaźników niezawodności urządzeń i rodzaju przy ustalonej wartości wskaźnika kompleksowego

D.4.1 Przy wyznaczaniu jednostkowych wskaźników niezawodności wykorzystuje się zależność:

$$K_{og} = K_g \times P(t)$$

D.4.1.1 Znane są dopuszczalne wartości wskaźników K_g , K_{og} i oczekiwanego czasu naprawy T_n .

W tym przypadku oczekiwany czas pracy między uszkodzeniami T_m i prawdopodobieństwo poprawnej pracy $P(t)$ są określone wzorami

$$T_m = K_g \times T_n / (1 - K_g) \quad (D.20)$$

$$P(t) = \frac{K_{og}}{K_g} \quad (D.21)$$

w których:

T_n - oczekiwany czas naprawy urządzenia, liczony od chwili wystąpienia uszkodzenia do ponownego rozpoczęcia pracy przez urządzenie po naprawie (T_n obejmuje również czas wykrycia uszkodzenia urządzenia).

Przykład D.5

Określić wartości T_m i $P(t)$ dla elektronicznej maszyny cyfrowej, jeśli znana jest wartość $K_{og} = 0,91$.

Zgodnie z warunkami wykonania zadania bojowego wymaga się by $K_g \geq 0,98$, $T_n < 3$ h.

Rozwiązanie:

$$T_m \geq \frac{0,98 \times 3}{0,09} \approx 33h$$

$$P(t) = \frac{0,91}{0,98} = 0,93$$

D.4.1.2 Czas pracy $t \leq T_m$ (urządzenie przeznaczone do systemów o okresowej pracy).

W tym przypadku:

$$T_m = \frac{t + K_{og} \times T_n}{1 - K_{og}} \quad (D.22)$$

Przykład D.6

Określić oczekiwany czas poprawnej pracy między uszkodzeniami, jeśli $K_{og}=0,97$ - przy tym $T_n \leq 3h$, $t=0,5$ h.

Rozwiązanie:

$$T_m = \frac{0,5 + 0,97 \times 3}{1 - 0,97} \approx 114h$$

D.4.1.3 Urządzenie stosowane jest w systemie przeznaczonym do długotrwałej pracy ciągłej. Oczekiwany czas naprawy $T_n < T_m$.

W tym przypadku:

$$T_m = \frac{-t}{1 \times n \times K_{og}} \quad (D.23)$$

Przykład D.7

Określić wartość jednostkowych wskaźników niezawodności radiolokacyjnej stacji wykrywania pracującej w sposób ciągły.

Ustalono wartość $K_{og}=0,95$, przy czym $t = 20$ h, $T_n < 0,3$ h.

Rozwiązanie:

$$T_m = \frac{20}{1 \times n \times 0,93} = 390h$$

$$P(t) = \exp\left(-\frac{t}{T_m}\right) = \exp\left(-\frac{20}{390}\right) = 0,95$$

$$K_g = \frac{T_m}{T_m + T_n} = \frac{390}{390,3} = 0,999$$

D.5 Określenie czasu pracy przy ustalonych, operacyjno-taktycznych wskaźnikach niezawodności

D.5.1 W zależności od wpływu uszkodzeń na wynik wykonania zadania bojowego przez urządzenie, możliwe są następujące sposoby określenia czasu pracy T :

- a) wystąpienie uszkodzenia urządzenia podczas wykonywania zadania przerywa jego wykonanie (wynik pracy równy zero).

W tym przypadku czas t jest przyjmowany jako czas wykonania zadania:

- a) jeśli wynikiem pracy urządzenia są poszczególne operacje, trwające przez czas t , to skutkiem wystąpienia uszkodzenia jest niewykonanie tylko jednej operacji. W takim przypadku czas t jest określony jako czas wykonywania jednej operacji;
- b) wystąpienie uszkodzenia urządzenia, którego efekt pracy jest wprost proporcjonalny do sumarycznego czasu poprawnej pracy, spowoduje zmniejszenie wyniku pracy tylko ze względu na czas odnowy.

W tym przypadku czasu pracy nie należy utożsamiać z czasem eksploatacji, zaś niezawodność należy charakteryzować przy pomocy wskaźników stacjonarnych (typu K_g), które nie wymagają ustalenia czasu t .
