

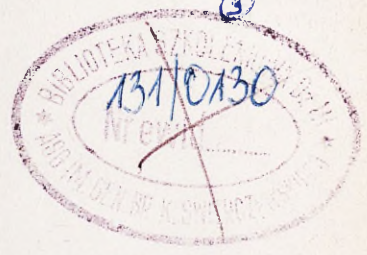


AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. generała broni Karola Świerczewskiego

**DO DĄTKU
SŁUŻBOWEGO**

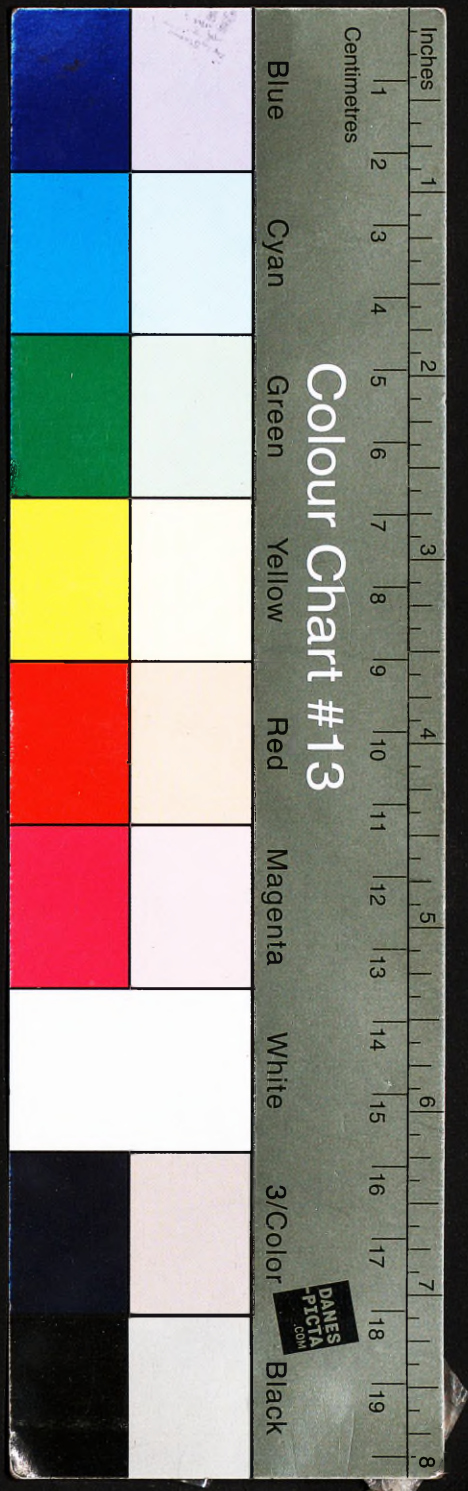


Egz. Nr 4



plk prof. dr hab. J. KACZMAREK
plk doc. dr J. SKIBIŃSKI

**ALGORYTMY NORM JEDNOSTKOWYCH
DLA RÓŻNYCH GRUP SPRZĘTU**



WARSZAWA

CZERWIEC

1975

**ARCHIWUM
BIBLIOTEKI SZKOLENIOWEJ
AKADEMII SZTABU GENERALNEGO
im. gen. broni K. Świerczewskiego**
235969

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. generała broni Karola Świerczewskiego

**DO DĘTKO
SŁUŻBOWEJ**

Egz. Nr 4



plk prof. dr hab. J. KACZMAREK
plk doc. dr J. SKIBIŃSKI

**ALGORYTMY NORM JEDNOSTKOWYCH
DLA RÓŻNYCH GRUP SPRZĘTU**

WARSZAWA

CZERWIEC

1975

**ARCHIWUM
BIBLIOTEKI SZKOLENIOWEJ
AKADEMII SZTABU GENERALNEGO
im. gen. broni K. Świerczewskiego**
235969

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. generała broni Karola Świerczewskiego

Przełt. powt 12657.

DO DZIAŁU
MŁODZIEŻY

TAJNE

Egz. Nr 4



plk prof. dr hab. J. KACZMAREK
plk doc. dr J. SKIBIŃSKI

**ALGORYTMY NORM JEDNOSTKOWYCH
DLA RÓŻNYCH GRUP SPRZĘTU**

**ARCHIWUM
BIBLIOTEKI SZKOLENIOWEJ
AKADEMII SZTABU GENERALNEGO
im. gen. broni K. Świerczewskiego**
35969

S P I S R O Z D Z I A Ł O W

OZNACZENIA

1. WPROWADZENIE CHARAKTERYSTYKA OGOLNA PROCESU NORMOWANIA CZESCI ZAMIENNYCH BRONI I SPRZETU TECHNICZNEGO
2. TECHNICZNO - NIEZAWODNOSCIOWE CHARAKTERYSTYKI NORMOWANIA CZESCI ZAMIENNYCH
 - 2.1. Założenia wstępne i warunki ograniczające
 - 2.2. Podział modeli normowania
 - 2.3. Charakterystyka typów ważniejszych rozkładów intensywności uszkodzeń.
 - 2.3.1. Rozkład logarytmiczno - normalny
 - 2.3.2. Rozkład normalny
 - 2.3.3. Rozkłady Weibulla i Erlanga
 - 2.3.4. Rozkład gamma
 - 2.3.5. Rozkład wykładniczy
 - 2.3.6. Rozkład Poissona
 - 2.3.7. Uogólniony rozkład funkcji gęstości prawdopodobieństwa uszkodzeń.
 - 2.4. Normowanie CzZ układzie wieloletnim jako proces Markowa
 - 2.4.1. Estymacja macierzy przejścia w modelu jednorodnym
 - 2.4.2. Estymacja parametrów modelu niejednorodnego
3. ZAŁOŻENIA PODSTAWOWE PROCESU I MODELI NORMOWANIA CZESCI ZAMIENNYCH
4. MODEL TYPU A PROCESU NORMOWANIA CZESCI ZAMIENNYCH DLA UŻYTKOWANYCH BST
 - 4.1. Struktura modelu normowania CzZ
 - 4.2. Algorytm modelu A - I
 - 4.3. Algorytm modelu A - II

5. NORMATYWY MAGAZYNOWE CZĘŚCI ZAMIENNYCH I ICH REJONIZACJA
6. MODEL TYPU B PROCESU NORMOWANIA CZĘŚCI ZAMIENNYCH DLA PRZECHOWYWANYCH BST

L I T E R A T U R A

ZALĄCZNIKI :

1. Lista rodzajów broni i sprzętu technicznego podlegających normowaniu CzZ.
2. Układ rozmieszczenia CzZ w systemie zaopatrzenia.
3. Przykład zastosowania algorytmu dla modelu A I .

O Z N A C Z E N I A

(w nawiasach (•) występujących po opisie oznaczenia podano rozdział w którym zostało ono wprowadzone)

- $E(T_e)$ - wartość oczekiwana czasu przebywania jednego egzemplarza BST w eksploatacji wojskowej (R.2-1.1.5) ;
- $\lambda(x)$ - intensywność wymian CzZ przypadająca na jeden egzemplarz BST w ciągu roku (R.2-5) ;
- $E(T_z)$ - wartość oczekiwana czasu przebywania jednego egzemplarza BST w stanie zdatności (R.2-6) ;
- $E(T_n)$ - j/w lecz w stanie niezdatności (R.2-6) ;
- K_g - wskaźnik syntetyczny gotowości techniczno-bojowej BST (R.2-6).
- N_{α} - norma kompleksowa - zbiór wszystkich CzZ należących do rodzajów przypadających na jeden egzemplarz BST (R.2-4).
- $j=1, \dots, \omega$ - numer rodzaju CzZ (R.2-4),
- $n_{\alpha j}$ - norma jednostkowa CzZ - zbiór wszystkich CzZ tego samego j-tego rodzaju przypadających na jeden egzemplarz BST (R.2-4)
- $F(t)$ - dystrybucja rozkładu czasu życia urządzeń (R.2.3)
- $f(t)$ - funkcja gęstości prawdopodobieństwa zmiennej losowej T (R.2.3)
- $R(t)$ - funkcja niezawodności urządzeń w czasie t (R.2.3)
- $\lambda(t)$ - funkcja intensywności uszkodzeń w czasie t (R.2.3)
- $s_{\alpha} \in S, \alpha=1, \dots, u$ - podzbiory zbioru typów broni strzeleckiej (R.3-1.2)
- $a_{\alpha} \in A, \alpha=1, \dots, v$ - podzbiory zbioru typów sprzętu artylerii (R.3-1.2)
- $r_{\alpha} \in R, \alpha=1, \dots, w$ - podzbiory zbioru typów uzbrojenia wozów bojowych (R.3-1.2)
- $O_{\alpha} \in O, \alpha=1, \dots, g$ - podzbiory zbioru typów sprzętu optyczno-mierniczego (R.3-1.2)
- $n_{\alpha} \in N, \alpha=1, \dots, h$ - podzbiory zbioru typów sprzętu noktowizyjnego (R.3-1.2)
- $Q=S, A, R, O, N$ - symbol liczebności dowolnego rodzaju BST (R.3-1.3)
- $Q_{\gamma}, \gamma=s_{\alpha}, a_{\alpha}, r_{\alpha}, n_{\alpha}$ - symbol liczebności dowolnego typu BST (R.3-1.3)
- $k=k_0, \dots, k_3$ - numer klasy na danym poziomie od 0 do 3 (R.3-6)

m_0, \dots, m_5 - ilość klas na danym poziomie (R.3-6)

A_s, A_a, A_r - macierze średnich licznosci zbiorów egzemplarzy BST użytkowanych, typów s,a,r, (R.3-6.1)

B_s, B_a, B_r - macierze średnich licznosci zbiorów egzemplarzy BST konserwowanych, typów s,a,r (R.3-6.2)

A_o, A_n - macierze średnich licznosci zbiorów egzemplarzy BST typów o i u użytkowanych (R.3-6.3)

B_o, B_n - macierze średnich licznosci zbiorów egzemplarzy BST typów o i u konserwowanych (R.3-6.4)

$\beta' = (0u), (1u), (2u), (3u)$ - BST użytkowane na kolejnych poziomach (R.3-7)

$\beta'' = (0k), (1k), (2k), (3k)$ - BST konserwowane na kolejnych poziomach (R.3-7)

$\beta = \beta', \beta''$

l_{jk}^β

- lista jednostek organizacyjnych w dowolnym stanie eksploatacji BST na pewnym poziomie i przy j-tym charakterze działań (R.3-7.1),

$L_{\alpha k}^\beta, K_{\alpha k}$

- zbiory list jednostek org. odpowiednio wg wierszy i kolumn macierzy licznosci BST (R.3-7.1),

$\gamma_j (= s_{\alpha j}, a_{\alpha j}, r_{\alpha j}, o_{\alpha j}, n_{\alpha j})$ - liczebności CzZ j-tego rodzaju w jednym egzemplarzu BST typu γ (R.3-8),

$\lambda_{\gamma j}^\beta$

- średnia intensywność wymiany CzZ j-tego rodzaju w BST typu γ . (R.3-9),

$c_{\gamma j}^\beta$

- ilość CzZ rodzaju j zużytych w ciągu roku (w określonej klasie i ustalonym poziomie) w BST znajdujących się w stanie β (R.3-9),

$Q_{\gamma j}^\beta$

- ilość CzZ rodzaju j występujących we wszystkich BST w stanie β (w danej klasie i na ustalonym poziomie) (R.3-9),

$[\lambda_{\gamma j k}^\beta]$

- macierz intensywności wymian CzZ rodzaju j występujących we wszystkich klasach na poziomie 0 i stanie eksploatacji $\beta (= \beta', \beta'')$, (R.3-10),

H_o

- symbol hipotezy zerowej (R.4.1-6),

Ω

- symbol typu rozkładu prawdopodobieństwa (R.4.1-6),

$c_{j\alpha}$

- ilość części rodzaju j ($j=1, \dots, \omega$) w grupie $\alpha (= 1, \dots, s)$ klasy $v (= 1, \dots, n)$ (R.4.1-7),

c_{jv}

- ilość części rodzaju j w klasie $v (= 1, \dots, n)$

C_j

- ilość części rodzaju j we wszystkich klasach danego poziomu (R.4.1-7),

- V_x, V_v - suany rang grup $x(=1, \dots, s)$ w klasie i - klas w ich zbiorze (R.4,-7),
- ν - ilość sztuk j -tej CzZ w jednym egzemplarzu BST (R.4.2-3),
- Q_{jil} - stan zapotrzebowań zgłoszonych przez OG na j -ty rodzaj CzZ z magazynu o numerze i na poziomie 1 (R.5.3),
- Z_{jil} - przewidywane zapotrzebowanie j -tego rodzaju CzZ przez magazyn i na poziomie 1 (R.5.3),
- Q_{jg} - stan obciążenia ciągu ogniwo zaopatrzenia (OOOZ) o numerze $g(=1, \dots, G)$, (R.5.3).
- $Z_{jlr}^{(n)}, Z_{jlr}^{(d)}$ - odpowiednio stan zapasu nienaruszalnego (n) lub niezniżalnego (d). Części rodzaju j występujących w BST rodzaju i i typu $\gamma (=s_\alpha, a_\alpha, r_\alpha, o_\alpha, n_\alpha)$ znajdujących się w magazynie o numerze $r=1, 2, \dots$ na poziomie $l=0, 1, 2, 3$; symbol oznacza, że j -ty rodzaj CzZ może występować w dwóch i więcej typów BST; (R.6.6).
- $C_{jlr}^{(n)}, C_{jlr}^{(d)}$ - odpowiednio stan zapasu nienaruszalnego (n) lub niezniżalnego (d) CzZ rodzaju j przechowywanych luzem w magazynie o numerze r na poziomie 1; (R.6.6).
- $Z_{jlr}^{(n)+}, Z_{jlr}^{(d)+}, Z_{jlr}^{(n)-}, Z_{jlr}^{(d)-}$ - stany zapasów jw., lecz w wyniku kontroli stwierdzone jako technicznie sprawne (+) lub niesprawne - uszkodzone (-); (R.6.6)
- $C_{jlr}^{(n)+}, C_{jlr}^{(d)+}, C_{jlr}^{(n)-}, C_{jlr}^{(d)-}$ - stany zapasów jw., technicznie sprawnych (+) lub - niesprawnych (-); (R.6.6)
- $\Lambda_{jlr}^{(n)}, \Lambda_{jlr}^{(d)}$ - odpowiednio średnia intensywność uszkodzeń (wymian) części rodzaju $j(=1, \dots,)$ występujących w BST rodzaju i i typu γ zapasu (n) lub (d); (R.6.6)
- $\Lambda_{jlr}^{(n)}, \Lambda_{jlr}^{(d)}$ - jw. lecz dotycząca uszkodzeń (wymian) CzZ przechowywanych luzem jako zapas (n) lub (d); (R.6.6)

- $z_{jIlr}^{(n)}, \dots, z_{jIVlr}^{(n)}$ - ilość sztuk części rodzaju j zaliczonych do kategorii I, ..., IV występujących w BST zapasu (n); (R.6.6)
- $z_{jIlr}^{(d)}, \dots, z_{jIVlr}^{(d)}$ - jw., lecz w BST zapasu (d); (R.6.6)
- $c_{jIlr}^{(n)}, \dots, c_{jIVlr}^{(n)}$ - ilość sztuk CzZ rodzaju j zaliczonych do kategorii I, ..., IV występujących luzem jako zapas (n); (R.6.6)
- $c_{jIlr}^{(d)}, \dots, c_{jIVlr}^{(d)}$ - jw., lecz jako zapas (d); (R.6.6)
- $\lambda_{jIlr}^{(n)'}, \dots, \lambda_{jIVlr}^{(n)'}$ - intensywność wymian części rodzaju j kategorii I, ..., IV występujących w BST zapasu (n); (R.6.6)
- $\lambda_{jIlr}^{(d)'}, \dots, \lambda_{jIVlr}^{(d)'}$ - jw., lecz jako zapas (d); (R.6.6)
- $\lambda_{jIlr}^{(n)''}, \dots, \lambda_{jIVlr}^{(n)''}$ - intensywność uszkodzeń (wymian) CzZ rodzaju j kategorii I, ..., IV występujących luzem jako zapas (n); (R.6.6)
- $\lambda_{jIlr}^{(d)''}, \dots, \lambda_{jIVlr}^{(d)''}$ - jw., lecz jako zapas (d); (R.6.6)

WPROWADZENIE - CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA PROBLEMU
NORMOWANIA CZĘŚCI ZAMIENNYCH BRONI I SPRZĘTU
TECHNICZNEGO

Najogólniejszym celem niniejszego opracowania jest sformułowanie metodyki normowania części zamiennych (CzZ) dla wybranych rodzajów i typów broni i sprzętu technicznego (BST) - zał. nr. 1. - oraz ustalenie normatywów magazynowych i zasad rozmieszczenia zapasów tych części na poszczególnych szczeblach hierarchicznej struktury istniejącego systemu zaopatrzenia - zał. nr. 2.

Normowanie CzZ rozumie się tu jako ciągły proces realizowany cyklicznie w kolejnych okresach jednorocznych wg. następujących etapów podstawowych :

- 1^o ustalenie niezbędnych zapasów CzZ przypadających w ciągu roku na jeden egzemplarz BST (każdego rodzaju i typu),
- 2^o - weryfikacje stanów ilościowych i jakościowych tych zapasów na podstawie faktycznych rozchodów w okresie sprawozdawczym,
- 3^o - prognozowanie zgłoszeń (zapotrzebowań) na poszczególne rodzaje CzZ w latach następnych.

Główną bazę informacyjną o rozchodach i przychodach poszczególnych asortymentów CzZ (dla wyróżnionych wyżej BST) stanowi wdrażany obecnie "Automatyzowany System Planowania zaopatrywania, ewidencji i sprawozdawczości w zakresie części wymiennych w służbie uzbrojenia i elektroniki - "Proces" [6]. Ponadto przyjmuje się, że istnieje źródło informacji o stanach ilościowych poszczególnych rodzajów i typów BST znajdujących się zarówno w stanie bieżącego użytkowania jak i przechowywania (magazynowania) wg. ustalonych rodzajów zapasów rozmieszczonych na kolejnych szczeblach struktury zaopatrywania.

Dane z powyższych dwóch źródeł, uzyskiwane w kolejnych latach (okresach sprawozdawczych), pozwalają sprowdzić zadania normowania CzZ do następujących :

1. ustalanie ilości CzZ każdego asortymentu (rodzaju) przypadających na jeden egzemplarz BST znajdujący się w stanie użytkowania, a przeznaczonych na wymianę na miejsce zniszczonych zużytych (napracowanych) lub zgubionych w ciągu roku (sprawozdawczego) :
2. ustalanie ilości CzZ każdego asortymentu (rodzaju) przypadających na jeden egzemplarz BST znajdujący się w stanie przechowywania, bez względu na rodzaj zapasu i szczebel systemu zaopatrywania, mając na uwadze zarówno wymianę części uszkodzonych w okresie magazynowania BST, jak również zabezpieczenie w CzZ wg. ustalonej normy z chwilą przekazania do użytkowania bieżącego ;
3. rozmieszczenie normy CzZ ustalonej na dany rok, dla BST użytkowanych bieżąco, w składnicach (magazynach) na poszczególnych szczeblach systemu zaopatrywania.
4. rozmieszczenie normy CzZ dla BST przechowywanych jako zapas (bieżący, niezniżałny, nienaruszalny) na ustalonych poziomach.

Rozwiązania powyższych zadań, uzyskiwane pod koniec każdego roku sprawozdawczego, można traktować jako płaszczyznę wyjściową do formułowania rocznych dwuletnich i dłuższych planów gospodarowania częściami zamiennymi. W intencji ogólnej informacja wynikająca z corocznych rozwiązań można przyjmować jako podstawowe dane ilościowe do planowania krótko- i średnio-terminowego, gdyż odzwierciedlają tendencje zmian zachodzących w kolejnych okresach (latach) eksploatacji BST zależnie od modyfikowanych programów szkolenia wojsk.

Postulat ciągłości (w czasie) procesu normowania CzZ i ustalania możliwie uzasadnionych ekonomicznie normatywów magazynowych wynika z niewyraźnej funkcjonalnie dynamiki zmian w reżimach użytkowania BST, nawet w warunkach pokojowych. Stałe doskonalenie użycia istniejących środków walki, wprowadzanie nowych rodzajów uzbrojenia, zmiany organizacyjne w wojsku i wynikające z nich nowe wskaźniki taktyczno-techniczne wydajności bojowej, usprawnienia w dziedzinie technologii konserwacji BST itp., to tylko niektóre z ważniejszych czynników wpływających na intensywność ich użytkowania, a tym samym - na czas życia i rozkład wartości jakie może przybierać uproszczona funkcja niezawodności poszczególnych typów BST, a nawet każdego egzemplarza w zbiorach ich typów. Dlatego też norma CzZ jako wielkość uśredniona, a przy tym oparta na informacjach przetworzonych na podstawie modeli probabilistycznych, nie może być wielkością stałą, obowiązującą przez długie (kilkuletnie) okresy eksploatacji sprzętu. Wszelka norma wyraża zawsze pewien stan niepewności co do reprezentowanej wielkości, przy czym niepewność tę zazwyczaj wyraża funkcjonal wystarczająco uwikłany, aby obliczenia praktyczne, służące podejmowaniu konkretnych decyzji, dawały wynik o niezbyt dokładnie znanym przybliżeniu.

W gospodarce częściami zmiennymi właściwość ta jest znana od dawna, lecz jak dotąd, mimo dość szeroko rozbudowanej teorii niezawodności urządzeń i statystyki matematycznej łącznie z rachunkiem prawdopodobieństwa, prace praktyczne w zakresie normowania nie doprowadziły jeszcze do stworzenia metody wystarczająco adekwatnej. Sprawia to szereg barier formalnych. Jedną z nich jest, praktycznie rzecz biorąc, dotychczasowy znikomy wynik identyfikacyjnych analiz stanów eksploatacji urządzeń. Brakuje metod optymalizacji czasu użytkowania zestawów urządzeń, niewystarczają-

ce są jeszcze metody poprawy ich jakości, zbyt uproszczone wyniki dają metody optymalizacji alokacji zapasów itp. Inaczej mówiąc, jeśli w zakresie usprawniania procesów właściwego wykorzystania surowców, energii - różnych materiałów - prace badawcze są już bardzo zaawansowane i dają względnie dobre, użyteczne praktycznie wyniki, to w dziedzinie badań efektywności eksploatacji urządzeń trwałych występują jeszcze poważne braki.

Gospodarka częściami zamiennymi, jako jeden z podstawowych działów gospodarki materiałowej, wymaga stałej modyfikacji w zależności od prognostycznie przewidywanych zmian w rozwoju techniki poszczególnych rodzajów urządzeń, technologii ich produkcji oraz polityki eksploatacyjnej. Ta ostatnia bowiem decyduje o intensywności i jakości zastosowań (użytkowanie) urządzeń oraz ich obsługi - wami technicznymi (naprawach, renowacji i konserwacji). Zgodność polityki eksploatacyjnej z praktyką użytkowania urządzeń i strukturą Systemu Ochrony Czasowej każdego z ich rodzajów jest warunkiem koniecznym racjonalnego gospodarowania zarówno urządzeniami użytkowymi bieżąco jak i ich zapasami bez względu na rodzaj i przeznaczenie.

Z polityki gospodarki częściami zamiennymi urządzeń użytkowanych i przechowywanych (magazynowanych) musi wynikać nie tylko z dokładnej znajomości ich bazy produkcyjnej, lecz przede wszystkim - znajomości procesów eksploatacyjnych. Doświadczenia ubiegłych 30 lat w gospodarkach materiałowych wielu państw wykazały, że wady planowania stanów zapasów części zamiennych i sterowania ich użytkowaniem prowadzą z reguły do marnotrawstwa, a w konsekwencji do pogarszania się struktury systemów eksploatacji urządzeń, obniżenia sprawności Systemu Ochrony Czasowej, degradacji przydatności zapasów itp.

Problem usprawniania gospodarki materiałowo-technicznej i eksploatacji urządzeń w obszarze gospodarki narodowej narastał u nas od wielu lat. Stwierdzenie stanów zapasów w przedsiębiorstwach na około 260 miliardów złotych (na ok. 600 miliardów, jako łączna wartość zapasów krajowych), z czego około 12 miliardów zł. oceniono jako wartość zapasów zbędnych, przy stałym pogłębianiu się tych tendencji, stało się dostatecznie silnym sygnałem dla podjęcia decyzji polityczno-gospodarczych zmierzających do intensyfikacji gospodarki zapasami w oparciu o stale doskonalone metody planowania.

Dyskusja i Uchwała VI Plenum KC PZPR stworzyły w resorcie Obrony Narodowej wystarczająco trwałe podstawy dla ukierunkowania metod poszukiwania racjonalnych rozwiązań w zakresie doskonalenia planowania i organizacji procesów zabezpieczenia technicznego procesów eksploatacji wszelkich urządzeń technicznych, a w tym również środków walki. Wyniki VIII Centralnej Narady Gospodarczej MON ukierunkowały m.in. dalsze doskonalenie gospodarki magazynowej, zmniejszenie poziomu zapasów i sprawniejsze zaopatrywanie wojsk w ramach integracji i rejonizacji organów zaopatrzenia. Przedsięwzięcie z tym związane wymaga prowadzenia systematycznej analizy norm i normatywów materiałowych jako podstawowych czynników racjonalnej gospodarki zapasami.

W odniesieniu do gospodarki częściami zamiennymi w Systemie Ochrony Czasowej istotną rolę powinna spełniać analiza statystyczna dotychczasowych rozchodów i zamówień, doprowadzająca do ustalania uzasadnionych norm zużycia sprzętu bojowego oraz utrzymywania optymalnych normatywów magazynowych ich części zamiennych.

Naturalnie, proces ten musi być realizowany konsekwentnie i stale w systemie EPD (podsystemie gospodarki materiałowej),

nastawionym na weryfikację danych z okresów ubiegłych i prognozowanie zmian na dalsze okresy eksploatacji sprzętu.

x

x

x

W świetle głównego celu niniejszego opracowania, narzuca się również konieczność tworzenia przesłanek do dokonywania bieżącej analizy kompleksowej otrzymanyh wyników normowania zwłaszcza z punktu widzenia sprawności przepływów części zamiennych w istniejącym czteropoziomowym układzie magazynów (z włączonymi weń jednostkami remontowymi (BR) i użytkownikami (OG, COG, SOG)). Rzecz bowiem w problemie optymalizacji kosztów magazynowania i przepływu części do warsztatów remontowych, włącznie z transportem sprzętu do tychże warsztatów w celu dokonania napraw lub renowacji.

Intuicyjnie narzuca się podział części zamiennych dla BST użytkowanych na względnie tanie, lecz o dużej intensywności uszkodzeń które można usuwać we własnych warsztatach (OG) oraz - drogie, zwłaszcza deficytowe o dużym prawdopodobieństwie poprawnej pracy, których montaż wymaga specjalnej bazy warsztatowej. Wydaje się, że oszczędniej byłoby pierwsze z nich utrzymywać w OG, nawet w ilościach zapewniających 1-2 letnie rozchodowanie, natomiast część drugich - przechowywać jako zapas roczny (bieżący, odnawialny) w zakładach remontowych (naprawczych), a część w składnicach okręgowych ; w składnicach centralnych (wiodących) przechowywane byłyby tylko zapasy "buforowe" części zamiennych dla sprzętu użytkow^{ane}ego.

W odniesieniu do części zamiennych dla BST znajdujących się w zapasach nienaruszalnych i niezniżalnych, ich podział i rozmieszczenie powinno odpowiadać przewidywanym warunkom obsługiwanego technicznego podczas magazynowania (zwłaszcza na wolnym powietrzu) i z chwilą włączenia do użytkowania, tzn. zależnie od ustalonej

(dla każdego typu BST) funkcji nierawności, a tym samym - intensywności uszkodzeń poszczególnych asortymentów części wymiennalnych i możliwości naprawczych (remontowych) warsztatów na szczeblach ZT lub OW.

Główna intencja takiego podejścia powinna polegać na takim zbliżeniu części wymiennej do naprawianego sprzętu, aby uwzględnić łącznie kryteria minimalizacji kosztów transportu sprzętu do warsztatu i koszty napraw w stosunku do wartości danej części lub ich zestawu, przy ustalonej normie czasu niezbędnego na transport i naprawę oraz utrzymaniu przewidywanej wartości funkcji niezawodności urządzenia na wymaganym poziomie jego sprawności techniczno-bojowej.

Doświadczenia z eksploatacji urządzeń wskazują jednak dość często wypadki, gdy ze względu na znaczny koszt obiekt, który obniżył ponad dopuszczalną normę wymagane wskaźniki sprawności technicznej jest nadal użytkowany intensywnie, aż do chwili gdy koszt remontu (łącznie z transportem) znacznie przekroczy jego rzeczywistą wartość użytkową. Inaczej mówiąc wchodzi tu w grę problem opłacalności napraw w stosunku do oczekiwanej wartości wskaźnika niezawodności urządzenia, np. spośród dwóch urządzeń, t.j. wyeksploatowanego i względnie nowego, w których należy wymienić ten sam rodzaj części, korzystniej jest w pierwszej kolejności zaopatrzyć w nią urządzenie względnie nowe jako wydajniejsze, niż stare. Dlatego też "koszt" braku części dla pierwszego z nich jest wyższy niż dla drugiego. W wypadku eksploatacji BST "koszt" ten jest równoznaczny z obniżeniem wskaźnika gotowości bojowej jednostki.

Problem normowania części zamiennych dla BST i ustalania normatywów magazynowych można najogólniej sprowadzić do wykrycia warunków pozwalających :

1. przy niezmiennych nakładach (budżetowych) uzyskać wyższe efekty sprawności techniczno-bojowej BST, lub te same efekty przy mniejszych nakładach ;
2. zwiększyć wskaźniki operatywności procesu zaopatrzenia wojsk (w czasie pokoju) na drodze zastosowania w gospodarce materiałowej coraz efektywniejszych modeli decyzyjnych.

Łącznie, problem normowania części zamiennych jest ściśle związany z procesem renowacji urządzeń, a ogólniej - bieżącą odnową potencjału urządzeń użytkowanych i przechowywanych. W każdym z tych stanów urządzenia podlegają uszkodzeniom losowym. Oczywiście inny jest charakter uszkodzeń sprzętu użytkowanego niż przechowywanego. Nie zawsze bowiem można zakładać, że System Ochrony Czasowej stosowany wobec sprzętu zakonserwowanego zapewnia mu pełną ochronę przed różnymi rodzajami korozji. Intensywność zużycia poszczególnych części zależy od warunków eksploatacji urządzenia, a fakt uszkodzenia się choćby jednej z nich i spowodowania niezdatności danego egzemplarza powinien wywołać potrzebę sprawdzenia stanu zdatności pozostałych jego części i dokonania odpowiednich wymian profilaktycznych, nie czekając na remont feralny.

Niestety badania diagnostyczne BST prowadzone w ramach przeglądów technicznych, nie zawsze doprowadzają do wykrycia stanów potencjalnej niesprawności, zwłaszcza w wypadkach sprzętu o dłuższych okresach eksploatacji (życia). W związku z tym coraz bardziej niezbędne staje się podejmowanie usystematyzowanych badań statystycznych w celu wykrywania granicznych stanów niezawodności urządzeń i przyczyn z jakich powstają. Te zaś będą w regule zróżnicowane i nakładające się, a m.in. : niepełna sprawność zmieniających się użytkowników, różne reżimy pracy, wady pielęgnacji (konserwacji), wady utajone materiału, przyczyny konstrukcyjno-technologiczne, losowe oddziaływanie otoczenia itp.

W celu wykorzystania doświadczeń w zakresie normowania CzZ i ustalania normatywów magazynowych rozpatrzmy pokrótce metody stosowane względnie powszechnie.

Praktycznie rzecz biorąc, w procesie normowania części zamiennej (CzZ) stosuje się różne podejście (metody), najczęściej zależnie od stanu zaawansowania badań statystycznych i stopnia wykorzystania elektronicznej techniki obliczeniowej do przetwarzania danych. Na uwagę zasługuje fakt, że nie wszystkie resorty gospodarki narodowej podjęły odpowiednie prace badawcze, a szacowanie wielkości norm odbywa się najczęściej na podstawie doraźnie zbieranych danych empirycznych ze zbyt małych prób pobieranych w nadzbyt krótkich okresach czasu w stosunku do liczebności populacji generalnych badanych typów urządzeń funkcjonujących przez dostatecznie długie okresy.

Oczywiście to intuicyjne podejście do metody normowania nie daje oczekiwanych wyników, zwłaszcza w warunkach braku prognoz długoterminowych zarówno w zakresie badania potrzeb (ryнку) jak i w obszarze niezawodności produkowanych i eksploatowanych urządzeń. Podstawową trudność w procesie normowania CzZ sprawia brak funkcji niezawodności gotowych urządzeń (wyrobów), gdyż ich producent najczęściej świadomie unika ujawnienia wyników tego rodzaju badań, nastawiając się przede wszystkim na wykonanie planów ilościowo-wartościowych produkcji, pozostawiając na uboczu zabezpieczenie ich funkcjonowania (łącznie z renowacją) przez długie okresy.

Na przykład w przemyśle motoryzacyjnym stosuje się metodę obliczania wg. zestawów magazynowych na 100 sztuk samochodów eksploatowanych regulują przepisy ^{x/} w których za podstawę planu na lata

x/ Zarządzenie nr.20 z 1970r., wydane przez Dyrektora Biura Zbytu Przemysłu Motoryzacyjnego "Behamot", przewidujące np. dla samochodu "Star 660M1" wskaźnik wzrostu asortymentów deficytowych równy 1.04, a pozostałych-1.10. Dla zakładów naprawczych średni stan alokacji części zamiennych z 3 lat poprzednich mnoży się przez wskaźnik wzrostu wartości zamówień wybieramy w przedziale od 0,5 do 4.45 .

następne przyjmuje się iloczyn z rozchodu części w roku poprzednim przez odpowiedni wskaźnik wzrostu. Oczywiście metoda ta nie zapewnia uzasadnionego społecznie prawdopodobieństwa pokrycia braków CzZ nawet w transporcie uspołecznionym.

Inna z kolei metoda polega na analizie popytu na CzZ. Efekty jej stosowania nie są społecznie zadowalające, ponieważ gwałtowne nieraz zmiany w technologiach produkcji doprowadzają do rezygnacji z planów pierwotnych, gdy tymczasem potrzeby na CzZ mają raczej charakter do pewnych granic równomiernie rosnący.

Metoda normowania CzZ oparta na wyznaczaniu wartości ich średniego zużycia może być stosowana tylko w krótkich okresach eksploatacji urządzeń jednego typu, po których zostają wysienione na inny typ lub typy. Wynika to stąd, że w warunkach znacznej intensywności sprzętu średnie zużycie sprzętu (urządzeń) w kolejnych okresach waha się w dość dużych przedziałach, wskutek czego przy zmieniających się planach produkcji CzZ wystąpi w pewnych okresach ich nadmiar, a w innych brak wywołujący przestoje urządzeń.

Metoda względnie dokładna polega na statystycznym ustalaniu wartości zużycia poszczególnych elementów (zespołów, podzespołów) urządzenia. Wymaga ona podjęcia dość kosztownych, długotrwałych badań na seriach prototypów, a następnie weryfikacji uzyskanych danych w procesie eksploatacji urządzeń produkowanych masowo. U nas takie próby badań niezawodnościowych podjęto stosunkowo niedawno (głównie w przemyśle samochodowym), to też uzyskiwane wyniki nie są jeszcze wystarczająco adekwatne.

W ciągu ubiegłych dziesięciu lat w metodach normowania CzZ coraz częściej stosuje się aparaturę poznawczą teorii niezawodności korzystając z różnych typów rozkładów prawdopodobieństwa dobieranych dla typu badanego urządzenia, najczęściej w priori na podstawie doświadczeń lub przez analogie (do urządzeń o podobnym charakterze),

a następnie bieżąco weryfikowanych w procesie eksploatacji. Jako podstawowe dane, dotyczące intensywności wymian części uszkodzonych i zużytych, można przyjąć rozchód CzZ z magazynów, pomijając przy tym przyczyny wymiany, tj. zniszczenia danej części, zużycia ponad dopuszczalną normę czy też wymianę profilaktyczną w celu podwyższenia wskaźnika potencjalnej zdolności urządzenia. Oczywiście metoda ta zwłaszcza w początkowym etapie jej stosowania, nie stwarza podstaw do pełnej analizy niezawodności urządzeń, jednak można ją dość łatwo rozbudować z punktu widzenia potrzeb badawczych. W odniesieniu do populacji BST, stanowiących przedmiot niniejszego opracowania, jako podstawę dla takiej rozbudowy można przyjąć wdrażony obecnie system informacyjny "Proces" [6].

Ostatnie podejście do normowania CzZ i ustalania normatywów magazynowych wydaje się w obecnych warunkach gospodarki materiałowej najkorzystniejsze, gdyż pozwala w kolejnych latach przeprowadzać niezbędną analizę stanów magazynowych na poszczególnych poziomach istniejącego systemu zaopatrzenia, rozchodów na zabezpieczenie BST użytkowanych i przechowywanych, przepływów między poziomami i jednostkami organizacyjnymi itp. W ten sposób metoda ta z jednej strony przyjmując nabiera charakteru ciągłego przybliżania się do odwzorowania bieżących, zgłaszanych oddolnie, zapotrzebowań na CzZ wynikających z realnej oceny sprawności techniczno-bojowej BST i wymagań gotowości bojowej jednostek (OG, ZT). Z drugiej natomiast, na podstawie zestawionych centralnie informacji, metoda ta może stworzyć przesłanki do wnioskowania o sprawności funkcjonowania Systemu Ochrony Czasowej jako całości oraz jego poszczególnych podsystemów wyróżnianych zarówno w przekroju związków taktycznych i samodzielnych oddziałów liniowych, jak też w układach poszczególnych rodzajów broni i służb.

Mając na uwadze plany perspektywiczne zamówień CzZ u ~~zix~~ ich producentów oraz dostawy importowe powyższy wieloprzekrojowy układ informacji pozwoli niewątpliwie dokładniej niż dotychczas ustalać faktyczne potrzeby wojsk, a ponadto umożliwi elastyczniejsze oddziaływanie w zakresie usprawnień organizacyjnych w Podsystemach Ochrony Czasowej, stosowania efektywniejszych technologii w procesach remontowych i konserwacyjnych. Te ostatnie bowiem stanowią w głównej mierze o sprawności techniczno-bojowej BST, gdyż ich celem jest utrzymywanie potencjalnej sprawności uzbrojenia na możliwie wysokim poziomie. Realizacja tego celu nabiera ponadto szczególnego znaczenia w warunkach występowania w OG(ZT) broni i sprzętu technicznego o różnych okresach użytkowania (napracowania), gdy zbyt trudno, przy stale zmieniających się programach szkolenia wojsk, ustalać niezawodność ⁺ nawet poszczególnych typów BST wprowadzonych do użytkowania w kolejnych latach.

Niezależnie od przesłanek o charakterze niezawodności techniczno-bojowej BST powyższe podejście do normowania CzZ ułatwi również dokonywanie analizy kosztów zakupu CzZ i eksploatacji BST włącznie z kosztami ich transportu do składnic, OG i jednostek remontowych oraz transportu BST wymagających napraw. Doświadczenie wykazały, że dość często niedoceniane lub pomijane w analizach koszty transportu BST stanowią w skali resortu MON dość pokaźną kwotę. Wydatki te można by wydatnie obniżyć "przybliżając" CzZ do OG i zakładów remontowych przy czym nie kosztem magazynowania nadmier-nych zapasów, lecz dostosowując niezbędną pojemność magazynową do statystycznie ocenianych rocznych normatywów.

Ze względu na ustalony zakres opracowania pominięto w nim problemy analiz ekonomicznych, w tym m.in. wpływ normatywów CzZ na koszt eksploatacji BST, natomiast główny akcent został położony na konstrukcję metodyki normowania CzZ i ich rozmieszczenia na poszczególnych poziomach struktury zaopatrzenia, mając przy tym na uwadze przestrzeganie racjonalnego gospodarowania w sensie prakseologicznym i w ujęciu analizy systemowej.

2. TECHNICZNO - NIEZAWODNOSCIOWE CHARAKTERYSTYKI

NORMOWANIA CZĘŚCI ZAMIENNYCH

2.1. ZAŁOŻENIA WSTĘPNE I WARUNKI OGRANICZAJĄCE

1. Egzemplarz dowolnego z rozpatrywanych rodzajów i typów BST, nazywany ogólniej urządzeniem lub obiektem, posiada następujące właściwości :
 - 1.1. nominalnie określone warunki zewnętrzne ustalone przy jego projektowaniu i podtrzymywane podczas użytkowania i obsługi na podstawie obowiązującej instrukcji (przepisów eksploatacji) ;
 - 1.2. dwustanowy charakter zachowania się, tj. w stanie zdatności (sprawności określonej w granicach dopuszczalnych norm użytkowania) bądź niezdadności. Zbiory tych stanów są zbiorami rozłącznymi ;

w związku z tym

 - a) do obiektów zdatnych zaliczono :
 - obiekty w pełni zdatne, tj. odpowiadające ustalonym parametrom techniczno-bojowym oraz
 - obiekty nie w pełni zdatne, tj. wykazujące obniżone wartości tych parametrów, lecz w granicach dopuszczalnych ;
 - b) do obiektów niezdatnych :
 - obiekty w których występuje co najmniej jeden element uszkodzony lub zużyty ponad dopuszczalną normę użytkowania lecz łącznie z nim (nimi) obiekt jest ukompletowany według obowiązujących tabel należności oraz
 - obiekty zniszczone i zdekompletowane, nie zakwalifikowane do remontu (renowacji) w warsztatach wojskowych.
 - 1.3. Naprawialność, głównie poprzez wymianę co najmniej jednego elementu uszkodzonego lub zużytego (wskutek napracowania określonej normy lub działania w warunkach technicznie niesprzyjających), która umożliwi dalsze wielokrotne użytkowanie zgodnie z jego przeznaczeniem.

1.4. Identyczność w ramach każdego typu BST, tzn. każda para obiektów danego typu wykazuje dostatecznie małe różnice między wartościami wszystkich wzajemnie odpowiednich parametrów i charakterystyk opisujących te obiekty.

1.5. Czas eksploatacji jest wskaźnikiem niezawodności, traktowanym jako wartość oczekiwana $E(T_e)$ zmiennej losowej T_e określającej długość czasu kalendarzowego, liczonego od chwili przyjęcia obiektu od producenta (wprowadzenia na ewidencję odpowiedniej składnicy wiodącej lub rejonowej) do chwili wycofania z eksploatacji wojskowej ze względów technicznych lub ekonomicznych ; warunek ten umożliwi przekazanie niektórych typów BST - obiektów do dalszej eksploatacji w złagodzonych warunkach użytkowania np. w jednostkach wojskowych dalszych rzutów operacyjnych, instytucjach służb pomocniczych, terenowych jednostkach samoobrony itp., jednak w niniejszym opracowaniu tego warunku nie uwzględnia się.

1.6. Niewadliwość oznaczająca brak wad konstrukcyjnych lub technologicznych (produkcyjnych) i stanowiąca o pełnej zdolności w chwili przyjęcia na ewidencję.

1.7. W celu uproszczenia modelu normowania CzZ przyjmuje się że wszystkie egzemplarze BST znajdują się stale w jednakowym stanie zużycia. Pomija się podział BST na kategorie wg. lat eksploatacji.

2. Część zamienna (CzZ), tzn. występująca w BST jako wymienna jest elementem zapasowym wykazującym cechy identyczność względem odpowiadającego mu elementu występujące w eksploatowanym obiekcie danego typu. Przyjęto, że CzZ posiada następujące właściwości.

2.1. nominalnie określone warunki zewnętrzne wynikające z konstrukcji obiektu (tj. miejsca i przeznaczenia elementu w obiekcie) i podtrzymywane podczas użytkowania zgodnie z obowiązującymi normami eksploatacji ;

- 2.2. dwustanowy charakter zachowania się podczas eksploatacji obiektu tzn. w stanie zdolności lub niezdolności ;
- 2.3. nienaprawialność, tzn. nie poddawanie naprawom lub regeneracji nawet w wypadku wystąpienia uszkodzenia lub zużycia odwracalnego
- 2.4. identyczność w sensie dopuszczalnego podobieństwa parametrów względem odpowiedniego elementu w obiekcie eksploatacyjnym ;
- 2.5. czas eksploatacji jest wartością oczekiwaną $E(t_e)$ zmiennej losowej t_e określającej długość czasu kalendarzowego, liczonego od chwili przyjęcia elementu (CzZ) od producenta (wprowadzenia na ewidencję odpowiedniej składnicy wiodącej lub rejonowej) do chwili stwierdzenia uszkodzenia lub zużycia ponad dopuszczalną normę sprawności technicznej i nie kwalifikujący się do dalszej eksploatacji w określonych warunkach.
- 2.6. niewadliwość oznaczająca pełną zdolność do zastąpienia odpowiedniego elementu uszkodzonego lub zużytego w obiekcie eksploatacyjnym.
3. Część zamienna jako element zapasowy może przybierać tylko taką postać, która według instrukcji obsługi danego typu BST, nie pozwala na jej rozłożenie (rozmontowanie) w warunkach wojskowych warsztatów remontowych i naprawczych. Częścią zamienną może być:
- element jednorodny pod względem materiałowym, bądź
 - zespół elementów połączonych w procesie produkcji ze pomocą spawania, zgrzewania, kołkowania itp. i tworzących niepodzielny (unownie) układ o ściśle określonym przeznaczeniu w danym obiekcie.

Zestawienie CzZ dla każdego rodzaju i typu BST zawierają odpowiednie katalogi; stanowią one listę w której "liczba porządkowa powinna odpowiadać numerowi części lub zespołu, nazwie i (lub) szkicowi oraz ilości sztuk występujących w jednym egzemplarzu danego typu BST.

4. Norma jednostkowa części zamiennych (CzZ) oznacza ustaloną średnią ilość identycznych części zapasowych przypadających na jeden egzemplarz każdego rodzaju i typu BST i przeznaczonych do wymiany w ciągu roku na miejsce uszkodzonych, zużytych lub zagubionych, aby z prawdopodobieństwem nie mniejszym od przyjętego zapewnić każdemu egzemplarzowi BST wymaganą sprawność techniczno-bojową (w przewidywanych warunkach eksploatacji) przy założeniu, że jego stan sprawności zależy od zdatności każdej z jego części składowych.

Ponieważ faktyczny stan sprawności techniczno-bojowej BST jest sumą stanów zdatności wszystkich jego nominalnych części składowych, w związku z czym dla każdego typu BST wyróżniamy następujące normy CzZ :

1. norma jednostkowa jako podzbiór $\{n_{\alpha_j}\}$ ($j=1, \dots, \omega$) CzZ j -tego rodzaju, przypadający na jeden egzemplarz BST (użytkowany lub przechowywany) typu w ilości zapewniającej z ustaloną prawdopodobieństwem wymianę na miejsce uszkodzonej, zużytej lub zagubionej.

2. norma kompleksowa jako zbiór $\{N_{\gamma\alpha}\}$ wszystkich rodzajów CzZ, tj. $n_{\alpha_j} \in N_{\gamma\alpha}$ przypadających na jeden egzemplarz danego typu ($\gamma\alpha; = 1, \dots, u, v, w, g, h$) użytkowanych lub przechowywanych BST, zapewniającą pełną sprawność techniczno-bojową w ciągu każdego roku eksploatacji (por. R. 3-172) .

W tym ujęciu norma kompleksowa CzZ jest zbiorem norm jednostkowych. Każda z nich spełnia rolę jednostki obliczeniowej dla określenia lub kontroli :

- a) stanu rozchodów CzZ przeznaczonych na pokrycie zapasów bieżących wynikających z procesów obsługi (napraw i renowacji),
- b) stanu zapasów magazynowych niezbędnych na utrzymanie określonych zapadów niezniżaalnych i nienaruszalnych ;

- c) potrzeb w zakresie planowanych przychodów CzZ na okresy obowiązujące w przyjętym systemie gospodarki magazynowej ;
- d) potrzeb dotyczących ukompletowania zestawów CzZ (zgodnie z tabelami należności) w wypadkach zmian w stanach ilościowych BST w jednostkach wojskowych.

Do części zamiennych nie zalicza się tych części zapasowych, które znajdują się w odpowiednim ich zestawie indywidualnego wyposażenia danego egzemplarza BST.

5. Podstawową charakterystyką niezawodności BST jest intensywność występowania stanów niezdatności $\lambda(x)$, gdzie x oznacza liczbę tych stanów w ciągu okresu sprawozdawczego (np. w ciągu roku kalendarzowego). Stan niezdatności BST może nastąpić wskutek uszkodzenia lub nadmiernego zużycia względnie zagubienia (wg. stwierdzeń podczas przeglądów technicznych) przynajmniej jednej z części składowych (podzespołów) . Przyjmuje się ponadto że w danej chwili może wystąpić stan niezdatności BST wskutek uszkodzenia, stwierdzonego zużycia lub zagubienia jednej i tylko jednej jego części składowej - wymiennej.

Wskaźnik $\lambda(x)$ traktuje się dalej jako jedną z charakterystyk rozkładu gęstości prawdopodobieństwa zmiennej losowej X , ilości uszkodzeń, a ściślej - wymian części i -tego rodzaju w określonym zbiorze (populacji) BST danego typu w ciągu ustalonego okresu sprawozdawczego.

Przyjmuje się również, że każdy egzemplarz BST danego typu, znajdujący się w stanie użytkowania, może być obciążony innym resursem pracy, lecz jednakowym w ramach danej klasy. Podział na klasy użytkowania BST dokonuje się ze względu na przeznaczenie i charakter działań jednostki wojskowej - por. Rozdział 3-punkt 5. (skrót R.3-5.

6. Zgodnie z założeniami R.2-1.2 dla utrzymania w stanie zdatości każdego egzemplarza BST (o dwustanowym procesie stochastycznym $X(T)$ eksploatacji) przez możliwie jaknajdłuższy, lecz ekonomicznie uzasadniony, okres, mamy na uwadze maksymalizację syntetycznego wskaznika gotowości techniczno-bojowej BST :

$$K_g = \frac{E(T_z)}{E(T_e)} = \frac{E(T_z)}{E(T_z) + (T_n)}$$

gdzie $E(T_z)$ oznacza wartość oczekiwaną czasu przebywania wyróżnionego egzemplarza w stanie zdatości, $E(T_n)$ - w stanie niezawodności (napraw, remontów itp.), zaś $E(T_e)$ jest wartością oczekiwaną czasu eksploatacji (życia). Wskaźnik ten oparty jest na następujących założeniach :

- 1^o - czasy trwania kolejnych napraw lub renowacji BST (łącznie z czasem dowozu BST do naprawy i powrotu oraz czasem oczekiwania na naprawę) są wzajemnie niezależnymi zmiennymi losowymi o tych samych typach rozkładów prawdopodobieństwa ;
 - 2^o kolejne okresy między naprawami (przebywania w stanie zdatości) są wzajemnie niezależnymi zmiennymi losowymi o tych samych typach rozkładów ;
 - 3^o czasy trwania przeglądów technicznych (profilaktycznych) wlicza się do czasów użytkowania BST
7. W związku z p-tami 5 i 6 proces normowania CzZ powinien składać się przynajmniej z dwóch względnie niezależnych podzadań :
1. normowania CzZ z punktu widzenia ustalonych polityk eksploatacyjnych w stosunku do poszczególnych rodzajów i typów BST, a realizowanych poprzez procesy renowacyjne ;

x/ Naturalnie w wypadku gdy dla procesu $X(T)$ istnieje graniczny chwilowy rozkład prawdopodobieństwa (przy $T \rightarrow \infty$), to K_g jest co do wartości zawsze chwilowym prawdopodobieństwem stanu zdatości danego egzemplarza BST. Praktycznie oznacza to, że po upływie dostatecznie długiego czasu, K_g oznacza prawdopodobieństwo tego, że w określonej chwili pojawienia się zadania dany egzemplarz BST będzie w stanie zdatości.

2. normowanie CzZ z punktu widzenia przewidywanych intensywności uszkodzeń BST usuwanych poprzez procesy naprawcze.

Powyższy podział na procesy renowacyjne i naprawcze wynika z przyjętego założenia o dwustanowym zachowaniu się zarówno BST jak i każdej z jego części składowych i wymiennych. Przyjmujemy bowiem, że proces wymiany CzZ może nastąpić w każdym z obu stanów, a mianowicie :

- pierwszy, gdy BST jest jeszcze względnie zdadne, lecz na dolnej granicy norm wydajności użytkowej nie zapewniającej dalszej pracy w wymaganym reżimie.
- drugi, gdy BST jest niezdatne.

Wyróżniając w ramach obsługiwanego technicznego dwie grupy, tj. naprawianie i remonty (renowacje) mamy na względzie doświadczenia eksploatacyjne świadczące wg([1] str.177), że uszkodzenia urządzeń technicznych spowodowane bodźcami o charakterze skokowym wynoszą ok. 22% (na okręcie) i ok. 42% (na samolocie), natomiast pozostałe uszkodzenia wynikają wskutek naturalnego zużycia (napracowania). Z wielkością tych nie wynikają intensywności uszkodzeń różnych rodzajów zespołów (podzespołów) tych urządzeń.

3. Empiryczne dane uzyskiwane z programu "Proces" dotyczą rozchodów CzZ bez uwzględnienia przyczyn dla których zostały zużytkowane. Mając na uwadze ogólniejsze wnioski w zakresie doboru racjonalnej polityki renowacyjnej BST, można wyróżnić dwie główne grupy tych przyczyn :

- a) pierwsza grupa obejmuje wszelkie stany niezdatności faktycznej - (nf) BST wywołane przez uszkodzenie losowe, skokowe (niespodziewane) przynajmniej jednej części składowej, lecz takiej która w sposób bezpośredni decyduje o utrzymaniu parametrów techniczno-bojowych egzemplarza danego typu BST na wymaganym poziomie (zależnie od czasu jego "życia", limitu napracowania itp.) ;

b) druga grupa obejmuje wszelkie stany niezdatności potencjalnej - (np) BST wynikiem wskutek naturalnego zużycia materiału; wielkość tego zużycia i klasyfikacje stanów niezawodnościowych określa się na podstawie okresowych lub doraźnych przeglądów technicznych w ramach OT nr.1 .

Powołując się na doświadczenia (p-kt 7), że pierwsza grupa przyczyn, wywołuje ok. 30% wymian CzZ (w ramach napraw), a druga grupa powoduje ok. 70% wymian (w ramach renowacji łącznie z ewentualnymi naprawami), mamy na uwadze wielkości orientacyjne, które mogą zmienić się w dość rozległych granicach, zależnie od charakteru użytkowania BST i kwalifikacji użytkowników, intensywności pracy BST w różnych warunkach, sprawności Systemu Ochrony Czasowej itp.

Ponieważ dane empiryczne (sprawozdawcze) według programu "Proces" nie stwarzają jeszcze wystarczających podstaw do uszczegółowienia ilości wymian CzZ według każdej z wymienionych grup przyczyn, a w ich ramach według wpływów jeszcze innych przyczyn, w dalszych rozważaniach pominiemy je, traktując każdą wymienioną część składową jako uwarunkowaną obiektywnie, tzn. uchylając wpływ Systemu Ochrony Czasowej BST na ich sprawność.

2.2. PODZIAŁ MODELI NORMOWANIA

9. Doświadczenia w zakresie badań efektywności stanów niezawodnościowych BST wskazują, że tylko w nielicznych wypadkach można z względnym przybliżeniem przyjąć a priori określone, rozkłady prawdopodobieństw uszkodzeń niektórych ważniejszych zespołów (części) i ich zużywania się w różnych warunkach pracy przy ustalonych normach eksploatacyjnych. Wypadki te obejmują głównie sprzęt techniczny "nieogniowy", tzn. spełniający zadania w zakresie transportu, łączności, obserwacji (pomiaru), różnych rodzajów budownictwa itp.

Spośród rozpatrywanych w niniejszym opracowaniu grup sprzętu do tej kategorii zaliczymy sprzęt optyczno-mierniczy i sprzęt noktowizyjny, których konstrukcja, przeznaczenie (warunki pracy) oraz warunki eksploatacji (użytkowania i obsługiwnia technicznego) w sposób istotny różnią od analogicznych charakterystyk dotyczących sprzętu "ogniowego" - tj. broni, bez względu na rodzaj stosowanej amunicji (w niniejszej pracy: broń strzelecka, sprzęt artyleryjski, sprzęt wozów bojowych). Opracowanie uzasadnionych rozkładów prawdopodobieństw niszczenia i zużywania się poszczególnych zespołów i części w tej grupie sprzętu natrafia na istotne trudności teoretyczne i praktyczne. Pierwsze z nich wynikają głównie ze złożoności dynamicznych oddziaływań wybuchów (amunicji) na strukturę materiału poszczególnych części broni i ich wytrzymałość, intensywność użytkowania (broni), zależne od niej średnie czasy życia poszczególnych egzemplarzy itp. Grupa trudności praktycznych wynika przede wszystkim z braku opracowań statystycznych (dla dostatecznie dużych populacji) dostosowanych do istniejących metod badań niezawodnościowych.

10. W świetle uogólnienia struktury procesu eksploatacji BST i celów normowania ich CzZ można wyróżnić dwa główne stany w których wystąpi konieczność wymiany części wskutek jej uszkodzenia losowego, bądź wystąpienia dowolnego rodzaju zużycia stanowiącego potencjalną groźbę przejścia BST do stanu niezdatności. Będą to :

1. stan bieżącego użytkowania w oddziale gospodarczym (OG) obejmującego nie tylko pracę BST, wynijającą z jego przeznaczenia (ogniowego lub informacyjnego), lecz również przemieszczenie (przewożenie, przenoszenie) przez użytkownika ;
2. stan magazynowania BST bez względu na rodzaj zapasu i miejsce jego usytuowania, łącznie z transportem do jednostki użytkującej (np. OG, SOG, COG) .

W związku z powyższym, każda z wyróżnionych grup BST, tj. grupa ogniowa (broń) i nieogniowa (sprzęt techniczny) może wystąpić w jednym z powyższych stanów: będą to następujące grupy :

- A - I - broń w stanie użytkowania,
- A - II - sprzęt techniczny w stanie użytkowania,
- B - I - broń w stanie przechowywania,
- B - II - sprzęt techniczny w stanie przechowywania.

Intuicyjnie wydaje się, że intensywność uszkodzeń i naturalnego zużycia BST w podgrupach A-I i A-II będzie w większym stopniu rzutowała na wielkość norm CzZ niż podgrup B-I i B-II, tym niemniej nie można pominać wypadków różnych rodzajów uszkodzeń BST podczas przechowywania, m.in. z powodu niesprzyjających warunków magazynowania, wpływu korozji, wadliwej technologii konserwacji, niskich kwalifikacji obsługi technicznych itp. Z tego względu w procesie eksploatacji powyższych czterech grup BST konieczność wprowadzania CzW nastąpi podczas :

1. procesów naprawczych w stosunku do BST uszkodzonych losowo w wyniku różnego rodzaju awarii, bądź wadliwej konserwacji podczas przechowywania w magazynach, składnicach itp.
 2. procesów renowacyjnych w stosunku do BST względnie sprawnych (zdalnych), lecz po osiągnięciu wymaganej normy napracowania, tj. w stanie potencjalnej niezdatności w następnym okresie eksploatacji ;
11. Uogólniając p-ty od 6 do 10 przyjmuje się, że typy rozkładów prawdopodobieństwa wymian wskutek uszkodzeń lub zużycia poszczególnych części BST w grupach A-I i A-II mogą różnić się od typów rozkładów prawdopodobieństw w grupach B-I i B-II, a te z kolei będą zapewne wymagały stosowania odmiennych modeli statystycznych. W związku z tym wyróżniamy dwie podstawowe grupy modeli normowania CzZ, z których każda składa się z dwóch podgrup.

Grupa A, modeli normowania CzZ dla BST użytkowanych, składająca się z dwóch podgrup :

A - I - obejmuje modele normowania CzZ dla BST o charakterze działań ogniowych, tj. następujące rodzaje (grupy typów):

- s - zbiór typów broni strzeleckiej,
- a - zbiór typów sprzętu artyleryjskiego,
- r - zbiór sprzętu wozów bojowych.

A - II - obejmuje modele normowania CzZ dla BST działających nieogniowo (informacyjnie), tj. następujące rodzaje (grupy typów) :

- o - zbiór typów sprzętu optyczno - mierniczego,
- n - zbiór typów sprzętu noktowizyjnego.

Grupa B, modeli normowania CzZ dla BST przechowywanych (konserwowanych) jako zapasy z uwzględnieniem podstawowych jego rodzajów, tj. bieżący, niezniżałny, nienaruszalny itp.

grupa ta składa się z dwóch podgrup :

Grupa B - I obejmującej modele normowania CzZ dla BST typów :

s, a, r oraz

B - II- dla typów o i n ,

12. Uwzględniając p-kt 8. dalsze uściślanie modeli normowania CzZ powinno uwzględnić ich zróżnicowanie ze względu na niezawodność faktyczną (nf) i - potencjalną (np) BST.

Nasuwa się zatem podział na następujące podgrupy :

A - I - (nf)- CzZ dla broni typów s,a,r, która uległa uszkodzeniu losowemu (skokowemu) podczas użytkowania ;

A - I - (np)- CzZ dla broni użytkowej typów s,a,r, która w wyniku diagnozy OT-1 powinna podlegać renowacji ;

- A - II - (nf) - CzZ dla sprzętu technicznego typów o, n, który uległ uszkodzeniu losowemu (skokowemu) podczas użytkowania ;
- A - II - (np), - CzZ dla sprzętu technicznego typów o, n, który w wyniku diagnozy OT-1 i OT-2 powinien podlegać renowacji ;
- B - I - (np) - CzZ dla broni typów s, a, r, które podczas przechowywania lub (i) transportu uległa uszkodzeniu ;
- B - II - (np) - CzZ dla sprzętu technicznego, który podczas przechowywania lub (i) transportu uległ uszkodzeniu.

Oczywiście w powyższym podziale podgrupy B-I-(nf) i B-II-(nf) nie wystąpią, gdyż wyklucza się użytkowanie BST podczas przechowywania lub (i) transportu.

Powyższy podział CzZ pozwala je przyporządkowywać do BST znajdujących się w poszczególnych jednostkach organizacyjnych na kolejnych poziomach struktury zeopatrywania, bez względu na to jakie asortymenty CzZ (tj. wszystkie czy tylko niektóre) dana jednostka prowadzi lub wykorzystuje oraz gdzie następuje wymiana CzZ w BST znajdujących się w stanach (nf) lub (np).

W modelach normowania CzZ rozważanych w rozdz. 4 i 5 pominiemy jednak powyższy podział, gdyż obecny program "Proces" nie podaje niezbędnych informacji dotyczących BST w stanach (nf) i (np). Trudność tę można jednak pokonać przez wprowadzenie odpowiedniej ewidencji w OG, BR i składnicach.

2.3. CHARAKTERYSTYKA TYPOW WAŻNIEJSZYCH ROZKŁADÓW

INTENSYWNOŚCI USZKODZEN

Jako podstawowy parametr funkcji niezawodności części wymienionych przyjmijmy intensywność (λ) ich wymian w określonych okresach (t) na miejsce zniszczonych, zużytych (napracowanych) lub zagubionych a najogólniej - powodujących stan niezdatności całego urządzenia -

Funkcja intensywności wymiany $\lambda(t)$ jest warunkową gęstością prawdopodobieństwa wystąpienia wymiany w chwili t pod warunkiem, że do tej chwili urządzenie pracowało sprawnie. Funkcja ta jest jedną z probabilistycznych charakterystyk niezawodności urządzenia, a przy tym wystarczającą dla wyznaczenia zależności między innymi charakterystykami, tj.

$F(t)$ - dystrybuanta czasu życia urządzenia,

$f(t)$ - gęstość prawdopodobieństwa zmiennej losowej T czasu życia urządzenia, lub inaczej - gęstość prawdopodobieństwa powstania uszkodzenia w chwili t ($t=1, \dots, T$),
czyli :

$$f(t) = F'(t)$$

$F(t)$ - funkcji gęstości prawdopodobieństwa czasu życia urządzenia, tj.

$$R(t) = R(T > t) = 1 - F(t).$$

Ponieważ :

$$\lambda(t) = - \frac{R'(t)}{R(t)},$$

analizy rozkładu życia urządzenia można przeprowadzić za pomocą wszystkich z powyższych charakterystyk, gdyż znajomość jednej z nich pozwala wyznaczyć pozostałe. Funkcje te pozwalają z kolei wyznaczyć średni czas życia urządzenia oraz wariancję czasu życia.

Ponieważ dla potrzeb analizy niezawodnościowej konkretnego urządzenia najczęściej nie będziemy dysponowali analityczną postacią żadnej z tych funkcji, zatem średni czas życia urządzenia, bądź niezawodność jego pracy do pierwszego (kolejnego) uszkodzenia oraz wariancję czasu stanu zdatności należy szacować na podstawie wyników próby.

W dalszych rozważaniach jako podstawową charakterystyką przyjmujemy $\lambda(t)$ - funkcję intensywności uszkodzeń urządzenia.

Mając na uwadze założenie, że uszkodzenie dowolnej części składowej w urządzeniu (BST) czyni je niezdatnym, funkcję intensywno-

ności $\lambda(t)$ odniesiemy do oceny stanu zdolności poszczególnych z ich części. W związku z tym wyznaczenie funkcji gęstości prawdopodobieństwa uszkodzeń wymaga (w pierwszej kolejności) ustalenia postaci funkcji $\lambda(t)$. Funkcja ta, dotycząca intensywności uszkodzeń danej części składowej BST, może wyrażać przypoje mniej jedną z następujących typów rozkładu uszkodzeń :

1. rozkład niemonotoniczny,
2. rozkład o rosnącej intensywności uszkodzeń,
3. rozkład o stałej intensywności uszkodzeń,
4. rozkład o malejącej intensywności uszkodzeń.

Doświadczenia z badań niezawodnościowych wykazują, że pierwszy typ rozkładu występuje dość często, zwłaszcza w urządzeniach złożonych. Charakteryzują go bowiem trzy okresy : okres adaptacji (w tym wykrywanie wad urządzenia i jego regulacja), okres normalny pracy, a wtedy funkcja $\lambda(t)$ jest w przybliżeniu stała oraz okres starzenia się, w którym funkcja rośnie odzwierciedlając zachodzące w urządzeniu procesy zużycia.

Drugi typ rozkładu wyraża wzrost uszkodzeń urządzenia począwszy od chwili wprowadzenia do eksploatacji.

Trzeci typ rozkładu oznacza, że w procesie eksploatacji urządzenia nie występują procesy adaptacji i starzenia się (zużycia), tzn. intensywność uszkodzeń nie zależy od czasu ($\lambda(t) = \lambda$), a ściślej mówiąc, wpływ adaptacji i zużycia na przebieg funkcji $\lambda(t)$ jest tak nieznaczny, że można go pominąć. Doświadczenia wykazały, że ten typ rozkładu wykazują dość często urządzenia elektroniczne oraz takie których działanie nie jest związane z gwałtownymi bodźcami wewnętrznymi. Wydaje się, że wstępnie można przyjąć, że ten typ rozkładu uszkodzeń wystąpi w grupie środków technicznych, t.j. zaliczonych do kategori prz rz ad ów o p t y c z n o - m i a r n i c z y c h o g o o pr z e t u n o k w i z y i n e g o.

Czwarty typ rozkładu występuje stosunkowo rzadko. Urządzenia wykazujące malejącą funkcję $\lambda(t)$ posiadają najczęściej ukryte wady,

2. sprzęt o charakterze informacyjnym (sprzęt optyczno-mierniczy i noktowizyjny) - funkcja stała $\lambda(t) =$.

Naturalnie założenia te wymagają weryfikacji na podstawie danych statystycznych zbieranych systematycznie w kolejnych okresach obserwacji, przy czym w odniesieniu do BST użytkowanych bazą danych może być okresowy bilans CzZ (wg. programu "Proces"), natomiast dla BST przechowywanych - wyniki systematycznie stosowanej metody reprezentacyjnej.

x

x

x

Ustalenie apriorycznego rozkładu intensywności uszkodzeń każdej części składowej w BST, a ściślej wyznaczenie właściwej funkcji intensywności uszkodzeń jest jednym z podstawowych zadań normowania. Jak wynika z powyższych opisów nie można przyjąć, że istnieje dla wszystkich CzZ jedna "uniwersalna" postać takiej funkcji. Dlatego też teoria niezawodności proponuje, aby w poszukiwaniu rozkładu adekwatnego kierować się metodą kolejnych przybliżeń, mając na uwadze główne charakterystyki różnych typów rozkładów, aby spośród nich dobierać najwłaściwszy z punktu widzenia faktycznego przebiegu procesu uszkodzeń określonego rodzaju i typu BST.

W związku z tym poniżej przedstawimy rozkłady uszkodzeń, praktycznie rzecz biorąc, występujące najczęściej w BST podzielonych wyżej na 2 kategorie, tj. ogniowe i informacyjne.

Pierwszej z nich charakteryzowanej przez funkcje niemonotoniczne i rosnące odpowiadają rozkłady : logarytmiczno-normalny lub kombinacji dwóch lub trzech rozkładów : normalnego, gamma i Weibulla.

Drugiej - wykazującej stałą intensywność uszkodzeń - typ rozkładu wykładniczego.

nie starzeją się w krótkich okresach lub też mają w przybliżeniu stałą intensywność uszkodzeń. Praktycznie rzecz biorąc, rozkłady tego typu można pominąć.

Powyższe trzy typy rozkładów urządzeń pozwalają wyróżnić dwie główne przyczyny uszkodzeń stanowiące o ich rodzajach :

1. uszkodzenia naturalne części wskutek ich używania się w procesie użytku, wskutek działania różnego rodzaju korozji (np. ciennej, stykowej, temperaturowej, naprężeniowej, zmęczeniowej itp.), włącznie podczas przechowywania w warunkach niedostatecznej konserwacji (np. również w wyniku korozji chemicznej).
2. uszkodzenia losowe (skokowe) - wskutek działania czynników zewnętrznych lub wewnętrznych (ukrytych wad materiału),

Dotychczasowe nieliczne jeszcze doświadczenia wykazały, że w sprzęcie bojowym pierwszy rodzaj uszkodzeń stanowi ok. 60% - 70%, a drugi 30% - 40% ogólnej ich liczby (częstości), jednak wielkości te można traktować jako orientacyjne, gdyż w rzeczywistości przyczyny obu rodzajów uszkodzeń nakładają się, a dominacje jednych nad drugimi zależy od własności fizycznych urządzenia, warunków w jakich pracują, kwalifikacji użytkowników i obsługi technicznej itp.

Dla dalszych rozważań przyjmijmy wstępnie, że uszkodzenia naturalne części składowych BST charakteryzuje funkcja rosnąca $\lambda(t)$, natomiast stała funkcja intensywności uszkodzeń $\lambda(t) = \lambda$ opisuje uszkodzenia losowe. Wychodząc z przeznaczenia poszczególnych rodzajów BST i ich właściwości fizycznych (konstrukcyjnych), przyjmijmy z kolei, że :

1. sprzęt o charakterze ogniowym (broni strzelecka, sprzęt artyleryjski oraz sprzęt uzbrojenia wozów bojowych) charakteryzuje rosnąca lub niemonotoniczna funkcja intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$;
2. sprzęt o charakterze informacyjnym (sprzęt optyczno mierniczy i noktowizyjny) - funkcja stała $\lambda(t) = \lambda$.

Naturalnie założenia te wymagają weryfikacji na podstawie danych statystycznych zbieranych systematycznie w kolejnych okresach obserwacji, przy czym w odniesieniu do BST użytkowanych bazą danych może być okresowy bilans CzZ (wg. programu "Proces"), natomiast dla BST przechowywanych - wyniki systematycznie stosowanej metody reprezentacyjnej

x

x

x

Ustalenie apriorycznego rozkładu intensywności uszkodzeń każdej części składowej w BST, a ściślej wyznaczenie właściwej funkcji intensywności uszkodzeń jest jednym z podstawowych zadań normowania. Jak wynika z powyższych opisów nie można przyjąć, że istnieje dla wszystkich CzZ jedna "uniwersalna" postać takiej funkcji. Dlatego też teoria niezawodności proponuje, aby w poszukiwaniu rozkładu adekwatnego kierować się metodą kolejnych przybliżeń, mając na uwadze główne charakterystyki różnych typów rozkładów, aby spośród nich dobierać najwłaściwszy z punktu widzenia faktycznego przebiegu procesu uszkodzeń określonego rodzaju i typu BST.

W związku z tym poniżej przedstawimy rozkłady uszkodzeń, praktycznie rzecz biorąc, występujące najczęściej w BST podzielonych wyżej na 2 kategorie, tj. ogniowe i informacyjne.

Pierwszej z nich, charakteryzowanej przez funkcje niemonotoniczne i rosnące odpowiadają rozkłady : logarytmiczno - normalny lub kombinacji dwóch lub trzech rozkładów : normalnego, gamma i Weilbulla,

Drugiej - wykazującej stałą intensywność uszkodzeń - typ rozkładu wykładniczego.

Naturalnie powyższa wskazówka nie oznacza, że nie mogą wystąpić nawet dość znaczne odchylenia od niej, gdyż rzeczywisty przebieg funkcji intensywności uszkodzeń może nie pokrywać się z postulowanym a priori na podstawie danych fragmentarycznych pobieranych z względnie małej ilości prób na przestrzeni krótkiego okresu czasu.

Poniżej przedstawimy wybrane fragmenty powyższych rozkładów.

2.3.1. ROZKŁAD LOGARYTMICZNO - NORMALNY charakteryzuje proces uszkodzeń części składowych w urządzeniach podlegających adaptacji i naturalnemu zużyciu.

Funkcja gęstości czasu życia przyjmie postać :

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp - \left(\frac{(\ln t - m)^2}{2\sigma^2} \right) \quad t > 0$$

gdzie m i σ są odpowiednio wartością oczekiwaną i odchyleniem standardowym zmiennej $\ln t$.

Wg. [14] dystrybuenta wynosi :

$$F(t) = 0,5 + \Phi \left(\frac{\ln t - m}{\sigma} \right), \quad t > 0.$$

Ponieważ funkcja niezawodności

$$R(t) = 1 - F(t),$$

a funkcja intensywności uszkodzeń

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

stąd pierwszą z nich wyrazi wzór :

$$R(t) = 0,5 - \Phi \left(\frac{\ln t - m}{\sigma} \right), \quad t > 0,$$

druga :

$$\lambda(t) = \frac{1}{t\sigma} \cdot \frac{e^{-\frac{(\ln t - m)^2}{2\sigma^2}}}{0,5 - \Phi \left(\frac{\ln t - m}{\sigma} \right)}, \quad t > 0$$

gdzie $\Phi(\cdot)$ jest całką Laplace'a .

Wynika stąd, że funkcja $f(t)$ jest asymetryczna, przy czym asymetria jest prawostronna i tym silniejsza, im większa jest war-

teść parametru m i σ . Krzywa ma jedno maksimum i określona jest dla wszystkich dodatnich wartości t .

Ponadto wiadomo, że dla tego rozkładu wartość średnia i wariancja wyniosą odpowiednio :

$$E(t) = e^{m+0,5\sigma^2}, \quad D^2(t) = e^{2m+\sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1),$$

przy czym w obliczeniach praktycznych wygodnie jest wykorzystać fakt, że $\ln t$ ma rozkład normalny $Z(m, \sigma)$. Prawdopodobieństwo tego, że zmienna losowa λ o rozkładzie $Z(m, \sigma)$ i funkcji gęstości $f(t; m, \sigma)$ przyjmie wartość z przedziału $[a, b]$ można obliczyć wiedząc, że $a \leq \lambda \leq b$ jest równoważne prawdopodobieństwu tego, że $\ln a \leq \ln \lambda = t \leq \ln b$, korzystając z tablic dystrybuanty standaryzowanego rozkładu normalnego.

Wypada zauważyć, że dla dużych wartości t funkcja $\lambda(t)$ maleje, co nie odpowiada rzeczywistości, gdyż wyrażając prawdopodobieństwo warunkowe uszkodzenia urządzenia (lub jego części) zużywającego się powinna rosnąć w miarę upływu czasu, tj. wzrostu t .

Należy więc pamiętać, że rozkład logarytmiczno-normalny jest odpowiednim modelem funkcjonowania urządzenia w okresie, gdy wpływ procesów zużycia jest jeszcze mało odczuwalny. Inaczej mówiąc, będzie to zwykle okres od początku wprowadzenia nowego urządzenia do eksploatacji aż do chwili wystąpienia oznak o starzeniu się, tj. wzrostu funkcji intensywności uszkodzeń.

Gdy taki zostanie empirycznie stwierdzony należy od tej chwili dobrać najodpowiedniejszą kombinację z innych rozkładów, np. rozkład Weibulla i wykładniczy.

2.3.2. ROZKŁAD NORMALNY, a ściślej - normalny o parametrach (m, σ) ucięty w punkcie $t=0$, dotyczący czasu życia części urządzenia wyraża gęstość prawdopodobieństwa

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}\right) = \frac{\frac{1}{\sigma} \varphi\left(\frac{t-m}{\sigma}\right)}{0,5 + \Phi\left(\frac{m}{\sigma}\right)}, \quad t > 0$$

gdzie

$$\varphi\left(\frac{t-m}{\sigma}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}\right)$$

jest funkcją Gaussa, natomiast $\Phi\left(\frac{m}{\sigma}\right)$ całką Laplace'a.

Dystrybuanta uciętego rozkładu normalnego przyjmuje postać:

$$F(t) = \frac{\Phi\left(\frac{m}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{t-m}{\sigma}\right)}{0,5 + \Phi\left(\frac{m}{\sigma}\right)}, \quad t > 0.$$

Funkcję niezawodności w tym wypadku wyznacza wzór:

$$R(t) = \frac{0,5 - \Phi\left(\frac{t-m}{\sigma}\right)}{0,5 + \Phi\left(\frac{m}{\sigma}\right)}, \quad t > 0,$$

przy czym funkcje $\Phi(\cdot)$ w liczniku i mianowniku są całkami Laplace'a

Wartość oczekiwana i wariancja rozkładu normalnego uciętego odpowiednio wyniosą:

$$E(t) = m + \sigma \frac{\varphi\left(-\frac{m}{\sigma}\right)}{0,5 - \Phi\left(-\frac{m}{\sigma}\right)}$$

$$D^2(t) = \sigma^2 \left\{ 1 - \frac{m}{\sigma} \frac{\varphi\left(-\frac{m}{\sigma}\right)}{0,5 - \Phi\left(-\frac{m}{\sigma}\right)} - \left[\frac{\varphi\left(-\frac{m}{\sigma}\right)}{0,5 - \Phi\left(-\frac{m}{\sigma}\right)} \right]^2 \right\},$$

przy czym $\varphi\left(-\frac{m}{\sigma}\right)$ jest funkcją Gaussa, zaś $\Phi\left(-\frac{m}{\sigma}\right)$ - całką Laplace'a.

Ponieważ rozpatrujemy rosnącą funkcję intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$, zatem tempo wzrostu tej funkcji powinno odzwierciedlać szybkość zużywania się urządzenia (każdej z jej części). Dla rozkładu normalnego uciętego funkcja ta przyjmie postać:

$$\lambda(t) = \frac{\frac{1}{\sigma} \varphi\left(\frac{t-m}{\sigma}\right)}{0,5 - \Phi\left(\frac{t-m}{\sigma}\right)},$$

albo :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} ,$$

przy czym funkcja niezawodności :

$$R(t) = 1 - \frac{\Phi\left(\frac{m}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{t-m}{\sigma}\right)}{0,5 + \Phi\left(\frac{m}{\sigma}\right)} = \frac{0,5 - \Phi\left(\frac{t-m}{\sigma}\right)}{0,5 + \Phi\left(\frac{m}{\sigma}\right)} .$$

Funkcja intensywności uszkodzeń przyjmie też postać równoważną :

$$\lambda(t) = \frac{1}{\sigma(0,5 - \Phi\left(\frac{t-m}{\sigma}\right))} \exp\left(-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}\right), \quad t > 0 .$$

Właściwości tej funkcji :

- dla każdej pary parametrów m, σ funkcja jest rosnąca,
- dla ustalonych wartości parametrów σ wzrost m powoduje spadek tempa wzrostu funkcji
- dla małych wartości t intensywność uszkodzeń zmierza do zera, gdy średni czas życia urządzenia (części) przekracza wielokrotnie średnie odchylenie czasu życia, tzn.

$$\lim_{t \rightarrow 0} \lambda(t) = 0 , \quad \text{to} \quad \frac{m}{\sigma} \rightarrow \infty .$$

2.3.3. ROZKŁAD WEIBULLA bywa stosowany do oceny czasu życia wielu części składowych (podzespołów) w różnych urządzeniach charakteryzujących się dużym stopniem złożoności.

Gęstość rozkładu wyznacza się z wzoru :

$$f(t) = k \lambda t^{k-1} e^{-\lambda t^k}, \quad t > 0, \lambda > 0, k > 0 .$$

przy czym wartość średnia czasu życia :

$$E(T) = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)}{\lambda^{1/k}} ,$$

a wariancja :

$$D^2(T) = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right)}{\lambda^{2/k}}$$

W postaci rozwiniętej gęstość rozkładu przyjmuje postać :

$$f(t) = G t^{-1} e^{-Ht}$$

gdzie

$$G = \frac{k \Gamma^k \left(1 + \frac{1}{k}\right)}{m^k} ; \quad H = \frac{G}{k}$$

Dystrybuantę rozkładu określa wzór :

$$F(t) = 1 - e^{-Ht} = 1 - e^{-\lambda t}, \quad t > 0$$

a zatem funkcja niezawodności

$$R(t) = e^{-\lambda t}, \quad t > 0$$

Rozkład Weibulla występuje przy $k = r \neq 1$, przy czym $k = 2r$ jest liczbą stopni swobody, natomiast λk - podobnym nieujemnym parametrem stałym wynikającym z warunku normowania danego rozkładu.

2.3.4. ROZKŁAD GAMMA charakteryzuje dość szeroką klasę rozkładu funkcji intensywności uszkodzeń, gdyż zależnie od wartości parametrów rozkładu funkcji $\lambda(t)$ jest stała, rosnąca lub malejąca.

Funkcja gęstości tego rozkładu ma postać :

$$f(t) = \frac{\beta^k}{\Gamma(k)} t^{k-1} e^{-\beta t}, \quad t > 0, k > 0, \beta > 0,$$

gdzie $\Gamma(k)$ jest funkcją Eulera :

$$\Gamma(k) = \int_0^{\infty} t^{k-1} e^{-t} dt, \quad k > 0.$$

Dystrybuanta czasu życia danej części urządzenia i funkcja niezawodności określają wzory odpowiednio :

$$F(t) = \frac{\Gamma(k, \beta t)}{\Gamma(k)} ; \quad R(t) = 1 - F(t)$$

przy czym $\Gamma(k, \beta t)$ jest tzw. niepełną funkcją gamma postaci :

$$\Gamma(k, \beta t) = \int_0^{\beta t} u^{k-1} e^{-u} du, \quad k > 0$$

gdzie $u = \beta t$.

Funkcje intensywności uszkodzeń :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta^k t^{k-1}}{\Gamma(k) - \Gamma(k, t)} e^{-\beta t}, \quad k > 0.$$

Wartość oczekiwana czasu życia urządzenia i wariancja będą :

$$E(T) = \frac{k}{\beta}, \quad D^2(T) = \frac{k}{\beta^2}.$$

Dla całkowitych k rozkład gamma staje się rozkładem Erlanga.

Dla k będących wielokrotnością liczby 0,5 rozkład gamma staje się rozkładem χ^2 .

Funkcja gęstości rozkładu Erlanga przybiera postać (przy k = 2),

$$f(t) = \frac{\lambda^k t^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\lambda t} = \frac{4t}{m^2} e^{-2t/m}, \quad t > 0,$$

natomiast funkcja niezawodności :

$$R(t) = e^{-\lambda t} \sum_{\nu=1}^k \frac{t^{\nu-1}}{(\nu-1)!}, \quad t > 0, \lambda > 0, k=1,2,\dots$$

Wartość oczekiwana i wariancja będą :

$$E(T) = \frac{k}{\lambda}, \quad D^2(T) = \frac{k}{\lambda^2}.$$

2.3.5. ROZKŁAD WYKŁADNICZY stosuje się najczęściej w wypadkach pomijania czasu adaptacji urządzenia i wpływ zużycia na przebieg funkcji $\lambda(t)$, czyli $\lambda(t) = \lambda, t > 0$.

Zatem funkcja niezawodności przyjmie postać :

$$R(t) = \exp - \left(\int_0^t \lambda dt \right) = e^{-\lambda t}, \quad t > 0,$$

a dystrybuante rozkładu :

$$F(t) = 1 - R(t), \quad t > 0,$$

Ponieważ

$$f(t) = F'(t), \quad t > 0,$$

zatem

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad t > 0.$$

Wartość oczekiwana czasu życia urządzenia wyznaczy się z wzoru :

$$E(T) = \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda},$$

a wariancja :

$$D^2(T) = 2 \int_0^{\infty} t^2 e^{-\lambda t} dt - \left(\frac{1}{\lambda}\right)^2 = \frac{1}{\lambda^2}.$$

Funkcja stałej intensywności uszkodzeń jest odwrotnością średniego czasu życia, wobec czego funkcja niezawodności przyjmuje postać :

$$R(t) = \exp - (t/E(T)).$$

Jeśli na podstawie danych empirycznych stwierdzono, że uszkodzenia następowały głównie w wyniku czynników zewnętrznych (np. zniszczenia wskutek uderzeń, zagubienia części itp.) zatem ich rozkład powinien odpowiadać rozkładowi wykładniczemu. Właściwością tego rozkładu jest tzw. "brak pamięci" co do uszkodzeń i napraw w poprzednich okresach.

2.3.6. ROZKŁAD POISSONA zajmuje w teorii niezawodności dość ważne miejsce zwłaszcza w wypadkach, gdy można przyjąć, że poszczególne próby dokonywane w celu wyznaczenia prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia danej części są od siebie niezależne, oraz że prawdopodobieństwo p zaobserwowania uszkodzenia w pojedynczej próbie jest bardzo małe, przy bardzo dużej liczbie takich prób. A zatem przy $n \rightarrow \infty$ iloczyn $\lambda = np$ jest liczbą stałą oraz niezbyt dużą.

Prawdopodobieństwo, że w n doświadczeniach uszkodzenia zostaną stwierdzone dokładnie k razy oblicza się z wzoru dla funkcji rozkładu dwumianowego :

$$P(X=h) = \binom{n}{h} \cdot p^h (1-p)^{n-h},$$

a po podstawieniu $\lambda = np$ i przekształceniach - funkcja rozkładu Poissona przyjmuje postać :

$$P(X=h) = \frac{\lambda^h}{h!} e^{-\lambda},$$

a stąd oczywiście : $E(X) = \lambda$ oraz $D^2(X) = \lambda$.

Funkcja gęstości prawdopodobieństwa względem czasu będzie :

$$f(t) = e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0,$$

a prawdopodobieństwo, że w przedziale czasu t wystąpi n uszkodzeń:

$$p(n) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

co oznacza równoważność względem rozkładu wykładniczego ciągłego, ponieważ przedział czasu nie może być ujemny.

Z właściwości tego rozkładu wynika, że przy dość dużych liczebnościach populacji generalnych ($n \rightarrow \infty$) oraz małym p (przy $\lambda=np$) do prawdopodobieństw rozkładu Poissona będą zmierzały do prawdopodobieństw rozkładu hipergeometrycznego i odwrotnie - do wyznaczenia prawdopodobieństw rozkładu hipergeometrycznego można użyć przybliżeń wynikających z rozkładu Poissona.

Praktyczne znaczenie rozkładu Poissona nie wymaga naświetleń. Zarówno w teorii niezawodności jak i statystycznej kontroli jakości jest bowiem dość często stosowany

x
x
x

Przedstawione wyżej rozkłady traktuje się jako podstawowe dla wielu wypadków uogólnienia danych empirycznych uzyskiwanych w wieloletnim procesie normowania CzZ. Można jednak spodziewać się, że w konkretnym wypadku analizy funkcji intensywności wymian określonej populacji CzZ żaden z nich w czystej postaci nie wystąpi.

Ponieważ w wielu wypadkach należy charakteryzować niezawodności urządzeń i ich części wyznaczać na podstawie informacji z prób, zatem istotne znaczenie mają tu zarówno metody estymacji jak i weryfikacji hipotez. Oczywiście można przyjąć przez analogię do nauk przyrodniczych, że w zagadnieniach niezawodnościowych więkze znaczenie praktyczne będą miały metody weryfikacji hipotez, tym nie mniej, wydaje się, nie można też w pewnych wypadkach negować przydatności metod estymacji, zwłaszcza - za pomocą przedziałów ufności. Wypada przy tym zauważyć, że te ostatnie metody nie zostały jeszcze opracowane dla wszystkich rozkładów, np. dla rozkładu gamma, stąd też należy dość ostrożnie korzystać z informacji uzyskiwanych na tej drodze.

2.3.7. UOGOLNIONY ROZKŁAD FUNKCJI GĘSTOŚCI

PRAWDOPODOBIEŃSTW USZKODZEN

Wychodząc z założenia, że większość charakterystyk niezawodności można traktować jako zmienne losowe ciągłe o różnych rozkładach, istnieje możliwość aby funkcje gęstości prawdopodobieństwa rozkładów wyróżnionych w p-tach od 2.3.3 do 2.3.6 sprowadzić wg. [4] do postaci ogólnej, tj.

$$f(x) = G(k, \eta) x^{k-1} \exp - (H(k, \eta) x^\eta), \quad (0 \leq x < \infty)$$

gdzie parametry k i η określają zarówno różne poziomy wartości wybierane przez zmienną losową jak i wielkość rozrzutu tej wartości. Parametr $k=0,5$ r oznacza liczbę niezależnych składników sumy tworzącej zmienną o rozpatrywanym rozkładzie. Parametr x wyraża wartość dowolnej zmiennej losowej X .

Współczynniki $G(k, \eta)$ i $H(k, \eta)$ wyznacza się na podstawie warunków normowania rozkładu. Określając je za pomocą wartości średniej $E(X)=m$ zmiennej losowej X , otrzymamy :

$$E(X) = m = \int_0^{\infty} x(f) dx = G \int_0^{\infty} x^k e^{-Hx^\eta} dx ,$$

po uprzednim podstawieniu $S=x^\eta$ i scałkowaniu względem ds . Oczywiście wyrażenie przed całką oznacza :

$$G = m \frac{\eta H^{\frac{k+1}{\eta}}}{\Gamma\left(\frac{k+1}{\eta}\right)} ,$$

przy czym $\Gamma\left(\frac{k+1}{\eta}\right)$ jest funkcją gamma z parametrami (k, η) .

Spełniając warunki normowania, otrzymamy

$$m \frac{\eta H^{\frac{k+1}{\eta}}}{\Gamma\left(\frac{k+1}{\eta}\right)} \int_0^{\infty} x^{k+1} e^{-Hx^\eta} dx = m \frac{\Gamma\left(\frac{k}{\eta}\right)}{\Gamma\left(\frac{k+1}{\eta}\right)} H^{\frac{1}{\eta}} = 1 ,$$

stąd

$$H = \left[\frac{\Gamma\left(\frac{k+1}{\eta}\right)}{m \Gamma\left(\frac{k}{\eta}\right)} \right]^\eta ,$$

a po podstawieniu do wyrażenia dla G :

$$G = \frac{\eta \Gamma^k\left(\frac{k+1}{\eta}\right)}{m^k \Gamma^{k+1}\left(\frac{k}{\eta}\right)} .$$

Wprowadzając wyrażenia dla G i H do upgólnionej funkcji gęstości prawdopodobieństwa, otrzymamy :

$$f(x) = \frac{\eta \Gamma^k\left(\frac{k+1}{\eta}\right)}{m^k \Gamma^{k+1}\left(\frac{k}{\eta}\right)} x^{k-1} \exp - \left[\frac{\Gamma\left(\frac{k+1}{\eta}\right)}{m \Gamma\left(\frac{k}{\eta}\right)} \right]^\eta x^\eta , \quad (0 \leq x < \infty)$$

Wartość oczekiwania równa odchyleniu standardowemu wyniesie :

$$m = \sigma = \sqrt{\frac{\Gamma\left(\frac{k}{\eta}\right) \Gamma\left(\frac{k+1}{\eta}\right)}{\Gamma^2\left(\frac{k+1}{\eta}\right)} - 1} .$$

Wzory dla $f(x)$, m i σ zostaną zastosowane w rozdziale 4.

2.4. NORMOWANIE CZĘŚCI ZAMIENNYCH W UKŁADZIE WIELOLETNIM

JAKO PROCES MARKOWA

Modelowanie procesu normowania CzZ, łącznie z ustaleniem ich nomatywów magazynowych w hierarchicznym systemie zaopatrzenia, wymaga w istocie swej systemowego podejścia do dynamiki zmian ilościowych zachodzących podczas eksploatacji BST. Rzecz w tym, aby modele składających się nań głównych podprocesów (użytkowania i przechowywania BST) odwzorowywały adekwatnie ciągi wartości prawdopodobieństw wymian poszczególnych rodzajów części (uszkodzonych i niepracujących) i przekraczania krytycznych stanów zapasów magazynowych.

Sprowadzając obsługę techniczną BST tylko do dwóch podprocesów, tzn. napraw i remontów (tj. napraw połączonych z profilaktyczną wymianą części), zawsze można przyjąć, że tworzą one łącznie proces permanentnej renowacji, w której wymiany odbywają się według modelu Markowa. Okres życia poszczególnych egzemplarzy BST jest w tym ujęciu ciągiem zmian stanów ich zdadności i niezdadności, a zależnie od nałożonych ograniczeń formalnych ciągi te można uznać jako jednorodne lub niejednorodne łańcuchy Markowa w stacjonarnych lub dynamicznych procesach stochastycznych.

Mając z kolei na uwadze fakt, że weryfikowane hipotezy dotyczące rozkładów intensywności wymian części w populacjach generalnych nie precyzują wartości parametrów tych rozkładów, należy korzystać z metod nieparametrycznych, aby z pożądanym przybliżeniem określić typ rozkładu prawdopodobieństwa konieczności dokonywania wymian awaryjnych i profilaktycznych.

Korzystając z teorii niezawodności w badaniach prawidłowości, występowania tych wymian można przyjąć, że liczebności prób statystycznych rozpatrywanych populacji będą wystarczająco duże, a próby przeprowadzane w wielu kolejnych okresach czasu. Oczywiście wiadomo

jest, że wskutek wielu obiektywnych przyczyn szereg parametrów niezawodnościowych nie wykazuje z roku na rok nagłych nieregularnych, przypadkowych wahań, lecz przeciwnie - można zaobserwować względną ich stabilność bądź też jedynie względnie powolne i regularne zmiany. Interpretując te zmiany na gruncie probabilistyki można uznać, że obserwowane w kolejnych latach zmienne losowe intensywności wymian części nie są niezależne, lecz uwarunkowane sprawnością Systemu Ochrony Czasowej BST. Dlatego też wnioskowanie o rozkładzie tych zmiennych wymaga uwzględnienia ich wzajemnej zależności, a to z kolei skłania do korzystania z aparatury teorii procesów stochastycznych.

Przyjmując tezę, że proces normowania CzZ jest równoważny procesowi renowacji, staje się możliwe zastosowanie teorii łańcuchów Markowa [12]. Za pomocą tych modeli można opisać zmiany w strukturach badanych zbiorowości BST według ich wieku w oparciu o informacje o intensywnościach wymian części i prawdopodobieństwach wycofania z użytku po upływie określonego czasu eksploatacji.

Oczywiście ze względu na założenia dotyczące zmian intensywności wymian w zależności od czasu w losowo wybieranych próbach populacji generalnych BST, należałoby przyjąć niejednorodny model Markowa jako najbardziej adekwatny. W modelu tym zmienia się układ determinant stanowiących o intensywności uszkodzeń awaryjnych, bądź sposób ich wpływu na przebieg tych intensywności. Naturalnie zmiany te mogą zachodzić jednocześnie lub niejednocześnie.

Zastosowanie modelu jednorodnego lub niejednorodnego do opisu zmian intensywności uszkodzeń zależy także od celu analizy. Mając na uwadze generalny cel normowania CzZ w stosunkowo krótkich cyklach czasowych (np. kwartalnych) można zastosować model jednorodny, zdejmując sobie sprawę, że wnioskowanie o przyszłości będzie uzasadnione tylko przy założeniu, lub realnie uwarunkowanym przeświadczeniu, że mechanizm zmian intensywności wymian części jest względnie stały. Zastosow

wanie operatory właściwej jednorodnym łańcuchom Markowa ma sens tylko przy założeniu, że dla każdej chwili prawdopodobieństwo znalezienia się systemu w dowolnym stanie (z ustalonego ich zbioru) zależy jedynie od stanu systemu w chwili poprzedniej, a nie od tego w jaki sposób system znalazł się w tym stanie.

Teoria łańcuchów Markowa bada asymptotyczne zachowania się (macierzy) prawdopodobieństw przejścia systemu z jednego stanu do innego. Teoria estymacji tych macierzy dla łańcuchów jednorodnych jest dość dobrze rozwinięta, zwłaszcza przy wykorzystaniu tzw. makrodanych, ponieważ praktycznie rzecz biorąc informacje o zachowaniu się poszczególnych jednostek badanej populacji (mikrodane) nie zawsze są dostępne. Problem estymacji parametrów niejednorodnego modelu Markowa nie został jeszcze ostatecznie rozwiązany^{x/}, tym nie mniej można podjąć pewne cząstkowe próby uproszczenia procesów obliczeniowych.

Z uwagi na ograniczony względami praktyczności zakres niniejszego opracowania, ograniczymy się do przedstawienia metody estymacji macierzy przejścia w modelu jednorodnym w oparciu o makrodane oraz sposobu szacowania macierzy przejścia w modelu niejednorodnym.

2.4.1. ESTYMACJA MACIERZY PRZEJŚCIA W MODELU JEDNORODNYM

Zgodnie z ustaleniami w programie "Proces" [6] dysponuje się informacjami o rozchodach każdego ($j=1, \dots, \omega$) rodzaju CzZ w kolejnych okresach czasu (np. kwartalnych, rocznych) $t=1, \dots, T$, a dotyczących różnych populacji typu (lub typów) BST w stanie użytkowania, w których dana część występuje.

Niech w procesie dwustanowych zmian symbole $C_n(t)$ oznaczają odpowiednio liczebności j -tego rodzaju części niezdatnych (n), tj. wymienionych (w zbiorze BST określonej populacji) w okresie t (np. w ciągu roku), oraz - zdatnych (z) występujących w tym zbiorze BST

^{x/}Metodę proponowaną przez autorów pracy [13], opartą na wykorzystaniu algorytmu Walforda trudno uznać za zadowalającą, m.in. ze względu na problemy numeryczne związane z jej stosowaniem.

Stąd, frakcja egzemplarzy wymienionych tej zbiorowości (klasy) w końcu okresu t wyniesie :

$$\lambda_n(t) = \frac{c_n(t)}{c_z(t) + c_n(t)} .$$

Stosując składe prawo wielkich liczb Bernoulliego można frakcję $\lambda_n(t)$ wykorzystać do estymacji prawdopodobieństw $p(t)$ zastępując nimi prawdopodobieństwa bezwarunkowe, czyli

$$\lambda_n(t) = \lambda_z(t) p(t) + \delta_z(t) , \quad . \quad . \quad . \quad (.)$$

gdzie $\delta_z(t)$ jest składnikiem losowym o parametrach :

$$E(\delta_n(t)) = 0 \quad , \quad T = 1, 2, \dots, T$$
$$E(\delta_n(t) \delta_z(u)) = \begin{cases} \rho_{zn} & t = u \\ 0 & t \neq u \end{cases} \quad t = u \quad 1, 2, \dots, T .$$

Relację (.) można traktować jako prosty model w postaci :

$$\lambda_z = y_z p_z + \delta_z \quad ,$$

a w postaci macierzowej :

$$\lambda = y p + \delta \quad ,$$

przy czym

$$\lambda = \begin{bmatrix} \lambda_n(0) \\ \lambda_n(1) \\ \vdots \\ \lambda_n(T) \end{bmatrix} , \quad p = \begin{bmatrix} p_{zn} \\ p_{zn} \end{bmatrix} , \quad \delta = \begin{bmatrix} \delta_n(1) \\ \delta_n(2) \\ \vdots \\ \delta_n(T) \end{bmatrix} , \quad y = \begin{bmatrix} y_z & 0 \\ 0 & y_n \end{bmatrix}$$

Rząd macierzy $[y]$ jest równy 2, a $T > 2$; ponadto wektory składników losowych δ_z mają parametry :

$$E(\delta_z) = 0 \quad ,$$
$$E(\delta_z \delta_n^T) = \rho_{zn} I \quad ,$$

gdzie I jest macierzą jednostkową stopnia T . Właściwości wektora są następujące :

$$E(\delta) = 0$$

$$E(\delta \delta^T) = \Sigma = \Omega \otimes I$$

przy czym $\Sigma = [p_{zn}]$, a \otimes oznacza iloczyn Kroneckera.

W procesie estymacji powyższego modelu obowiązują ograniczenia :

$$p_z, p_n \geq 0, \quad p_z + p_n = 1.$$

Oszacowanie powyższego modelu można dokonać poszukując np. minimum formy $(\lambda - yp)^T (\lambda - yp)$, bądź minimalizując sumę bezwarunkowych odchyleń wyników prób od hiperpłaszczyzny $yp : [1] \lambda - yp$, gdzie $[1]$ jest wierszowym wektorem jedyńkowym.

W pierwszym sposobie rozwiązania (znalezienia warunkowego estymatora parametru p_n (p_z)) wystąpią warunki :

$$Cp = 1, \quad p \geq 0,$$

gdzie C jest 2×2^2 wymiarową macierzą postaci $[I_n, I_z]$, a I_v ($v=n, z$) jest macierzą jednostkową. Jest to typowe zadanie programowania kwadratowego, a algorytmy jego rozwiązania są powszechnie znane.

W celu zbadania estymatora warunkowego macierzy przejścia np. w pracy [13] proponuje się stosować metodę Monte Carlo. Udowodnia się, że średni błąd kwadratowy zmniejsza się wraz ze wzrostem ilości prób.

2.4.2. ESTYMACJA PARAMETRÓW MODELU NIEJEDNORODNEGO

Jeśli założenie o jednorodnym charakterze zmian intensywności uszkodzeń (wymian) części nie odpowiada rzeczywistości, tzn. jeśli intensywności te zmieniają się w czasie dość znacznie, należy poszukiwać rozwiązań problemu estymacji w oparciu o model niejednorodny Markowa.

Jak już wspomniano, metody te nie zostały jeszcze dostosowane do praktyki obliczeniowej. Wydaje się jednak, że korzystając z makrodanych można podjąć próbę rozwiązania tego zadania. Należy wtedy przyjąć, że prawdopodobieństwa zmian intensywności uszkodzeń zależą od określonych czynników, które zmieniając się doprowadzają do obserwowanych wyników. Wyodrębniając te czynniki i ich wpływ na zmiany prawdopodobieństw przejścia, można zbudować odpowiedni model.

Inaczej mówiąc, na podstawie obserwacji struktur badanej populacji oraz poziomów zmiennych wpływających na prawdopodobieństwa przejścia w kolejnych okresach $t=1,2,\dots,T$, należy oszacować następujące modele :

$$(1) \quad \lambda_n(t) = \lambda_z(t-1) p_{zn}(t) + \delta_n(t) ,$$

$$(2) \quad p_{zn}(t) = \sum_{v=1}^R \zeta_{znv}(t-1) s_v(t) + \xi_{zn}(t) ,$$

gdzie ζ_{znv} oznacza zbiór R czynników stanowiących o zmianach p_{zn} , s_v - prawdopodobieństwo wystąpienia w czasie t v -tego czynnika, natomiast $\delta_n(t)$ i $\xi_{zn}(t)$ są składnikami losowymi, których parametry określają :

$$(3) \quad E(\delta_n(t)) = 0 , \quad t = 1, \dots, T ,$$

$$(4) \quad E(\delta_n(t) \delta_n(u)) = \begin{cases} \rho_{zn} & t = u \\ 0 & t \neq u \end{cases} ; \quad t, u = 1, \dots, T$$

$$(5) \quad E(\xi_{zn}(t)) = 0 , \quad t = 1, \dots, T ,$$

$$(6) \quad E(\xi_{zn}(t) \xi_{zn}(u)) = \begin{cases} \mu_{zn} & t = u \\ 0 & t \neq u \end{cases} ; \quad t, u = 1, \dots, T ,$$

$$(7) \quad E(\xi_{zn}(t) \xi_n(t)) = 0 .$$

Liczba nieznenych parametrów modeli (1) i (2) wynosi $(n=1, z=1) 2^2 R$. Można estymować je na podstawie $2 \cdot T$ wyników prób przy założeniu, że $2T \geq R$, wykorzystując do tego celu np. metodę estymacji warunkowej.

3. ZAŁOŻENIA PODSTAWOWE PROCESU I MODELI NORMOWANIA

CZĘŚCI ZAMIENNYCH

1. Przedmiotem normowania są wszelkie części zamienne (CzZ), których numery asortymentów (indeksy) przyporządkowano do poszczególnych (wyróżnionych) rodzajów i typów broni i sprzętu technicznego (BST) w ilościach określonych konstrukcyjnie. Listę BST, z podziałem na rodzaje i typy w uporządkowanej kolejności przedstawia zał. nr.1. Każdy typ BST ma właściwą sobie listę CzZ.

1.1. Wprowadza się następujące oznaczenia dla wyróżnionych rodzajów BST :

S - broń strzelecka,

A - sprzęt artyleryjski ,

R - sprzęt uzbrojenia wozów bojowych,

O - sprzęt optyczno - mierniczy,

N - sprzęt noktowizyjny.

1.2. Traktując powyższe oznaczenia jako symbole odpowiednich zbiorów typów BST, przyjmuje się następujące ich oznaczenia :

{S}- zbiór (lista) typów broni strzeleckiej, $s_{\alpha} \in S$, przy czym $\alpha=1, \dots, u$;

{A}- zbiór (lista) typów sprzętu artylerii lufowej, $a_{\alpha} \in A$, przy czym $\alpha=1, \dots, v$; według aktualnych danych $v=17$.

{R}- zbiór (lista) typów sprzętu uzbrojenia wozów bojowych $r_{\alpha} \in R$ przy czym $\alpha=1, \dots, w$; według aktualnych danych $w=10$.

{O}- zbiór (lista) typów sprzętu optyczno - mierniczego, $o_{\alpha} \in O$, przy czym $\alpha=1, \dots, g$; według aktualnych danych $g=29$.

{N}- zbiór (lista) typów sprzętu noktowizyjnego, $n_{\alpha} \in N$, przy czym $\alpha=1, \dots, h$; według aktualnych danych $h=22$.

1.2. W celu ustalenia ogólnego oznaczenia dla licznosci dowolnego rodzaju i typu BST wprowadza się symbol Q_{γ} gdzie $Q=S,A,R,O,N$;
 $\gamma=s_{\alpha}, a_{\alpha}, r_{\alpha}, o_{\alpha}, n_{\alpha}, \alpha=1,2,\dots,u,v,w,g,h$.

2. Licznosci Q_{γ} poszczególnych zbiorów typów BST są zmiennymi niezależnymi, wynikającymi ze stanów ilościowych wojsk i ich wyposażenia w kolejnych okresach planowania rozwoju Sił Zbrojnych. Licznosci te oznaczymy symbolami $s_{\alpha}, \dots, n_{\alpha}$; np.

$s_{\alpha=11} = 17894$ oznacza ogólną ilość egzemplarzy we, 7mm WKM DSZK wzr 1938 znajdującą się w dyspozycji Sił Zbrojnych.

3. Ewidencje zbiorcze stanów ilościowych BST i CzW w systemie zeopatrywania (zał.nr. 2) prowadzą :

- na poziomie 0 magazyny poszczególnych OG, SOG, COG,
- na poziomie 1 - SUiE ZT dla podległych im OG i niektórych SOG na poziomie 0 oraz magazynów BZ i BR,
- na poziomie 2 - SSUiE OW dla podległych im SR, SUiE ZT i SOG podległych OW,
- na poziomie 3 - SSUiE MON (COZ) dla podległych SW.

4. W związku z założeniami 2 i 3 rozkład zapasów CzZ w poszczególnych magazynach i składnicach odbywa się poprzez przepływ w celu dopełnienia do ustalonych norm zapasów odpowiednio na wszystkich poziomach. Przyjmuje się następujące typowe łańcuchy przepływów składających się z kolejnych ogniw :

- a) SW \rightarrow COG ,
- b) SW \rightarrow SR \rightarrow SOG i OWU ,
- c) SW \rightarrow SR \rightarrow BZ i BR \rightarrow OG(ZT) i SOG .

Użytkowanie BST występuje w każdej jednostce organizacyjnej, przy czym w jednostkach typu OG, SOG, COG wynika ono z charakteru zadań bojowych, natomiast w jednostkach typu SW, SR, BZ, BR i OWU - w ramach ich ochrony.

Przechowywanie (magazynowanie) BST i CzZ występuje we wszystkich jednostkach organizacyjnych.

5. Przyjmujemy, że intensywność uszkodzeń $\lambda(x)$ (R.2-5) BST zależy w znacznym stopniu od charakteru jednostki organizacyjnej (np. OG, SOG, ..., SW) w której BST jest eksploatowana, tj. użytkowana lub (i) przechowywana. Odmienne mogą być więc rozkłady prawdopodobieństw występowania uszkodzeń BST w jednostkach na poszczególnych poziomach (systemu eksploatacji), a przy tym zależne od przeznaczenia tych jednostek (R.2-11).

Aby w badaniach intensywności (x) uwzględnić implicite charakter procesów eksploatacyjnych (użytkowanie BST i sprawność Systemu Ochrony Czasowej), korzystnie jest tworzyć w ramach poszczególnych poziomów klasy typów BST, odpowiadające charakterowi jednostek organizacyjnych, reżimom użytkowania sprzętu, ustaleniom w zakresie obsługi technicznych (pielęgnacji) itp.

Mając na uwadze stałą (wieloletnią) weryfikację norm CzZ dla zróżnicowanych populacji generalnych (m.in. za pomocą testu χ^2 , por. R.4-1) wydaje się niezbędne wyodrębnienie głównych klas jednostek organizacyjnych, na przykład :

5.1. Na poziomie 0 wystąpią OG(SOG,COG) tworzące

- klasę OG zaliczanych do piechoty zmechanizowanej,
- klasę OG zaliczanych do broni pancernej,
- klasę OG zaliczanych do artylerii (lufowej, rakietowej, plot),
- klasę OG zaliczanych do wojsk łączności,
- klasę OG zaliczanych do wojsk inżynierskich (inż-drog., kolej itp.),
- klasę OG zaliczanych do wojsk chemicznych,
- klasę OG zaliczanych do służb zabezp.techn.,kwatermistrz.

5.2. Na poziomie 1 wystąpią jednostki organizacyjne wyposażone

w BST przeznaczone do ochrony; wystąpią głównie :

- klasa BZ i BR podporządkowanych ZT wojsk zmech.,
- klasa BZ i BR podporządkowanych ZT wojsk panc.,

- klasa BZ i BR podporządkowanych ZT artylerii,
- klasa BZ i BR podporządkowanych ZT wojsk inżynierskich itp.

5.3. Na poziomie 2, podobnie jak na poziomie 1, lecz głównie

- klasa SR podporządkowanych OW,
- klasa OWU podporządkowanych OW.

5.4. Na poziomie 3, podobnie, lecz głównie

- klasa SW podporządkowanych COZ(SSUIE).

5.5. Zestawy powyższych klas podane jako orientacyjne, gdyż właściwe zestawienia powinny wynikać z programu organizacyjnego "Proces".

6. Uwzględniając charakterystykę niezawodnościową BST w R.2 i wynikającą z niej propozycję podziału BST na grupy: ogniową (A-I i B-I) i nieogniową (A-II i B-II), można wyznaczyć liczebności zbiorów BST w wyróżnionych wyżej klasach dla poszczególnych poziomów od 0 do 3.

Podział BST na grupy i klasy, odpowiadające poszczególnym poziomom struktury zaopatrywania w Cz2, pozwala przejść do macierzowych układów podzbiorów BST w których elementami będą średnie ilości BST użytkowanych (u) i konserwowanych (k) w każdym roku (obliczane na podstawie stanów kwartalnych) występujące w odpowiednich zespołach jednostek tworzących klasy i porządkowane na właściwych im listach.

A zatem, w poszczególnych macierzach średnich liczebności zbiorów dla każdego typu BST na kolejnych poziomach struktury systemu zaopatrywania, kolumny zawierają podzbiory średnich ilości BST w klasie $k=1, \dots, m, (k=k_0, \dots, k_3)$ danego poziomu, natomiast wiersze dotyczą średnich ilości BST poszczególnych typów $\alpha (=1, \dots, u, v, w, g, h)$. W zależności od tego czy BST jest w stanie użytkowania czy przechowywania nadajemy symbol.

Należy zauważyć, że liczność klas (m) powinna (w zasadzie) być wielkością stałą dla danego poziomu, lecz dla każdego poziomu inna. Praktycznie rzecz biorąc największa ilość klas wystąpi na poziomie "0", natomiast na pozostałych wyniesie od 1 do 5, zależnie od charakteru działań wynikających z potrzeb ochrony składnic, magazynów, warsztatów itp.

Podstawę wyznaczenia liczności zbiorów BST odpowiednich klas stanowią listy OG(SOG, COG), zestawiane dla każdego typu BST z pozycjami uporządkowanymi według każdej klasy. Oczywiście do tego celu należy dysponować informacjami uzyskiwanymi z właściwych wiarygodnych źródeł (ewidencji).

6.1. Grupa A-I na poziomie "0" : dla każdego typu $\alpha (=1, \dots, u, v, w)$ rodzajów S, A, R w klasach $k (=1, \dots, m)$ BST bieżąco użytkowanych (u) liczności przyjmą postać macierzy :

$$\begin{array}{l} \text{rodzaj } s_{\alpha, k_0}^{(0u)} \\ \alpha = 1, \dots, u; \\ k_0 = 1, \dots, m_0 \end{array} \quad A_s^{(0u)} = \begin{bmatrix} \bar{s}_{1,1}^{(0u)} & \bar{s}_{1,2}^{(0u)} & \dots & \bar{s}_{1,m_0}^{(0u)} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \bar{s}_{u,1}^{(0u)} & \bar{s}_{u,2}^{(0u)} & \dots & \bar{s}_{u,m_0}^{(0u)} \end{bmatrix} ;$$

$$\begin{array}{l} \text{rodzaj } a_{\alpha, k_0}^{(0u)} \\ \alpha = 1, \dots, v; \\ k_0 = 1, \dots, m_0; \end{array} \quad A_a^{(0u)} = \begin{bmatrix} \bar{a}_{1,1}^{(0u)} & \bar{a}_{1,2}^{(0u)} & \dots & \bar{a}_{1,m_0}^{(0u)} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \bar{a}_{v,1}^{(0u)} & \bar{a}_{v,2}^{(0u)} & \dots & \bar{a}_{v,m_0}^{(0u)} \end{bmatrix} ;$$

$$\begin{array}{l} \text{rodzaj } r_{\alpha, k_0}^{(0u)} \\ \alpha = 1, \dots, w; \\ k_0 = 1, \dots, m_0; \end{array} \quad A_r^{(0u)} = \begin{bmatrix} \bar{r}_{1,1}^{(0u)} & \bar{r}_{1,2}^{(0u)} & \dots & \bar{r}_{1,m_0}^{(0u)} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \bar{r}_{w,1}^{(0u)} & \bar{r}_{w,2}^{(0u)} & \dots & \bar{r}_{w,m_0}^{(0u)} \end{bmatrix} ;$$

6.2.1. Analizujemy jak 6.1. lecz dla grupy B-I BST wykorzystanych

6.2. Grupa B-I na poziomie "0" : dla każdego typu $\alpha (=1, \dots, u, v, w)$ rodzajów S, A, R w klasach $k_0 (=1, \dots, m_0)$ BST przechowywanych - konserwowanych (k) licznosci te wystąpią w analogicznym układzie, zmieniając jedynie symbol u na k będą to macierze :

$$B_s^{(Ok)} = \left\| s_{\alpha, k_0}^{(Ok)} \right\| ; \quad B_a^{(Ok)} = \left\| a_{\alpha, k_0}^{(Ok)} \right\| ; \quad B_r^{(Ok)} = \left\| r_{\alpha, k_0}^{(Ok)} \right\| ;$$

6.3. Grupa A-II na poziomie "0" : dla każdego typu $\alpha (=1, \dots, g, h)$ rodzajów O, N w klasach $k_0 (=1, \dots, m_0)$ BST bieżąco użytkowanych (u) licznosci przyjąą postać macierzy :

$$\begin{array}{l} \text{rodzaj } o_{\alpha, k_0}^{(Ou)} \\ \alpha = 1, \dots, g ; \\ k_0 = 1, \dots, k_0 ; \end{array} \quad A_o^{(Ou)} = \begin{bmatrix} o_{1,1}^{(Ou)} & o_{1,2}^{(Ou)} & \dots & o_{1,m_0}^{(Ou)} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ o_{g,1}^{(Ou)} & o_{g,2}^{(Ou)} & \dots & o_{g,m_0}^{(Ou)} \end{bmatrix} ;$$

$$\begin{array}{l} \text{rodzaj } n_{\alpha, k_0}^{(Ou)} \\ \alpha = 1, \dots, h ; \\ k_0 = 1, \dots, m_0 ; \end{array} \quad A_n^{(Ou)} = \begin{bmatrix} n_{1,1}^{(Ou)} & n_{1,2}^{(Ou)} & \dots & n_{1,m_0}^{(Ou)} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ n_{h,1}^{(Ou)} & n_{h,2}^{(Ou)} & \dots & n_{h,m_0}^{(Ou)} \end{bmatrix} .$$

6.4. Grupa B-II na poziomie "0" : dla każdego typu $\alpha (=1, \dots, g, h)$ rodzajów ON w klasach $k_0 (=1, \dots, m_0)$ BST przechowywanych - konserwowanych (Ok) licznosci wystąpią w analogicznych, zmieniając jedynie symbol u na k ; będą to macierze :

$$B_o^{(Ok)} = \left\| o_{\alpha, k_0}^{(Ok)} \right\| ; \quad B_n^{(Ok)} = \left\| n_{\alpha, k_0}^{(Ok)} \right\| .$$

6.5. Na poziomie "1" wystąpią grupy A-I BST użytkowanych w BZ, BR związków taktycznych (dla celów ochrony); formalnie rzecz biorąc będą to typy S, A, R w klasach $k_1 (=1, \dots, m_1)$, a odpowiadające im macierze licznosci tych zbiorów :

$$A_s^{(1u)} = \left\| s_{\alpha, k_1}^{(1u)} \right\| , \quad A_a^{(1u)} = \left\| a_{\alpha, k_1}^{(1u)} \right\| , \quad A_r^{(1u)} = \left\| r_{\alpha, k_1}^{(1u)} \right\| .$$

6.5.1. Analogicznie jak 6.5. lecz dla grupy B-I BST konserwowanych

$$B_s^{(1k)} = \left\| s_{\alpha, k_1}^{(1k)} \right\|, \quad B_a^{(1k)} = \left\| a_{\alpha, k_1}^{(1k)} \right\|; \quad B_r^{(1k)} = \left\| r_{\alpha, k_1}^{(1k)} \right\|.$$

6.5.2. Analogicznie jak 6.3 dla grup A-II i B-II tj. użytkowanych i konserwowanych :

$$A_o^{(1u)} = \left\| o_{\alpha, k_1}^{(1u)} \right\|, \quad A_n^{(1u)} = \left\| n_{\alpha, k_1}^{(1u)} \right\| ;$$

$$B_o^{(1k)} = \left\| o_{\alpha, k_1}^{(1k)} \right\|, \quad B_n^{(1k)} = \left\| n_{\alpha, k_1}^{(1k)} \right\| .$$

6.6. Na poziomie "2" w klasach $k_2 (=1, \dots, m_2)$ odpowiednie oznaczenia macierzy będą :

6.6.1. $A_s^{(2u)} = \left\| s_{\alpha, k_2}^{(2u)} \right\|, \quad A_a^{(2u)} = \left\| a_{\alpha, k_2}^{(2u)} \right\|, \quad A_r^{(2u)} = \left\| r_{\alpha, k_2}^{(2u)} \right\| ;$

6.6.2. $B_s^{(2k)} = \left\| s_{\alpha, k_2}^{(2k)} \right\|, \quad B_a^{(2k)} = \left\| a_{\alpha, k_2}^{(2k)} \right\|, \quad B_r^{(2k)} = \left\| r_{\alpha, k_2}^{(2k)} \right\| ;$

6.6.3. $A_o^{(2u)} = \left\| o_{\alpha, k_2}^{(2u)} \right\|, \quad A_n^{(2u)} = \left\| n_{\alpha, k_2}^{(2u)} \right\| ;$

6.6.4. $B_o^{(2k)} = \left\| o_{\alpha, k_2}^{(2k)} \right\|, \quad B_n^{(2k)} = \left\| n_{\alpha, k_2}^{(2k)} \right\| ,$

6.7. Na poziomie "3" - jak 6.6. lecz zamiast indeksu (2) wystąpi (3) oraz $k_3 = 1, \dots, m_3$.

7. Każdemu elementowi macierzy (p-kt-6) odpowiada właściwy mu podzbiór jednostek organizacyjnych (występujących na danym poziomie) w postaci listy oznaczonej symbolem $l_{\gamma, j}^{\beta}$, gdzie :

β jest zbiorem indeksów oznaczających numer poziomu i stan eksploatacji BST, przyczym $\beta = \beta', \beta''$; $\beta' = 0u, 1u, 2u, 3u,$

$\beta'' = 0k, 1k, 2k, 3k$

$\gamma = s_{\alpha}, a_{\alpha}, r_{\alpha}, o_{\alpha}, n_{\alpha}$;

k - oznacza klasę BST występujących na odpowiednim poziomie

$(k = k_0, \dots, m_0, m_1, m_2, m_3)$

7.1. W związku z tym wystąpią listy $K_{\gamma k}^{\beta}$ klas jednostek organizacyjnych wyróżnionych ze względu na istotny dla nich charakter działań, czyli $1_{\gamma k}^{\beta} \in K_{\gamma, k}^{\beta}$ (odpowiadających wierszom macierzy) oraz grupy list $L_{\gamma, k}^{\beta}$ jednostek wyróżnionych ze względu na typ BST znajdujących się na ich wyposażeniu (kolumny macierzy)

Czyli :

$$K_{\gamma}^{\beta} = \langle 1_{\gamma 1}, 1_{\gamma 2}, \dots, 1_{\gamma m} \rangle$$

oraz

$$\bigcup_{k=0}^{k_3} 1_{\gamma k}^{\beta'} = L_{\gamma k}^{\beta'}, \quad \beta' = 0u, 1u, 2u, 3u ;$$

$$\bigcup_{k=0}^{k_3} 1_{\gamma k}^{\beta''} = L_{\gamma k}^{\beta''}, \quad \beta'' = 0k, 1k, 2k, 3k ;$$

$$(L_{\gamma k}^{\beta'} \cup L_{\gamma k}^{\beta''}) \subset L_{\gamma}^{\beta} \quad \gamma = s_{\alpha}, a_{\alpha}, r_{\alpha}, o_{\alpha}, n .$$

8. Każdy typ BST ma właściwą sobie listę CzZ obejmującą nazwy (symbole, rysunki itp.) kolejnych pozycji oraz nominalną ilość sztuk przypadającą na jeden egzemplarz BST. Lista CzZ dla każdego typu tworzy zbiór uporządkowany ich rodzajów $j (=1, \dots, \omega)$ odpowiadających BST typu $\alpha (=1, \dots, u, v, w, g, h)$. Symbole licznosci j-tego asortymentu CzZ w jednym egzemplarzu BST typu będą: $\gamma_j (=s_{\alpha j}, a_{\alpha j}, r_{\alpha j}, o_{\alpha j}, n_{\alpha j})$.
- 8.1. Elementy j traktuje się jako asortymenty CzZ danego zbioru (listy) γ_j . Często asortymenty te będą występowały jako pojedyncze sztuki, jednak istnieją wypadki, że w jednym egzemplarzu pewnych typów BST wystąpi więcej takich samych elementów.
- 8.2. Ponadto przyjmuje się, że istnieją takie j -te pozycje (nazwy) CzZ, które występują w więcej niż jednym typie BST, przy czym w każdym z nich mogą być w różnych ilościach.

Przyjmujemy przytem, że rozkłady prawdopodobieństwa zniszczenia (zużycia) takiej części będą jednakowe dla wszystkich typów BST w skład których one wchodzi w danej klasie.

9. Zgodnie z założeniem (R.2-5) o średniej intensywności wymian CzZ, przyjmuje się, że dla każdego rodzaju (asortymentu) j , występującego w danym typie γ BST użytkowanych (lub przechowywanych) w każdej jednostce organizacyjnej na dowolnym poziomie, intensywność tą (w stosunku rocznym) wyrazi stosunek ilości egzemplarzy zużytych na wymianę do ogólnej ilości rodzaju j występujących we wszystkich egzemplarzach BST rozpatrywanej kategorii, tj. wg. podziału na stan eksploatacji w każdej klasie, czyli ogólnie :

$$\lambda_{\gamma j}^{\beta} = \frac{\sum_{k=k_0}^{m_0} \dots \sum_{k=k_3}^{m_3} c_{\gamma j}^{\beta}}{\sum_{k=k_0}^{m_0} \dots \sum_{k=k_3}^{m_3} Q_{\gamma j}^{\beta}} ; \quad \gamma_j = s_{\alpha j}, a_{\alpha j}, r_{\alpha j}, o_{\alpha j}, n_{\alpha j},$$

gdzie $c_{\gamma j}^{\beta}$ oznacza ilość CzZ rodzaju j zużytych w ciągu roku we wszystkich klasach na wszystkich poziomach dla usunięcia niezdatności BST typu α w stanie użytkowania β' (lub przechowywania β'') ($\beta = \beta', \beta''$), natomiast $Q_{\gamma j}^{\beta}$ - ilość części j -tego rodzaju występujących we wszystkich egzemplarzach BST typu znajdujących się w Siłach Zbrojnych w stanie użytkowania β' (lub przechowywania β''). Sumowanie odbywa się według klas wyróżnionych na każdym poziomie.

10. Każdemu elementowi macierzy średniej licznosci zbiorów BST uporządkowanych w p-tach od 6 do 6.6.4 odpowiadają pewne wielkości $c_{\gamma j}^{\beta}$ ($j=1, \dots, w$), ($\beta = \beta', \beta''$), ($\gamma = \bar{s}_{\alpha}, \bar{a}, \bar{r}_{\alpha}, \bar{o}_{\alpha}, \bar{n}_{\alpha}$).

Według założenia 9, każdej macierzy licznosci zbioru BST typu γ odpowiada macierz intensywnosci γ_j uszkodzeń j -tej części występującej na liście CzZ każdego typu BST. Oczywiście macierze $\|\lambda_{\gamma j}^{\beta}\|$ będą uporządkowane analogicznie, tj. według poziomów struktury systemu zaopatrywania i rodzajów procesów eksploatacji ($\beta' (=0u, \dots, 3u; \beta'' (=0k, \dots, 3k))$), według klas jednostek organizacyjnych ($k=1, \dots, m; k=k_0, k_1, k_2, k_3$) oraz rodzajów

i typów BST podzielonych na ogniowe i nieogniowe, a każdy z nich na bieżąco użytkowane i konserwowane, tj. A-I, A-II, B-I i B-II .

Mogą być wypadki, że pewne typy BST wystąpią w OG zaliczanych do jednej klasy, wtedy macierze $\|\lambda_{j,j}^{\beta'}\|$ będą przyjmowały postać kolumny.

Uogólniając, wystąpią następujące macierze intensywności uszkodzeń BST.

10.1. Na poziomie "O" (wg.6.1) dla wszystkich użytkowanych egzemplarzy dowolnego rodzaju i typu BST oraz znanych wielkości

$c_{j\beta}$ otrzyma się macierze :

dla typu $s_{\alpha=1,j}^{\beta'}$ macierz $\|\lambda_{s_1,jk_0}^{\beta'}\|$ o wymiarze $\omega_{s_1} \times m_0$:

$$\lambda_{s_1,jk_0}^{\beta'} = \begin{bmatrix} \lambda_{1,1,1}^{\beta'} & \lambda_{1,1,2}^{\beta'} & \dots & \lambda_{1,1,m_0}^{\beta'} \\ \lambda_{1,2,1}^{\beta'} & \lambda_{1,2,2}^{\beta'} & \dots & \lambda_{1,2,m_0}^{\beta'} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{1,\omega,1}^{\beta'} & \lambda_{1,\omega,2}^{\beta'} & \dots & \lambda_{1,\omega,m_0}^{\beta'} \end{bmatrix}$$

gdzie w dolnym indeksie przy λ oznaczają: pierwsze liczbą - numer 1 typu (s) broni strzeleckiej, druga - numery $j(=1, \dots, \omega_{s_1})$ Czł tegoż typu (o numerze 1), trzecia - $k(=1, \dots, m_0)$ klasę BST na poziomie "O" ; indeks górny (β') - grupę jednostek organizacyjnych (OG) na poziomie "O", w których występuje typ s o numerze i w klasie k.

Analogiczną postać przyjmą macierze intensywności uszkodzeń w pozostałych typach BST, rodzaju s tj. $\alpha=2,3, \dots, u$ dla każdego $j=1, \dots, \omega$; oczywiście w każdym ilość rodzajów części ω_s będzie inna. Otrzyma się więc :

$$\|\lambda_{s_2,jk_0}^{\beta'}\|, \|\lambda_{s_3,jk_0}^{\beta'}\|, \dots, \|\lambda_{s_u=18,jk_0}^{\beta'}\| .$$

10.2. Macierze dla pozostałych typów BST, tj. a_α i r_α grupy A-I będą odpowiednio :

$$\begin{aligned} & \|\lambda_{a_1 j k_0}^{\beta'}\|, \|\lambda_{a_2 j k_0}^{\beta'}\|, \dots, \|\lambda_{a_{v=17} j k_0}^{\beta'}\|, \\ & \|\lambda_{r_1 j k_0}^{\beta'}\|, \|\lambda_{r_2 j k_0}^{\beta'}\|, \dots, \|\lambda_{r_{w=10} j k_0}^{\beta'}\|. \end{aligned}$$

10.3 W grupie B-I na poziomie "0" - macierze λ odpowiadają macierzom sformułowanym w p-cie 6.2, czyli

$$\|\lambda_{s_1 j k_0}^{\beta''}\|, \|\lambda_{s_2 j k_0}^{\beta''}\|, \dots, \|\lambda_{s_{u=18} j k_0}^{\beta''}\|.$$

Ponieważ macierze tej grupy (wg.10.2) dla typów s i r przyjmą zamiast β' indeks β'' .

10.4. W grupie A-II podobnie jak 6.3 :

$$\begin{aligned} & \|\lambda_{o_1 j k_0}^{\beta'}\|, \|\lambda_{o_2 j k_0}^{\beta'}\|, \dots, \|\lambda_{o_{g=29} j k_0}^{\beta'}\|, \\ & \|\lambda_{n_1, k_0}^{\beta'}\|, \|\lambda_{n_2, k_0}^{\beta'}\|, \dots, \|\lambda_{n_{h=22}, k_0}^{\beta'}\|. \end{aligned}$$

oraz dla typów o i n w grupie B-II (por.6.4) :

$$\begin{aligned} & \|\lambda_{o_1 j k_0}^{\beta''}\|, \|\lambda_{o_2 j k_0}^{\beta''}\|, \dots, \|\lambda_{o_{g=29} j k_0}^{\beta''}\|; \\ & \|\lambda_{n_1 j k_0}^{\beta''}\|, \|\lambda_{n_2 j k_0}^{\beta''}\|, \dots, \|\lambda_{n_{h=22} j k_0}^{\beta''}\|. \end{aligned}$$

10.5. Na poziomach "1", "2" i "3" macierze intensywności uszkodzeń Będą odpowiadały liczebnościom zbiorów wg. 6.5, 6.6 i 6.7 odniesione do konstrukcji macierzy wg. 10, tj. od 10.1 do 10.4 .

11. Spośród użytkowanych BST część zostaje co roku komisyjnie spisywana z ewidencji z powodu

- przekroczenia wieku użytkowania lub przekroczenia limitu napracowania,
- zniszczenia i nieopłacalności dokonywania remontu,
- przekazania do gospodarki narodowej lub instytucji paramilitarnych,
- zagucienia, kradzieży itp.

CzZ przeznaczone do tych BST tworzą tzw. zapas nadzwyczajny, którego część może być przeznaczona na uzupełnienie zapasu

ewidencyjnego, a reszta przekazana adresatom społecznym razem z przekazywanymi egzemplarzami BST.

Powyższy zapas nadzwyczajny lub jego część pozostająca na ewidencji może być traktowana jako oszczędność CzZ wpływająca na obniżenie zamówień u producenta na uzupełnianie stanów CzZ do ustalonych norm.

Wielkość tego zapasu CzZ nie jest brana pod uwagę w procesie normowania, co nie przeszkadza w jego uwzględnieniu przy corocznym bilansowaniu stanów wszystkich rodzajów zapasów CzZ.

12. Jak wynika z R.2-5 oraz R.3.-9 i 10, przyjmując średnią intensywność wymian części j-tego rodzaju identyfikuje się ją ze średnią ilością uszkodzeń tegoż rodzaju, bez względu na zróżnicowanie BST pod względem napracowania, zapas rezerwu obciążenie do czasu kolejnej obsługi technicznej, sprawność obsługi profilaktycznych itp.

Inaczej mówiąc, przyjmuje się, że średnia intensywność uszkodzeń j-tej części w każdej klasie BST i na każdym poziomie jest w ciągu roku (okresu sprawozdawczego) wielkością stałą ($\lambda = \text{const}$) i zależy:

- w klasach BST użytkowanych - bezpośrednio od ilości zużytych rezerwu pracy i pośrednio od czasu,
- w klasach BST przechowywanych - bezpośrednio tylko od czasu.

4. MODEL TYPU A PROCESU NORMOWANIA CZĘŚCI ZAMIENNYCH DLA UŻYTKOWANYCH BST

4.1. STRUKTURA MODELU NORMOWANIA

1. Do ważniejszych zagadnień składających się na proces normowania CzZ zalicza się wybór apriorycznego rozkładu prawdopodobieństwa wystąpienia faktycznej lub potencjalnej niezdatności dowolnego egzemplarza BST należącego do jednej z czterech wyróżnionych grup populacji (por. R.2 i R.3-6).
2. Populację (generalną) części wymiennej j-tego asortymentu tworzy odpowiadający mu zbiór BST użytkowanych w ciągu roku w jednostkach organizacyjnych na danym poziomie systemu zaopatrywania (tj. zgodnie z symbolem = $O_u, 1_u, 2_u, 3_u$). Ponieważ w ciągu roku liczebności tych zbiorów mogą się zmieniać, zatem w takich wypadkach wielkość populacji będzie wartością średnią (arytmetyczną) z czterech kwartałów, lub okresów miesięcznych. Ten ostatni wypadek wystąpi najczęściej w jednostkach prowadzących często krótkotrwałe kursy szkoleniowe.

Pominiemy przy tym możliwe zróznicowanie populacji według kryteriów dotyczących stanów zużycia BST i sprawności działania Systemu Ochrony Czasowej.
3. Biorąc pod uwagę strukturę programu "Proces" oraz stosunkowo krótki czas jego działalności ewidencyjnej, wydaje się uzasadnione zastosowanie wybranych niedparametrycznych testów istotności, umożliwiających weryfikowanie hipotez nie określając a priori wartości parametrów rozkładów prawdopodobieństwa występowania stanów niezdatności faktycznej każdej z wymienialnych części BST.
4. Ponieważ nie znana jest a priori postać funkcyjna rozkładu badanych populacji każdego asortymentu wymienianych części BST, celowe staje się zastosowanie zarówno metody największej wiarygodności

jak i metody momentów. W związku z tym, jako wartość średnią części wymiennych przyjmujemy średnią licznosc $\bar{c}_{\gamma_j}^{\beta'}$ zbiorów części j-tego asortymentu wymienianych w ciągu roku w odpowiedniej populacji generalnej BST (obliczoną ze kres ubiegłych lat), natomiast wariancję σ^2 natomiast wariancję σ^2 oszacujemy przy pomocy wariancji tej populacji.

5. Przyjmujemy również, że każda populacja γ_j ($\gamma = s_\alpha, a_\alpha, r_\alpha, o_\alpha, n_\alpha$; $j=1, \dots, \omega$) części wymieniających j-tego rodzaju może mieć dowolny rozkład prawdopodobieństwa występowania średniej liczby uszkodzeń. Dystrybuanta każdego z tych rozkładów należy do pewnego zbioru. Z rozkładów o określonym typie funkcyjnej postaci dystrybucyjnej.

6. Opierając się na strukturze danych statystycznych w programie "Proces", dla potrzeb normowania można wykorzystać populacje \bar{c}_{γ_j} części wymienionych (na ~~nie~~ miejsce uszkodzonych lub zagubionych) w ubiegłym roku sprawozdawczym. Natomiast liczebność populacji γ_j części wymieniających j-tego asortymentu w faktycznie użytkowanych BST w jednostkach na każdym poziomie należy ustalać dodatkowo na podstawie innych źródeł sprawozdawczych.

Stąd otrzymamy $\lambda_j = \bar{c}_{\gamma_j} / \gamma_j$ jako empiryczną wartość intensywności uszkodzeń (wymian) i-tej części przypadającej na jeden egzemplarz określonego typu (lub zbioru typów) BST, w ciągu roku.

Ponieważ wiadomo (z założeń organizacyjnych programu "Proces"), że liczebności badanych populacji generalnych będą statystycznie zawsze wystarczająco duże, lecz wykazujące dość często znaczne zróżnicowanie ze względu na wartość wariancji, zatem dla weryfikacji hipotezy $H_0 : F(\lambda) \in \Omega$, gdzie $F(\cdot)$ jest dystrybuantą rozkładu uszkodzeń) należy dostosować taki test, aby uwzględnić te zróżnicowania (w wybranym typie rozkładu Ω).

7. Zgodnie z założeniem w R.3-5. charakterystyki populacji j-tego asortymentu części wymiennej (w BST użytkowanych) na każdym poziomie

dzieli się na ustaloną a priori liczbę rozłącznych klas (warstw) o liczebnościach nie mniejszych niż 80 sztuk danej części w każdej klasie.

Jeśli w pewnych latach wystąpią wypadki, że jakieś jednostki organizacyjne nie osiągną tej liczby, należy takie jednostki łączyć pamiętając jednak, aby należały do tej samej klasy i grupy znajdującej się na tym samym poziomie struktury zaopatrywania. Ponadto wymaga się, aby na każdą klasę składało się co najmniej 8 grup danych, które traktujemy (umownie) jako próby pobierane celowo z każdej populacji. Grupy te tworzą rozkład empiryczny z próby. Mając na uwadze zastosowanie m.in. testu zgodności χ^2 należy dążyć, aby liczebność każdej grupy była większa od 7; W przeciwnym wypadku należy połączyć ją z sąsiednią, uzyskując większą liczebność.

Zauważmy, że w modelu A nie chodzi o próby losowe sensu stricto, lecz o wybór nielosowy - celowy, dokonywany każdorazowo na podstawie kryterium określającego dolną granicę liczebności CzZ w każdej klasie rozpatrywanej populacji CzZ.

Wprowadzając podział populacji generalnej j-tego części wymiennej na szereg klas rozłącznych, przy ustalonej w każdej z nich liczebności elementowej próby - grupy ($x=1, \dots, s$), dotyczącej intensywności uszkodzeń tejże części, należy sprawdzić czy wszystkie te próby (grupy) pochodzą z jednej populacji. W tym celu można zastosować nieparametryczny test sumy rang pozwalający scharakteryzować tworzony obszar krytyczny za pomocą statystyki mającej graniczny rozkład χ^2 z $k-1$ stopniami swobody (gdzie k jest liczbą porównywanych klas).

Test ten zastępuje w pewnym sensie test analizy wariancji dla średnich, w których wymaga się, by populacja miała rozkład zbliżony do normalnego.

Z sumy rang dla wartości intensywności uszkodzeń j-tej części w poszczególnych klasach BST wyznacza się wartość statystyki :

- dla klasy $v(=1, \dots, n)$:
$$\chi^2 = \frac{12}{c_v(c_v+1)} \sum_{x=1}^s \frac{v_x}{c_x} - 3(c_v+1) ,$$

- dla zbioru klas :

$$\chi^2 = \frac{12}{C(C+1)} \sum_{v=1}^n \frac{v^2}{c_v} - 3(C+1) .$$

gdzie (opuszczając przy c, C i V indeks j) c_x ($x=1, \dots, s$) oznacza ilość części w grupie dowolnej klasy ; c_v - ilość części w klasie $v(=1, \dots, n)$, C - ilość części w zbiorze klas na rozpatrywanym poziomie V_x, V_v - odpowiednio sumy rang w klasie i zbiorze klas.

Jeżeli hipoteza H_0 jest prawdziwa to statystyka ma asymptotyczny rozkład χ^2 o $k-1$ stopniach swobody. Wartość krytyczną χ_{ϵ}^2 ($\epsilon=0,05$) odczytuje się z tablic rozkładu χ^2 , aby sprawdzić czy zachodzi nierówność $\chi^2 \leq \chi_{\epsilon}^2$. W przeciwnym wypadku będzie brak podstaw do przyjęcia hipotezy, że wszystkie próby pochodzą z tej samej populacji (na danym poziomie struktury systemu zeopatrzenia).

W tym ostatnim wypadku należy sprawdzić, czy wśród ustalonych klas są takie, dla których powyższa hipoteza byłaby prawdziwa. Jeżeli taki wypadek wystąpi, wówczas klasy te można traktować jako jedną populację, natomiast pozostałe klasy trzeba rozpatrywać indywidualnie.

8. Mając na uwadze wybór adekwatnych rozkładów prawdopodobieństwa uszkodzeń części wymiennych (na podstawie nieparametrycznych testów istotności) należy przede wszystkim ustalić dla badanych populacji tej części Z_j, C_j, A_j (p-kt.6) metody oceny wartości średnich z próby x ($=1, \dots, s$), tj. $\bar{z}_v, \bar{c}_v, \bar{a}_v$ dla $v=1, \dots, n$ oraz odchyłań standardowych s_{zv}, s_{cv}, s_{av} .

Przyjmując, że w badanych populacjach w ramach jednej klasy mogą wystąpić znaczne zróżnicowania wariancji, wydaje się niezbędne, aby model normowania CzZ dawał odpowiedź na pytania dotyczące wielkości przedziałów ufności zarówno dla średniej jak i dla wariancji.

Jako podstawowe typy rozkładów powyższych populacji przyjmujemy :

- rozkład normalny $N(m, \sigma)$ i jego odmiany oraz
- rozkład wykładniczy i jego odmiany.

9. Uznając, że dla oceny parametrów populacji BST i części uszkodzonych metoda estymacji przedziałowej będzie najbezpieczniejsza, przyjmujemy najogólniej, że

9.1. Estymatorem średniej wartości $m(=y_j^\beta)$ populacji generalnej BST (w dowolnej klasie) jest średnia arytmetyczna \bar{z} z próby :

$$\bar{c}_v = \frac{1}{s} \sum_{x=1}^s c_x, \quad \bar{z}_v = \frac{1}{s} \sum_{x=1}^s z_x, \quad \bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n \bar{z}_v,$$

a odchylenia standardowe dla \bar{z} :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n (\bar{z}_v - \bar{z})^2} \quad \text{lub} \quad \hat{s} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{v=1}^n (\bar{z}_v - \bar{z})^2},$$

i podobnie dla \bar{c} , gdzie jest wynikiem próby, a s i \hat{s} odchyleniami standardowymi z próby.

9.2. W wypadku próby o dużej liczebności co najmniej kilkadziesiąt, gdy wyniki jej grupują się w szeregach rozdzielczych o n klasach:

$$\bar{z}_v = \frac{1}{s} \sum_{x=1}^s \bar{z}_x z_x; \quad s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n (\bar{z}_v - \bar{z})^2 n},$$

gdzie \bar{z}_x oznacza środek poszczególnego przedziału klasowego, a z_x jego liczebność. Gdy liczba n przedziałów będzie mała, tzn. gdy długość każdego przedziału klasowego jest duża, obliczając z powyższego wzoru wartość s należy stosować tzw. poprawkę na grupowanie, tj. odjąć od s^2 liczbę $\frac{1}{12} h^2$, a dopiero potem pierwiastkować.

9.3. Przedział ufności dla populacji generalnej o rozkładzie $N(m, \sigma)$, gdy nieznaną jest zarówno wartość średnia m , jak i odchylenia standardowe σ , wyniesie :

$$P \left\{ \bar{Z} - t_{\varepsilon} \cdot \frac{s}{\sqrt{n-1}} < m < \bar{Z} + t_{\varepsilon} \cdot \frac{s}{\sqrt{n-1}} \right\} = 1 - \varepsilon$$

lub równoważnie :

$$P \left\{ \bar{Z} - t_{\varepsilon} \cdot \frac{\hat{s}}{\sqrt{n}} < m < \bar{Z} + t_{\varepsilon} \cdot \frac{\hat{s}}{\sqrt{n}} \right\} = 1 - \varepsilon,$$

gdzie t_{ε} oznacza wartość zmiennej t Studenta odczytaną z tablicy tego rozkładu dla $n-1$ stopni swobody w taki sposób, by dla każdego danego z góry współczynnika ufności $1 - \varepsilon$ spełniona była relacja $P \left\{ -t_{\varepsilon} < t < t_{\varepsilon} \right\} = 1 - \varepsilon$.

W niniejszej prac przyjmuje się współczynnik ufności $1 - \varepsilon = 0,95$ stały dla wszystkich przedziałów ufności.

9.4. Ponieważ nie można a priori stwierdzić korelacji między rozkładami średnich dla \bar{z}_j i \bar{c}_j , należy ponadto obliczyć przedziały ufności dla wariancji i dochyleń standardowych σ tych populacji.

Wyróżniamy tu dwa przypadki :

9.4.1. gdy przyjmujemy, że populacja ma rozkład normalny $(N(m, \sigma))$ o nieznanym parametrach m i σ , przyczym ilość prób n jest względnie mała ($n < 30$), wtedy :

$$P \left\{ \frac{ns^2}{a_2} < \sigma^2 < \frac{ns^2}{a_1} \right\} = 1 - \varepsilon,$$

gdzie a_1 i a_2 są wartościami zmiennej χ^2 (wyznaczonymi z tablic rozkładu χ^2 dla $n-1$ stopni swobody i współczynnika ufności $1 - \varepsilon$, tak aby spełnione były relacje :

$$P(\chi^2 < a_1) = 0,5\varepsilon, \quad P(\chi^2 \geq a_2) = 0,5\varepsilon.$$

Korzystając z tablic rozkładu χ^2 należy wartość a_1 odczytać dla prawdopodobieństwa $1 - 0,5\varepsilon = 0,975$, natomiast a_2 dla $0,5\varepsilon = 0,025$.

9.4.2. gdy populacja jest jak w 9.4.1, lecz dla dużych prób ($n > 30$), przybliżony przedział ufności można wyznaczyć z wzoru :

$$P \left\{ \frac{s}{u + \frac{s}{\sqrt{2n}}} < \sigma^2 < \frac{s}{u - \frac{s}{\sqrt{2n}}} \right\} \approx 1 - \varepsilon,$$

gdzie u_ε jest wartością zmiennej normalnej standaryzowanej U , wyznaczoną w taki sposób dla ustalonego $1 - \varepsilon$ ($=0,05$) z tablicy rozkładu $N(0,1)$, by spełniona była relacja $P\{-u_\varepsilon < U < u_\varepsilon\} = 1 - \varepsilon$.

10. W celu wyznaczenia maksymalnego błędu przy szacunku parametrów populacji generalnych można wykorzystać oprócz wielkości połowy długości przedziałów ufności d (por.9.3) również wielkość próby n . Wzięte pierwotnie a priori wielkości s_0 i n_0 mają jedynie na celu wstępne, przybliżone ustalenie wartości średnich, wariancji i wielkości przedziałów ufności. Istnieje jednak uzasadniona obawa, że otrzymana na tej drodze wielkość d , tj. miara maksymalnego błędu szacunku badanego parametru, jest zbyt duża, aby przy założonych wstępnie wielkościach $\varepsilon = 0,05$ i n można było ją uznać jako zadowalającą.

Ponieważ ze wzorów na przedziały ufności nie zawsze otrzymamy wzory na liczebność próby (np. nie można tego dokonać w wypadku szacowania wariancji σ^2 z próby), a po wtóre, gdy brak informacji populacji, można tę trudność pokonać korzystając ze statystyki \bar{x} dla małej (wstępnej) próby o liczebności n_0 elementów.

W związku z tym nasuwa się konieczność sprawdzenia, czy przy ustalonej wielkości ε liczebność wstępnej próby n_0 spełnia ten warunek względem parametru μ wiążącego parametry x i c ($\mu = c/x$). Zagadnienie sprowadza się do oszacowania wartości średniej $\bar{\lambda}$ populacji metodą przedziałową ze współczynnikiem ufności $1 - \varepsilon$ w taki sposób, by maksymalny błąd szacunku nie przekroczył z góry danej liczby d .

A zatem liczebność próby n ustala się z wzoru :

$$n = \frac{t_\varepsilon^2 \bar{\lambda}^2}{d^2}$$

gdzie \hat{s} , wyznacza się z wzoru w p-cie 9.1, a t_e ma to samo znaczenie jak w p-cie 9.3. Ponadto przyjmuje się $d=0,1$, jako wystarczającą wielkość błędu dla wstępnego etapu normowania Csz, natomiast w kolejnych latach weryfikacji hipotezy dotyczącej ustalenia adekwatnego typu rozkładu populacji wielkość tę należy stopniowo zmniejszać, (np. o 0,02) aż do osiągnięcia $d=0,01$.

11. W związku z p-tem 6 należy zweryfikować hipotezę H_0 , że populacja generalna uszkodzeń (wymian) j-tej części ma rozkład typu Ω , tzn. $H_0 : F(\lambda) = \Omega$, gdzie λ jest parametrem intensywności uszkodzeń, a $F(\lambda)$ dystrybuantą hipotetycznego rozkładu populacji BST odpowiadających danej części. W celu weryfikacji powyższej hipotezy proponuje się zastosowanie testu zgodności χ^2 , korzystając przy tym z macierzy intensywności uszkodzeń, których elementy występują w macierzach sformułowanych w p-cie R.3-10.

11.1. Z hipotetycznego rozkładu Ω oblicza się dla każdej klasy $v(=1, \dots, n)$ wartości cechy λ_v prawdopodobieństwa p_v , że zmienna losowa λ_v o rozkładzie Ω przyjmie wartości należące do grupy o numerze v .

11.2. Z kolei mnożąc p_v przez liczebność całej próby z_v (danej klasy) otrzymuje się liczebności teoretyczne $z_v p_v$, które powinny wystąpić w grupie v , gdyby populacja miała rozkład typu Ω , tzn. gdyby hipoteza H_0 była prawdziwa.

11.3. Ze wszystkich liczebności empirycznych z_v oraz hipotetycznych $z_v p_v$ wyznacza się następnie wartość statystyki,

$$\chi^2 = \sum_{v=1}^n \frac{(z_v - \bar{z}_v)^2}{z_v p_v},$$

która przy założeniu prawdziwości hipotezy H_0 ma rozkład asymptotyczny χ^2 o $n-1$ stopniach swobody lub $n-b-1$ stopniach swobody, gdy z próby szacowano b parametrów rozkładu Ω metodą największej wiarygodności.

11.4. Przyjmując wg. 8 dwa typy rozkładów populacji, tj. normalny $(N(m, \sigma))$ i wykładniczy $(N(\lambda))$ oraz ustalony poziom istotności $\varepsilon = 0,05$ w pierwszym wypadku z tablicy rozkładu χ^2 odczytuje się dla $n-2-1$ stopni swobody, a w drugim dla $n-1$ taką wartość krytyczną χ^2 , by zachodziło $P\{\chi^2 \leq \chi_{\varepsilon}^2\} = \varepsilon$.

11.5. Wartość χ^2 , obliczoną wg. wzoru 11.3, porównać z wartością krytyczną χ_{ε}^2 :

11.5.1. Jeśli $\chi^2 \leq \chi_{\varepsilon}^2$ uznać hipotezę $H_0 : F(\lambda) \in \Omega_0$, że rozkład populacji jest typu (normalnego), jako tym bardziej wiarygodną im wartość χ^2 jest bliższa zeru. Następnie przystąpić do wyznaczenia odpowiednich parametrów tego rozkładu.

11.5.2. Jeśli $\chi^2 \geq \chi_{\varepsilon}^2$ to hipotezę należy odrzucić i przejść do hipotezy $H_0 : F(\lambda) \in \Omega_1$, gdzie Ω_1 jest rozkładem innego typu.

Aby upewnić się, w jakim stopniu odrzucenie hipotezy H_0 (dotyczącej rozkładu normalnego) jest związane z błędem pierwszego rodzaju, sprawdzimy czy poszukiwany rozkład nie jest rozkładem granicznym.

W tym celu można zastosować lokalne twierdzenie Moivre'a-Laplace'a. W odpowiedzi uzyska się prawdopodobieństwo tego, że w następnym roku sprawozdawczym (przy niezmiennych warunkach użytkowania i obsługi) średnie liczba uszkodzeń będzie w przybliżeniu taka sama jak w roku obliczeniowym.

12. Przyjęcie hipotezy o występowaniu typu rozkładu wykładniczego wymaga ponownego zastosowania testu zgodności χ^2 . Jako podstawową jednostkę pomiaru intensywności jednorazowego uszkodzenia (wymiany) części rodzaju j w jednym BST w ciągu roku, przyjmijmy prawdopodobieństwo:

$$p(z) = e^{-\lambda}, \quad \lambda = \frac{c}{z}$$

13. Zgodnie z wywoodem w R.2.3.7. zastosowanie uogólnionej funkcji gęstości prawdopodobieństwa pozwala w pewnym stopniu, zależnie od ustalonych nieujętych wartości parametrów k, η , określić niektóre rozkłady populacji z próby.

Wychodząc z charakterystyk rozkładów przytoczonych w R.2.3 do R.2.6. łatwo zauważyć, że $k = \frac{k}{2}$ jest połową liczby stopni swobody rozkładu χ^2 , natomiast η - parametrem formalnym rozkładu wynikającym z warunku jego normowania.

W ten sposób wystąpią następujące wypadki :

1. $\eta = k = 1$ - rozkład wykładniczy,
2. $\eta = 1, k = 2$ - rozkład Erlanga, jako szczególny wypadek rozkładu gamma,
3. $\eta = 1, k = \frac{m}{\beta} = \frac{my}{x}$ - rozkład gamma,
4. $\eta = k \neq 1$ - rozkład Weibulla,
5. $\eta = 1, k = \frac{u m}{2x}, u = \frac{2y}{\beta}$ - rozkład χ^2 ,
6. $\eta = k = 2$ - rozkład Reley'a.

Wzór na uogólnioną funkcję gęstości prawdopodobieństwa $f(x)$ przybiera postać podaną w R.2.3.7.

14. Ograniczając powyższy sposób podejścia do trzech głównych wypadków kształtowania się funkcji $f(x)$ w wieloletnim procesie normowania CzZ, za [15]^x / określimy dla każdej grupy i klasy na każdym poziomie :

1. wartość chwilową funkcji niezawodności $R(\lambda)$ oraz przedziały ufności :

$$R(\lambda) = \frac{z}{z+c}$$

$$\bar{R}(\lambda; \epsilon) = \frac{1}{1 + \lambda F_{\epsilon}(2c, 2z)} ; \bar{R}(\lambda; \epsilon) = \frac{F(2z, 2c)}{\lambda + F_{\epsilon}(2z, 2c)}$$

gdzie wartości $F(\cdot)$ pobiera się z tablic rozkładu Smedecorn ;
względnie :

x/Takie podejście proponują również autorzy "Dodatku" do [3] .

2. wartość chwilową funkcji wiążącej $\lambda(c, z)$ i odpowiadające jej przedziały ufności :

$$\lambda(c, z) = \frac{c}{z} ,$$

$$\underline{\lambda}(c, z ; \varepsilon) = \frac{\chi^2_{1-\varepsilon, 2c}}{2z} , \quad (\bar{\lambda}(c, z ; \varepsilon) = \frac{\chi^2_{\varepsilon, 2c}}{2z} ,$$

gdzie wartość $\chi^2(\cdot)$ pobiera się z tablic rozkładu χ^2 jeśli $2c \leq 30$, bądź dla $2c > 30$ należy przejść do dystrybucyj rozkładu normalnego ;

3. przybliżoną ocenę przedziałów ufności dla chwilowej wartości funkcji niezawodności :

$$\underline{R}(c, z ; \varepsilon) = \exp(-\bar{\lambda}(c, z ; \varepsilon)) , \quad \bar{R}(c, z ; \varepsilon) = \exp(-\underline{\lambda}(c, z ; \varepsilon))$$

Powyższe wypadki w zasadzie odpowiadają przyjętym założeniom dotyczącym występowania względnie dużych liczebności elementów w próbach oraz względnie wysokiej niezawodności tych elementów. Ponadto każda wymiana części uszkodzonej na nową nie wpływa na zmianę ogólnej niezawodności danego egzemplarza BST.

4. Zgodnie z wywodem w R.2.4, gdzie wieloletni proces normowania CzZ traktuje się jako jednorodny proces Markowa, odpowiadająca mu funkcja niezawodności części zamiennej w grupie $\kappa (=1, \dots, s)$ j-tego rodzaju przyjmie postać :

$$R(\lambda) = \left(\frac{z_{\kappa}}{a} + c_{\kappa} \right) \cdot \exp(-a\lambda) ,$$

gdzie a jest współczynnikiem stanu rezerwy. Wychodząc z założeń struktury systemu zaopatrzenia, wydaje się że z punktu widzenia jednorocznego planowania zapasów bezpiecznym będzie stosowanie współczynnika $a=1$ (t.zw. rezerwę "gorącą"), czyli :

$$R(\lambda) = (z_{\kappa} + c_{\kappa}) \cdot e^{-\lambda} .$$

Stąd wartość oczekiwana ilości wymian części j-tego rodzaju w danej grupie κ wyniesie :

$$\bar{c} = (z_{\kappa} + c_{\kappa}) (1 - e^{-\lambda}) .$$

5. Z kolei, po zeumowaniu odpowiednich wartości \bar{c} dla klas i poziomu "0", otrzymana się wartość oczekiwaną liczby wymian j-tej części w najbliższym okresie (np. roku), na który należy zaplanować dostawę tej części do magazynów w poszczególnych ogniwach zaopatrywania.

Jeśli rozpatrywany rodzaj CzZ występuje w typie lub typach broni znajdującej się na wyposażeniu jednostek (najczęściej pododdziałów ochrony) występujących na pozostałych poziomach, należy dla każdego poziomu przeprowadzić analogiczne obliczenia.

Normę jednostkową CzZ danego rodzaju (j) otrzymana się jako iloraz obliczonej wartości oczekiwanej (\bar{c}_{j_0}) ilości wymian j-tej części w BST użytkowanych na poziomie "0" do ilości wszystkich tego rodzaju części występujących w tych BST.

Normę jednostkową obliczoną dla poziomu "0" należy przyjąć jako podstawową miarę oceny sprawności użytkowanych rodzajów i typów BST. Stanowią one bowiem główną populację o liczebności wielokrotnie przekraczającej odpowiednie populacje na pozostałych poziomach struktury systemu zaopatrzenia.

Normę tę należy przynajmniej raz w roku kontrolować mając na uwadze zarówno zmiany ilości BST w OG, COG i SOG (np. wskutek zwiększenia intensywności użytkowania BST i wzrost ilości uszkodzeń części wymiennych, fizyczne starzenie się BST, zmiany w technologii systemów obsługi itp.

4.2. ALGORYTM MODELU A - I

Krok 1. Ustalić podlegający normowaniu CzZ rodzaj i typ podstawowy BST należący do podgrupy A-I (np. poczynając od nr.1 na odpowiedniej ich liście ($\{S\}$, $\{A\}$ lub $\{R\}$) - (por.R.3 - 1.2).

Krok 2. Ustalić podlegający normowaniu rodzaj (asortyment) CzZ należący do ustalonego (w p-cie 1) typu BST ; np. poczynając od nr.1 na odpowiedniej liście CzZ, tj. $j=1$, czyli np. $s_{\infty}=5, j=1$; ustalić ilość (v) sztuk tego asortymentu CzZ w jednym egzemplarzu BST wybranego typu (por.R.3-3.1).

Krok 3. Ustalić czy wybrany asortyment CzZ występuje również w innych typach BST danego rodzaju (wg. R.3-8.2) ; jeśli tak wymienić je określając przy tym ilość (v) sztuk w jednym egzemplarzu każdego z tych typów BST.

Krok 4. Ustalić listy jednostek organizacyjnych (oddzielnie dla każdego poziomu), w których występują typy BST wyróżnione w kroku 1 i 2 oraz dla każdej jednostki organizacyjnej - średni stan ewidencyjny egzemplarzy typów BST na koniec określonego okresu sprawozdawczego (np. w końcu każdego roku kalendarzowego).

Krok 4.1. Jeśli w ciągu roku ilość BST w rozpatrywanej jednostce zmieniały się, a różnica między stanem największym i najmniejszym przekroczyła 10% w stosunku do stanu największego, obliczyć dla tej jednostki średnią arytmetyczną stanu BST ; w wypadkach gdy różnica była mniejsza od 10% - przyjąć ilość największą.

Krok 5. Ustalić jakie ilości BST typów wyróżnionych w kroku 1 miały jednostki (zestawione na liście wg. kroku 4) przy końcu roku kalendarzowego w naprawie bieżącej i renowacji oraz poza jednostką, np. wskutek wyjazdów żołnierzy itp. Wykonać odpowiednie zestawienie tych danych.

Krok 6. Wykonać zestawienie zbiorcze dla danych w krokach 4, 4.1 i 5.

Krok 7. Analogiczne zestawienia danych (wg. kroków 4, 5 i 6) wykonać kolejno dla poziomów 0, 1, 2 i 3, a następnie odpowiednie kolumny zsumować w celu ustalenia liczebności dwóch populacji generalnych : 1^o egzemplarzy wyróżnionych typów BST (kroki 2 i 3) oraz 2^o odpowiadającej im j-tej części wymiennej.

Krok 8. Jednostki (OG, SOG, i COG) z list wg. kroków 4 i 7 (oddzielnie dla każdego poziomu) pogrupować na n klas rozłącznych (por. R.3-5), odpowiadających poszczególnym poziomom ; np. dla poziomu "0" należy ustalić listę klas $v=1, \dots, n_0$, mając na uwadze :

- 8.1. charakter działań (przeznaczenie) jednostek ;
- 8.2. warunek, aby łączna ilość egzemplarzy broni (każdego z rozpatrywanych typów) w jednostkach ustalonych na liście (krok 4) każdej klasy nie powinna być mniejsza niż 80 egzemplarzy, w przeciwnym wypadku należy odpowiednie jednostki łączyć ;
- 8.3. ilość klas n_v ($v=1, \dots, n_0, n_1, n_2, n_3$) na każdym poziomie nie powinno przekraczać $n_v \leq 30$, tj. maksymalnej liczby stopni swobody w tablicy rozkładu χ^2 .

Krok 9. Wykonać zestawienia zbiorcze według klas (rozpatrywanego poziomu) nominalnych ilości z_j części wymiennych danego asortymentu, tj. odpowiadających sumie końcowej uzyskanej w kroku 6, czyli $\chi_j^{\beta'}$, tj. dla ustalonego rodzaju j w każdej grupie $\alpha = 1, \dots, s$ i klasie $v=1, 2, \dots, n_0(n_1, n_2, n_3)$.

Krok 10. Na podstawie programu "Proces" dla każdej jednostki organizacyjnej (wg. zestawień w kroku 4 i 5) ustalić ilość sztuk c_j j-tego rodzaju części wymiennej, która w ciągu ubiegłego roku została użyta na wymianę uszkodzonych lub uzupełnienie zagubionych mając na uwadze, że zestaw indywidualny (jeśli występuje) wszelkich

części wymiennych dla każdego egzemplarza broni powinien być w pełni skompletowany.

Krok 11. Dla każdej pary z_j, \hat{c}_j w klasie o numerze $v (=1, \dots, n_0)$ obliczyć średnią arytmetyczną λ_j intensywności uszkodzeń rozpatrywanej (j-tej) części wymiennej, t.j. $\lambda_j = \hat{c}_j / x_j$.

Według R.3-10 opracować macierze λ korzystając z wielkości w p-tach 9 i 10. Zestawić obliczone wartości λ_j i $\bar{\lambda}_j$ dla poszczególnych klas (na każdym poziomie).

Krok 12. Każdą klasę (na każdym poziomie) części rodzaju j podzielić wstępnie na s grup (warstw) ($\kappa = 1, \dots, s$), kierując się zestawieniem BST wg. jednostek organizacyjnych. Praktycznie s może wynosić od 6 do 10. W celu ułatwienia dalszych porównań grup ich ilość (1) powinna być jednakowa dla wszystkich klas i poziomów, przy czym przy doborze ilości części w grupie należy korzystać z listy jednostek organizacyjnych (z kroku 4) i ilości egzemplarzy BST występujących w tych jednostkach.

Wykonać zestawienie zbiorcze ilości części j-tego rodzaju wg. grup, klas i poziomów, oznaczając :

- $z_{j\kappa v}$ - liczebność części j-tego rodzaju występująca we wszystkich BST użytkowanych w κ -tej grupie v -tej klasy jednostek organizacyjnych,
- z_{jv} - liczebność części j-tego rodzaju w BST zaliczanych do klasy v ,
- $Z_{j0, \dots, 3}$ - liczebność części j-tego rodzaju w BST występujących na poziomie "0", ..., "3".

Krok 13. Każdej wielkości $z_{j\kappa v}, z_{jv}, Z_{j0, \dots, 3}$ ($\kappa = 1, \dots, s$; $v = 1, \dots, n$) na każdym poziomie przyporządkować (wg. zestawienia w kroku 10) odpowiednio liczebności części wymienionych na nowe w ubiegłym okresie sprawozdawczym, t.j. ustalić wielkości:

- $c_{j\kappa v}$ - liczebność części j-tego rodzaju w grupach $\kappa (=1, \dots, s)$ klasy $v (=1, \dots, n_0, \dots, n_3)$,

- c_{jv} - liczebność części j-tego rodzaju w klasie v ,
- c_j - liczebność części j-tego rodzaju na poziomach $0, 1, 2, 3$.

Dla każdej grupy, klasy i poziomu wykonać zestawienie zbiorcze wg. danych z kroku 11 i 12, łącząc je parami (np. $z_{j\kappa v}$ i $c_{j\kappa v}$).

Dla każdej pary ($c_{j\kappa v}$, $z_{j\kappa v}$) obliczyć intensywność wymian uszkodzonej części j-tego rodzaju.

Krok 14. Według R.4.1-10 obliczyć minimalne lecz jednakowe ilości s_0 prób (grup) dla każdej populacji w klasie $v (=1, \dots, n)$ przyjmując za podstawę obliczeń parametr λ ; zastosować wzory :

$$n = \frac{t_\varepsilon^2 \hat{\sigma}_\lambda^2}{d^2}, \quad \hat{\sigma}_\lambda = \sqrt{\frac{1}{s_0 - 1} \sum_{\kappa=1}^{s_0} (\lambda_\kappa - \bar{\lambda}_v)^2}$$

gdzie s_0 jest ilością prób przyjętą wstępnie, λ_κ wynikiem próby, $\bar{\lambda}_v$ - wartością średnią przy s_0 , $\hat{\sigma}_\lambda$ - odchyleniem standardowym z próby. a t_ε - wartość zmiennej t Studenta, odczytana z tablicy tego rozkładu dla $s_0 - 1$ stopni swobody, tak aby dla 1- została spełniona relacja $P\{-t_\varepsilon < t < t_\varepsilon\} = 1 - \varepsilon$; d jest wskaźnikiem maksymalnego błędu, który w danym wypadku przyjmujemy $d \leq 10\%$.

Krok 15. Zgodnie z R.4.1-11 zastosować test sumy rang do sprawdzenia hipotezy, że wszystkie próby pochodzą z tej samej populacji generalnej -tej części wymiennej w BST użytkowanych na danym poziomie, tzn. : $H_0 : F_1(\lambda) = F_2(\lambda) = \dots = F_k(\lambda)$.

W związku z tym :

- 15.1. Uporządkować wyniki λ (intensywności z próby) wszystkich prób i wszystkich klas według ich wartości wzrastających.
- 15.2. Każdemu wynikowi prób (na ogólną ich liczbę $n = \sum n_v$) nadać rangę (numer kolejny) od 1 do n . Jeśli wystąpią wypadki jedno

kowych wyników, nadać każdemu z nich rangę średnią z mających kolejno nastąpić rang.

15.3. Dla wyników w każdej klasie obliczyć sumy rang V ($v=1, \dots, n$)

15.4. Na podstawie sum rang obliczyć charakterystykę χ^2 według wzoru w R.3 - 7.

15.5. Z tablicy rozkładu χ^2 dla poziomu istotności $\varepsilon=0,05$ i $k-1$ stopni swobody odczytać wartość krytyczną χ^2_{ε} . Mogą wystąpić dwa wypadki :

15.5.1. jeśli $\chi^2 \leq \chi^2_{\varepsilon}$ brak podstaw do odrzucenia hipotezy H_0 , to też w dalszych obliczeniach traktować populacje z wszystkich klas jako jedną populację generalną :

15.5.2. jeśli $\chi^2 > \chi^2_{\varepsilon}$ hipotezę H_0 należy w zasadzie odrzucić, zwłaszcza gdy liczba klas jest mniejsza od 3. Jeżeli liczba klas jest większa od 3 można dodatkowo sprawdzić czy dla niektórych z nich jest spełniony warunek 14.5.1. Jeśli zostanie spełniony traktować te klasy (wybrane) jako jedną populację, a pozostałe trz rozpatrywać jako odzienne.

W ten sposób każda grupa populacji będzie miała właściwy sobie rozkład.

Krok 16. Obliczyć dla każdej klasy i poziomu wartości średnią i odchylenia standardowe z próby: 1° populacji części wymienianych j-tego rodzaju (w BST użytkowanych), 2° populacji części uszkodzonych (wymienionych, 3° wynikających stąd intensywności uszkodzeń.

Zgodnie z ustalaniem w założeniach podstawowych (R.3-10) ustalić, który z poniższych dwóch wypadków ma miejsce :

16.1. j-ta część wymienna występuje w typie lub typach BST należących tylko do jednej klasy (na rozpatrywanym poziomie).

16.2. j-ta część występuje w typie lub typach BST należących do dwóch lub więcej klas na danym poziomie.

Wypadek 16.1. wystąpi najczęściej na poziomach "1", "2", i "3", gdzie BST służy głównie do ochrony składnic, magazynów, warsztatów i tp. Mając na uwadze możliwość znacznego zróżnicowania liczebności uszkodzeń danej części w różnych jednostkach, wydaje się korzystniejsze obliczanie powyższych wartości średnich z próby w oparciu o rozkład graniczny, tj. stosując wzory wg. R.4.1-9.2 .

W wypadku 16.2. dla uzyskania dokładnego rozkładu statystyki (\bar{z}) wartości średniej można stosować wzory z R.4.1-9.1 .

Krok 17. Dla każdego z obu wypadków (tj. 16.1 i 16.2) ustalić końce przedziału ufności, który z prawdopodobieństwem 0,95 pokrywa prawdziwe wartości średnie \bar{z} i \bar{c} rozpatrywanych populacjach generalnych j-tej części wymieniającej, występującej w BST użytkowanych i uszkodzonych. Obliczenia wykonać wg. wzorów z R.4.1 - 9.3.

Krok 18. Z kolei, na podstawie wzoru z R.4.1-9.4, należy obliczyć przedziały ufności dla wariancji σ^2 populacji z_v i c_v w poszczególnych klasach.

Krok 19. Według ustaleń modelowych w R.4.-11. zastosować test zgodności χ^2 do sprawdzenia hipotezy $H_0 : F(\lambda) = \Omega$ na podstawie danych obliczonych w kroku 12 (dot. zestawienia λ_x i $\bar{\lambda}_v$ oraz z_v) i 13 (dot. $(\lambda_x - \bar{\lambda}_v)$), czyli dla każdej klasy $v(=1, \dots, n)$ wykonać następujący ciąg obliczeń :

19.1. obliczyć standaryzowane wartości λ_x ($x=1, \dots, s$) według

wzoru :

$$u_x = \frac{\lambda_x - \bar{\lambda}_v}{\mathfrak{J}_\lambda}$$

przy czym i_v pobrać z kroku 12, a \mathfrak{J}_λ obliczyć wg. wzoru :

$$\mathfrak{J}_\lambda = \sqrt{\frac{1}{s} \sum_{x=1}^s (\lambda_x - \bar{\lambda}_v)^2}, \quad v = 1, \dots, n .$$

19.2. Z tablic dystrybuanty rozkładu normalnego odczytać dla każdego u_x ($x=1, \dots, s$) wartość $F(\lambda)$.

19.3. Z kolei oblicza się p_x , aby dla każdego $x (=1, \dots, s)$ otrzymać statystykę :

$$\chi^2_v = \frac{(z_x - zp_x)^2}{zp_x},$$

których sumę $\chi^2 = \sum_{v=1}^n \chi^2_v$ należy porównać z wartością χ^2_ϵ z tablicy rozkładu χ^2 dla $n - b - 1$ stopni swobody i $\epsilon = 0,05$.

19.3.1. Jeśli $\chi^2 \leq \chi^2_\epsilon$ przejść do uściślenia parametrów rozkładu normalnego i wynikającej z nich oceny normy CEZ.

19.3.2. Jeśli $\chi^2 > \chi^2_\epsilon$ wysunąć hipotezę $H_0 : F(\lambda) \in \Omega_1$ o przyjęciu typu rozkładu wykładniczego po uprzedniej ocenie charakterystyki rozkładu granicznego (krok 20).

Krok 20. Ponieważ (wg. R.4.1. - 11.5.2) populacje klas mają rozkłady odmienne od normalnego, a przy tym - a priori nieznanne, z kolei sprawdzimy, czy poszukiwany rozkład nie jest rozkładem granicznym. W tym celu można zastosować lokalne twierdzenie Moivre'a - Laplace'a :

$$P \{ Z = C \} = \frac{1}{\sqrt{2Z \lambda (1-\lambda)}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left(- \frac{(C - Z \lambda)^2}{2Z \lambda (1-\lambda)} \right)$$

do którego wystarczy wprowadzić dane dotyczące łącznie wszystkich klas na danym poziomie.

Krok 21. Wg. R.4.1.- 12 dla każdej próby w każdej klasie obliczyć prawdopodobieństwo $p = e^{-\lambda x}$ uszkodzenia rozpatrywanej (i-tej) części w jednym egzemplarzu BST (w ciągu roku). Podstawiając otrzymane wartości do wzoru :

$$\chi^2 = \sum_{x=1}^s \frac{(z_x - zp_x)^2}{zp_x},$$

a następnie porównując z wartością χ^2_ϵ ($\epsilon=0,05$) przy $k - b - 1$ stopniach swobody otrzymamy odpowiedź o przyjęciu, bądź odrzuceniu hipotezy, że rozkład populacji jest wykładniczy, a mianowicie :

21.1 . jeśli $\chi^2 \leq \chi_{\epsilon}^2$ hipotezę należy przyjąć i kontynuować obliczenia normy CzZ w oparciu o charakterystyki rozkładu wykładniczego.

21.2. jeśli $\chi^2 > \chi_{\epsilon}^2$ hipotezę odrzucić i przejść do kroku 22 w celu zastosowania rozkładu uogólnionego.

Krok 22 . Według R.4.1. - 14 dla każdej grupy i klasy zastosować jeden z dwóch sposobów obliczeń, tj. według rozkładu χ^2 czyli

1. wartości chwilowe funkcji wiodącej $\lambda(c, z)$ oraz przy $\epsilon = 0,05$ przedziały ufności ($\underline{\lambda}(c, z; \epsilon)$, $\bar{\lambda}(c, z; \epsilon)$) (korzystając z wzoru dla rozkładu χ^2 przy $c > 30$ należy uwzględnić właściwość (wg. R.A. Fishera), że dystrybuanta zmiennej losowej o rozkładzie χ^2 dąży do dystrybuanty rozkładu normalnego) ;

2. wartości oczekiwane ilości wymian danej części (w grupie) : względnie, korzystając z rozkładu F-Snedecora, ustalić :

3. wartość chwilową funkcji niezawodności $R(\lambda)$ oraz właściwe dla niej przedziały ufności ($\underline{R}(c, z; \epsilon)$, $\bar{R}(c, z; \epsilon)$) oraz

4. wartość oczekiwaną liczby wymian :

$$\bar{c}_x = (z_x + c_x)(1 - e^{-\lambda})$$

Krok 23. Zsumować wyniki c_v ($v=1, \dots, n$) według sklas danego poziomu, a następnie podzielić przez liczbę egzemplarzy (Z) tej części w BST użytkowanych na tym poziomie.

Ustalić dla otrzymanego wyniku przedział ufności.

Krok 24 . Sprawdzić czy rozpatrywany typ (lub typy) BST, w których występuje część wymienna j-tego rodzaju jest użytkowany w jednostkach organizacyjnych na pozostałych poziomach struktury systemu zaopatrzenia.

Jeśli tak - dla każdego z tych poziomów przeprowadzić analogiczne obliczenia jak w krokach od 1 do 23 .

Krok 25. Przyjmując wynik otrzymany w kroku 23 jako podstawowy sprawdzić, czy analogiczne na poziomach 1,2 i 3 nie są od niego większe.

Jeśli taki wypadek wystąpi oznacza to, że BST użytkowane na tym poziomie wykazują większą intensywność uszkodzeń danej części i w związku z tym należy jedynie przewidzieć lokalne zwiększenie normy.

Jeśli wyniki są mniejsze - uznać wynik podstawowy (z kroku 23) jako normę jednostkową części zamiennej j-tego rodzaju, obowiązującą w procesie planowania potrzeb na CzZ w roku następnym na wszystkich poziomach.

Przykład liczbowy dotyczący zastosowania powyższego algorytmu zawiera załącznik nr. 3 .

4.3. ALGORYTM MODELU A - II

Ogólne założenia formalne dla modelu normowania CzZ występujących w sprzęcie o działaniu informacyjnym (noktowizory i sprzęt optyczno-mierniczy) w zasadzie nie odbiegają od przytoczonych dla modelu A-I. Istotne różnica między nimi sprowadza się głównie do odmiennego charakteru niesprawności wynikających z nieporównywalnie większej wrażliwości na uszkodzenia mechaniczne oraz większego uzależnienia od kwalifikacji obsługi, zwłaszcza w zakresie regulacji tych urządzeń i ich bieżącej konserwacji.

Ze względu na szczególne przeznaczenie można przyjąć, że urządzenia te będą użytkowane bieżąco tylko w OG (SOG, COG) na poziomie "0". Jeśli nawet niektóre ich typy znajdują się na wyposażeniu pododdziałów ochrony magazynów, składnic, batalionów remontowych itp. to w ilości stosunkowo nieznacznej i bez istotnego wpływu na wielkość normy podstawowej obliczanej dla poziomu "0" .

Analogicznie jak w wypadku modelu A-I , proces normowania każdego rodzaju części traktowanej jako wymienna, przebiega w sposób ciągły aż do roku poprzedzającego wycofanie danego sprzętu z eksploatacji. Proces ten polega na stałym uaktualnianiu typu rozkładu prawdopodobieństwa wymian danej części, których intensywność może wahać

się w nieokreślonych a priori granicach, a przy tym zależy od zmian w programach szkolenia wojsk, warunków użytkowania sprzętu, technologii obsługi i konserwacji, polityki renowacyjnej starzejącego się sprzętu itp.

Poniższe założenia podstawowe dla rozpatrywanego modelu i algorytmu normowania CzZ uzupełniają założenia podane w R.3 .

1. Dane liczbowe dotyczące stanów ilościowych sprzętu typów $\{O\}$ i $\{N\}$ w $OG(SOG, COG)$ i ilości wymian części powinny dotyczyć całego ubiegłego okresu sprawozdawczego (np. roku), a nie jego części. Jeżeli ewidencja danego rodzaju części obejmuje kolejne dwa lata lub więcej, to w celu ich spożytkowania w procesie normowania można :
 - (•) uśrednić liczebności stanów, jeśli odpowiadają regule "trzech sigma" ,
 - (••) traktować te liczebności niezależnie, jeśli nie spełniają tej reguły.
2. Jeśli wyróżniony rodzaj CzZ występuje w więcej niż jednym typie sprzętu, przyjęć że ich liczebności stanowią, w obszarze klasy do której zostały przyporządkowane, jednolitą populację generalną, a intensywność wymian części opisuje odpowiedni dla tej klasy rozkład prawdopodobieństwa.

Nie naruszając ogólnego toku postępowania stosowanego w algorytmie modelu A-I w niniejszym algorytmie zostaną w prowadzone pewne uproszczenia proceduralne w zakresie identyfikacji grup statystycznych i sposobu sformułowania rozkładu prawdopodobieństwa wymian danej części.

Krok 1. Wyróżnić typ sprzętu i rodzaj części wymiennej podlegającej normowaniu. Sprawdzić czy wybrany rodzaj części występuje w innych (podobnych) typach sprzętu. Ustalić nominalną ilość sztuk tej części w jednym egzemplarzu każdego o powyższych typów sprzętu (urządzenia).

Krok 2. Ustalić listę OG(SOG,COG) w których są użytkowane wyróżnione typy sprzętu oraz ilość egzemplarzy każdego z nich, Dla każdego OG obliczyć ogólną ilość sztuk wyróżnionego rodzaju części.

Jeśli ilość sztuk danego typu sprzętu użytkowanego w OG w ciągu ubiegłego okresu sprawozdawczego zmieniała się w granicach przekraczających 10% stanu średniego, przyjąć do obliczeń wartość średnią, jeśli natomiast wahania były mniejsze przyjąć wypadek największej liczności.

Krok 3. OG(SOG,COG) podzielić na szereg klas według rodzajów broni i służb, z tym jednak aby każda klasa była również funkcjonalnie związana z określonym Okręgiem Wojskowym bądź podporządkowaniem centralnym.

Krok 4. Każdą klasę podzielić na jednakową ilość grup nie mniej niż 8, mając na uwadze aby ogólna liczebność części w grupie była nie mniejsza niż 80. W wypadku gdy w pewnych OG będą ilości mniejsze należy takie jednostki łączyć nie naruszając struktury klasowej.

Krok 5. Dla każdej grupy $(=1, \dots, s)$ w klasie $v(=1, \dots, n)$ określić ilość wymian c_j części rodzaju j w ciągu ubiegłego roku oraz w stosunku do średniej liczebności z_j tych części w sprzęcie użytkowanym obliczyć intensywność wymian : $jv = c_j / z_j$.

Krok 6. Obliczyć średnią intensywność wymian w klasie :

$$jv = \frac{1}{s} \sum_{j=1}^s jv$$

oraz średnią intensywność wymian dla wszystkich klas :

$$j = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n jv$$

Krok 7. Według R.4.1.-10 sprawdzić czy przyjęta w kroku 4 ilość $s=s_0$ grup (prób) w populacji klasy $v(=1, \dots, n)$ spełnia warunek ich niezbędnej liczebności minimalnej.

Obliczyć :

$$\hat{\sigma}_v = \sqrt{\frac{1}{s_0 - 1} \sum_{x=1}^{s_0} (\lambda_x - \bar{\lambda}_v)^2}, \quad \mathfrak{a} = \frac{t_\epsilon^2 \hat{\sigma}_v^2}{d^2}$$

przyjmując : współczynnik ufności $\epsilon = 0,05$, a maksymalny błąd szacunku $d \leq 10\%$, natomiast t_ϵ jest wartością zmiennej t Studenta pobieraną z tabeli tego rozkładu.

Jeśli $s \leq s_0$ przejść do kroku 7 a.

Jeśli $s > s_0$ wrócić do kroku 4 gdzie zwiększyć odpowiednio s_0 , a następnie w kroku 5 ponownie obliczyć λ_{jv} .

Krok 7a. Sprawdzić hipotezę, że grupy tworzące klasę należą do tej samej populacji. Według R.4.1 - 11 zastosować test sumy rang według procedury podanej w algorytmie modelu A - I krok 15. Mogą wystąpić wypadki :

7.1 : $\chi^2 < \chi^2_{\epsilon=0,05}$ - brak podstaw do odrzucenia hipotezy dotyczącej klasy $v (=1, \dots, n)$ - przejść do kroku 8 ;

7.2 : $\chi^2 > \chi^2_{\epsilon=0,05}$ - hipotezę dotyczącą danej klasy odrzucić (a tym samym wybrać dla tej populacji inny typ rozkładu niż poprzednio); przejść do kroku 8.

Krok 8. Według R.4.1 - 9.2 obliczyć dla grup i klas wartości średnie $\bar{c}_x, \bar{z}_x (x=1, \dots, s), \bar{c}_v, \bar{z}_v (v=1, \dots, n)$ oraz $\bar{\lambda}_x, \bar{\lambda}_v$, a następnie odpowiadające im odchylenia standardowe.

Krok 9. Według R.4.1 - 9.3 określić końce przedziałów ufności (przy $\epsilon = 0,05$) dla $\bar{c}_x, \bar{z}_x, \bar{c}_v, \bar{z}_v$.

Według R.4.1 - 9.4 określić końce przedziałów ufności dla wariancji odpowiadających odchyleniom standardowym z kroku 8.

Krok 10. Sprawdzić czy przedział ufności dla $\bar{c}_{xv}, \bar{z}_{xv}, \bar{\lambda}_{xv}$ danej klasy obejmuje przedziały ufności tworzących ją grup.

Jeśli - tak - przejść do kroku 11.

Jeśli - nie - zmienić układ grup w klasach, tzn. wrócić do kroku 4.

Krok 11. Aby zmniejszyć możliwość popełnienia błędu pierwszego rodzaju w wypadkach kroku 7.1 i 7.2, zbiorowości grup i klas każdego z nich rozpatrzyć w relacjach rozkładu normalnego.

W związku z tym (por. procedura w kroku 19 algorytmu dla A-I) - obliczyć oddzielnie dla wypadków 7.1 i 7.2 (w kroku 7) standaryzowane wartości λ_x ($x=1, \dots, s$), oraz statystyki χ^2 , które z kolei porównać z wartością $\chi^2_{\epsilon}=0,05$ pobraną z tablic rozkładu χ^2 dla $n-1$ (lub $n-b-1$) stopni swobody (por. R.4.1-11).

Mogą wystąpić 2 wypadki :

11.1 : $\chi^2 \leq \chi^2_{\epsilon}$ wtedy przejść do oszacowania λ_j według rozkładu normalnego (por. R.2-3.2) lub logarytmiczno-normalnego (R.2-3.1).

11.2. : $\chi^2 > \chi^2_{\epsilon}$ - przejść do oszacowania λ_j według jednego z typów rozkładu wykładniczego (R.2 - 3.3 - 3.6), wybierając go spośród wypadków wyróżnionych w R.2 - 13 .

Dla wybranego rozkładu obliczyć właściwe mu charakterystyki, a przede wszystkim :

- wartość średnią intensywności wymian części,
- odchylenie standardowe i wariancję,
- prawdopodobieństwo wystąpienia wartości średniej,
- przedział ufności dla prawdopodobieństwa wystąpienia wartości średniej,
- przedział ufności dla wariancji.

Przejdź do kroku 13 .

Krok 12. Do czasu uzyskania danych co najmniej z trzech kolejnych lat normowania stosować rozkład uogólniony według R.4.1 - 14, obliczając dla każdej grupy (na podstawie właściwej jej średniej intensywności wymian λ_{jx}) :

- wartość chwilową funkcji niezawodności,
- wartość chwilową funkcji wiodącej,
- przybliżone wartości przedziałów ufności dla wartości funkcji niezawodności.

- wartość oczekiwaną ilości wymian w następnym okresie.

Krok 13. Zsumować wartości średnie \bar{c}_{jx} według klas $v(=1, \dots, n)$ i dla całego poziomu "0", a następnie podzielić przez wartość oczekiwaną liczby CzZ występujących we wszystkich egzemplarzach danego typu (lub typów) sprzętu.

Wartość ilorazu przyjąć jako normę jednostkową części zamiennej rodzaju j na najbliższy okres (rok).

5. NORMATYWY MAGAZYNOWE CZĘŚCI ZAMIENNYCH

I ICH RACJONIZACJA

Oszacowanie normy jednostkowej CzZ, oparte na najbardziej prawdopodobnej wartości średniej intensywności uszkodzeń (wymian) w ustalonym okresie (np. w ciągu roku) nie uwzględnia szeregu czynników wpływających na sprawność systemu obsługi BST, a przede wszystkim :

1. ponija możliwość wystąpienia ponadplanowych zapotrzebowań ilościowych na CzZ, przekraczających ustaloną normę jednostkową, np. wskutek zwiększenia intensywności użytkowania BST, ukrytych wad technicznych spowodowanych podczas produkcji CzZ itp. ;
2. wielkości (gabarytu, ciężaru) i stopnia wrażliwości CzZ na uszkodzenia mechaniczne w czasie transportu ;
3. wielkości powierzchni magazynowych w składnicach na poszczególnych poziomach, przystosowanych do przechowywania takiej ilości CzZ , która z empirycznie ustalonym prawdopodobieństwem pokryje potrzeby użytkowników BST w czasie ustalonym technologicznie na wymianę danej części i przy minimalnym koszcie dowozu tej części do naprawionego urządzenia lub odwrotnie.

Ostatni warunek odgrywa istotną rolę w procesie racjonalnego gospodarowania częściami zamiennymi, a ponadto wpływa w sposób zasadniczy na stan techniczno-bojowy BST w jednostkach, a tym samym i ich gotowość bojową.

Przyjmując, że pierwszy z powyższych warunków może wystąpić sporadycznie, jako wypadek szczególny, którego nie można a priori określić w kategoriach prakseologicznych, pominiemy jego wpływ na ustalenie wielkości normatywów magazynowych CzZ, podobnie jak i drugi warunek, jakkolwiek pośrednio jest on związany z warunkiem 3.

Warunek 3 można uznać jako podstawowy dla dalszych rozważań dotyczących ustalania normatywów magazynowych, jednak przy uzupełniającym założeniu, że wielkość powierzchni magazynowej i średnie odległości (lub średni koszt) dostaw CzZ do użytkowników (lub warsztatów remontowo-naprawczych), będzie pochodną ich potrzeb wyrażonych normatywnie w stosunku do określonego ogniwa zaopatrzenia. Inaczej mówiąc, powierzchnia magazynu powinna odpowiadać normatywom magazynowym dla każdego rodzaju CzZ przeznaczonym do obsługi technicznej urządzeń (BST) u określonych użytkowników.

Wielkość normatywu magazynowego danej CzZ odzwierciedla bowiem :

- a) ilość użytkowanej (na danym poziomie, a głównie - poziomie "0") BST w których dana część występuje,
- b) podział jednostek organizacyjnych (OG, SOG, COG) na klasy,
- c) intensywność wymian w poszczególnych klasach (R.3 - 5) ,
- d) odległość OG od magazynu (warsztatów remontowo-naprawczych) bądź koszt transportu CzZ do BST (lub odwrotnie do warsztatu) i
- e) możliwości (zakres) obsług technicznych dokonywanych w warsztacie OG(SOG, COG).

Niezależnie od powyższych czynników wielkość normatywu magazynowego wynika również od stosowanej metody dystrybucji w poszczególnych ogniwach zaopatrzenia (zał. nr.2 i R.3.4).

W dotychczasowej praktyce gospodarowania CzZ stosuje się różne sposoby dystrybucji, a m.in. :

1. dostarczanie CzZ (o stałej wartości) w różnych ilościach w kolejnych (ustalonych) okresach czasu, tj. bez zgłaszania potrzeb ;
2. uzupełnianie stanu CzZ w magazynie (niższego szczebla) okresowo do poziomu określonego dyrektywnie ;
3. dostarczenie CzZ w stałych ilościach z chwilą osiągnięcia pewnego poziomu krytycznego określonego dyrektywnie ;
4. uzupełnianie CzZ do poziomu maksymalnego w chwili gdy ich zapasy osiągną poziom krytyczny.

Sposób 1 stosuje się wówczas, gdy nie istnieją wystarczająco uzasadnione normy techniczne eksploatacji i normy zużycia CzZ. Czasem realizuje się tym sposobem zapotrzebowanie jednostek remontowych w zestawy CzZ, niezależnie od zużywania zestawów posiadanych na składzie.

Sposób 2 stosuje się najczęściej w jednostkach, które nie mają zapasów nienaruszalnych. Zapasy uzupełnia się zwykle raz na rok lub na półroku po dokonaniu bilansu stanów magazynowych oraz w wyniku analizy planu eksploatacji i norm zużycia. Procedura ta jest bardzo precyzyjna (dotyczy bowiem kulkunestu i więcej tysięcy asortymentów), to też wyniki obliczeń i analiz uzyskiwane metodą tradycyjną nie zawsze były wystarczająco wiarygodne. Niewątpliwe korzyści dostarczyłyby metody oparte na ETO.

Sposób 3, podobnie jak dwa poprzednie, wymaga znajomości norm zużycia CzZ, a ponadto dobrze zorganizowanego obiegu informacji o zmianach stanów magazynowych, aby nie narazić użytkowników na przestoje BST, bądź korzystanie z zapasów niezniżaalnych, jeśli ich stany na to pozwalają.

Sposób 4 stosuje się najczęściej w składnicach wiodących i okręgowych oraz wszędzie tam gdzie występują zapasy niezniżaalne lub nienaruszalne. Obliczenia potrzeb i planowanie uzupełnień stanów zapasów jest w tym wypadku utrudnione wskutek konieczności bardzo wczesnego przewidywania konkretnych rozchodów, a ponadto również ze względu na niepewność metod obliczenia poziomów krytycznych tych asortymentów CzZ, które uzyskuje się w drodze importu. W wypadku wprowadzania na uzbrojenie nowych typów BST i braku doświadczeń (danych) niezawodnościowych sposób ten stwarza szczególnie kłopotliwe problemy obliczeniowe.

Żaden z powyższych sposobów nie zapewni jednak pożądanej efektywności gospodarowania, jeśli nie będzie opierał się na normatywach systematycznie (przynajmniej raz w roku) uściślanych statystycznie

i weryfikowanych empirycznie. Oczywiście jest to możliwe jedynie w warunkach włączenia poszczególnych magazynów do systemu EPD sterowanego centralnie. Tylko wtedy bowiem w ramach wieloasortymentowej, względnie ustabilizowanej gospodarki magazynowej CzZ można zbliżyć się do uzyskania optymalnego nasycenia magazynów, t.j. osiągnięcia takiego ich stanu, w którym wystąpienie braku lub ponadnormatywnego nadmiaru dowolnej CzZ (dowolnego rodzaju) wystąpi z przyjętym a priori wystarczająco małym prawdopodobieństwem.

5.2. ZAŁOŻENIA PODSTAWOWE DLA WYZNACZANIA
NORMATYWÓW MAGAZYNOWYCH

1. System zaopatrzenia w CzZ (schemat - zał.nr.2) traktuje się tu jako hierarchicznie usytuowane i centralnie kierowane zespoły składnic (magazynów), warsztatów remontowych (naprawczych) i jednostek (OG, SOG, COG) użytkowników łącznie z ogniwami ruchu tych części między magazynami i warsztatami oraz użytkownikami naprawianych urządzeń.

Trasy obiegu CzZ są uzależnione od ilości i rodzaju przewożonych CzZ oraz rodzajów środków transportu, a zatem w każdym ogniwie mogą występować różne środki transportu i różne będą koszty obsługi dowozu.

Zestawienie rodzajów ogniw zaopatrywania podano w poniższej tabeli .

Dokąd Skąd	rodzaj 1			rodzaj 2		rodzaj 3		
	SR	BZ(zT)	SG	OWU	BR(zT)	COG	SOG	OG
SW	1	0	?	?	0	1	0	0
SR	-	1	1	1	?	0	1	0
BZ(zT)	0	-	0	0	1	0	1	1
SG	0	0	-	0	?	1	1	1

(SG - składnica garnizonowa - wg. ostatniej koncepcji)

Symbol 1 oznacza istniejące ogniwo dowozu, 0 - brak ogniwa,

? - możliwość wystąpienia ogniwa dla niektórych rodzajów CzZ.

W ogniwach pierwszego rodzaju występuje uzupełnianie bieżących zapasów składnic na podstawie ustaleń normatywnych (według asortymentów CzZ).

W ogniwach drugiego rodzaju realizuje się zaopatrywanie w ramach okresowych zapotrzebowań na remonty główne (renowację) BST.

W ogniwach trzeciego rodzaju - zaopatrywanie bieżące na naprawy doraźne oraz w ramach OT-1 i OT-2 .

2. Każda składnica (magazyn, OWU, BR, BZ itp.) na każdym poziomie systemu zaopatrywania ma podporządkowaną sobie określony zespół jednostek organizacyjnych, które zaopatruje w CzZ. Pomija się wypadki przewozu CzZ na tym samym poziomie (np. w celu uzupełniania zapasów, manewru zapasami itp.). W związku z tym każdą parę jednostek organizacyjnych (tj. jednostka zaopatrująca i zaopatrywana) łączy określony zbiór tras dowozu zależny od ilości rodzajów środków transportu.

3. Każdy użytkownik (OG, SOG, COG; OWU, BR) dysponuje listami właściwych sobie rodzajów CzZ. Każdy rodzaj CzZ otrzymuje lub pobiera z określonego magazynu. Pomija się wypadki "poszukiwania" jakiegoś rodzaju części w różnych magazynach, nawet na tym samym poziomie.

4. Częstotliwość dowozu CzZ (liczba obrotów różnych rodzajów pojedynczych środków transportu w ciągu roku) w ogniwach pierwszego rodzaju (p-kt 1) zależy głównie od :

- pojemności magazynowej jednostki zaopatrywanej,
- odległości od składnicy (magazynu) zaopatrującej,

natomiast analogiczna częstotliwość - w ogniwach drugiego rodzaju ponadto od rodzaju polityki renowacyjnej w stosunku do sprzętu użytkowanego (rocznych planów remontów).

Częstotliwość zaopatrywania w ogniach trzeciego rodzaju określają oprócz powyższych również czynniki składające się na losowy charakter uszkodzeń BST (podczas użytkowania), które można usunąć w warsztatach OG(SOG, COG).

Oczywiście intensywność uszkodzeń (wymian) rozpatrywanych w rozdz. 2, 3 i 4 obejmuje CzZ wprowadzane do użytku za pośrednictwem ogni drugiego i trzeciego rodzaju łącznie.

5. Zgodnie z założeniami 2 i 3 każdy użytkownik, tj. OG(SOG, COG, OWU, BR zaopatruje się w dany rodzaj CzZ (bez względu na ilość sztuk) tylko w określonym magazynie, tzn. w oparciu o jeden ustalony ciąg ogni.

Ogólne zestawienie typowych ciągów ogni zaopatrzenia zawiera poniższa tabela.

Do Od	SR	OWU	BZ(ZT)	BR(ZT)	SG	OG	SOG	COG
SW	1	-	-	-	?	-	-	1
SR	-	1	1	-	1	-	1	-
BZ(ZT)	-	-	-	1	-	1	1	-
magazyn OG	-	-	-	-	-	1	1	1
SG	-	-	-	-	-	1	1	?

Jedynkami w wierszach oznaczono bezpośrednie przepływy (ogniwa) CzZ, przy czym ilość jedynek w wierszu określa ilość typów ogni, np. między SR i podporządkowanymi jej magazynami jednostek niższej szczebli ; znak zapytania oznacza, że istnieje możliwość występowania takiego ogniwa w stosunku do pewnych rodzajów CzZ, np. między składnicą garnizonową (SG) i COG .

A zatem w rocznym cyklu zaopatrywania realizacja dostaw j-tego rodzaju CzZ do konkretnego OG(SOG,COG) powinna w ustalonym ciągu ogni odpowiadać intensywności wymian, tj. iloczynowi normy

CzZ przez ogólną ilość sztuk tego asortymentu występujący w BSF użytkowanych w tej jednostce.

6. Ponieważ każda jednostka, przyporządkowana do danego ciągu ogniów, może posiadać różne ilości danego rodzaju części oraz wykazywać różne intensywności wymian, zatem ogólny stan CzZ w magazynach właściwego jej ciągu ogniów zaopatrywania będzie sumą powyższych iloczynów dla wszystkich jednostek. Wielkość tę nazwiemy obciążeniem ciągu ogniów zaopatrywania (OCOZ) w j-ty rodzaj CzZ.

7. Koszt dowozu jednej sztuki j-tego rodzaju CzZ w dowolnym ogniwie, zależy od :

- długości trasy w tym ogniwie dla wybranego rodzaju transportu, a tym samym od kosztu związanego z przewozem,
- kosztu pracy personelu obsługującego transport (łącznie z kosztem pracy personelu administracyjnego w danym ogniwie),
- ilości (ciągaru) przewożonego ładunku,
- kosztów przejazdu środków transportu bez ładunku.

Przyjmuje się, że w ciągu roku (sprawozdawczego) powyższe rodzaje kosztów nie zmieniają się.

8. W układzie kosztów zaopatrywania w CzZ pomija się wypadek kosztu dowozu urządzenia do danej części ziemnej, gdyż z reguły będzie on dotyczył naprawy głównej (remontu, renowacji) realizowanej w warsztatach (zakładach) typu OWU lub BR, które występują jako użytkownicy CzZ, na równi z OG(SOG,COG).

9. Biorąc pod uwagę koszty transportu CzZ do urządzenia jako kryterium oceny sprawności systemu zaopatrzenia, przyjmuje się, że jednostki organizacyjne tworzące ciąg ogniów (tj. jednostki zaopatrujące i zaopatrywane) dysponują określonym rocznym limitem pieniężnym przeznaczonym na realizację dostaw w danym ciągu ogniów.

Inaczej mówiąc każdemu OCOZ może być przyporządkowany określony fundusz (kredyt), spełniający rolę "regulatora" wydatków na transport CzZ.

5.3. MODEL NORMATYWY MAGAZYNOWEGO

Wielkość obciążenia w poszczególnych ogniwach zaopatrzenia (OCOZ - R.5.2 - 6), obliczona na podstawie średniej intensywności wymian wjęciu funkcji niezawodności chwilowej, wyraża potrzeby w zakresie przepływu części zamiennych w celu utrzymywania normatywów magazynowych na ustalonym poziomie trwałości $1 - \epsilon = 0,95$.

Oczywiście stan normatywu zależy od liczby j -tego rodzaju części występujących w jednym egzemplarzu BST oraz usytuowania magazynu w stosunku do użytkownika, zwłaszcza gdy ten ostatni nie dysponuje niezbędną pojemnością magazynową i w każdym wypadku konieczności wymiany części jest zmuszony przywozić ją własnym transportem, bądź oczekiwać na dostarczenie.

Biorąc pod uwagę fakt, że każdy magazyn w dowolnym ogniwie zaopatrzenia będzie obsługiwał różne ilości jednostek organizacyjnych niższego rzędu o różnych, najczęściej zmiennych stanach eksploatowanych urządzeń, różne też powinny być dla nich normatywy na poszczególne rodzaje CzZ. Teza ta wynika ponadto z założenia, że każdy użytkownik może wykazywać różne intensywności wymian j -tego rodzaju części, m.in. zależnie od nasilenia programu użytkownika BST, warunków ich konserwacji itp.

Niech zmienna losowa Q_{jil} (gdzie j oznacza numer rodzaju CzZ, i -numer magazynu, l - numer poziomu w systemie zaopatrzenia) wyraża stan potrzeb zgłaszanych do magazynu i przez podporządkowanych jej użytkowników (OZ, SOZ, COZ) w ustalonym (organizacyjnie) ogniwie i określonym przedziale czasu (np. 1 rok). Z kolei Z_{jil} - przewidywane zapotrzebowanie j -tego rodzaju CzZ składane przez magazyn il do magazynu (składnicy) wyższego szczebla oraz N_{jil} - norma na j -ty rodzaj CzZ w ustalonym systemie OCOZ.

Zatem, $Z_{jil} = Q_{jil} - N_{jil}$ przy założeniu, że zapotrzebowania będą składane po zużyciu całego zapasu j -tej części w magazynie il . Wydaje się jednak, że w początkowym okresie normowania CzZ,

tj. na podstawie danych o intensywności wymian z jednego roku, dwóch, a nawet trzech lat, założenie to jest zbyt ostre i może nie zapewniać utrzymania gotowości bojowej użytkowanej BST na wymaganym poziomie. Powstać mogą bowiem nadmierne opóźnienia spowodowane przez oczekiwanie na dostawę CzZ w ilości normatywnej. Opóźnienia te mogą być szczególnie widoczne na poziomie "1" i "0", jeśli OG przeprowadzają naprawy we własnych warsztatach, lecz nie posiadają magazynów dla CzZ, zwłaszcza charakteryzujących się względnie wysoką intensywnością wymian. Występuje tu ponadto istotny dla każdego OG problem kosztów transportu wielu rodzajów CzZ w miarę występowania uszkodzeń w poszczególnych egzemplarzach BST. Jest to nie tylko problem ekonomiczności wykorzystania środków transportu OG, lecz i ich sprawności eksploatacyjnej, która nie może kolidować ze sprawnością techniczno - bojową BST.

Aby w miarę pokonywania stopnie niepewności informacji o intensywnościach wymian utrzymać niezbędną trwałość systemu zaopatrzenia na zadanym poziomie ($1 - \varepsilon = 0,95$), w początkowym okresie można wyjść z założenia, że intensywność wymian wyraża jednorodny względem czasu proces Markowa (por. R.2.4), a wynikające stąd wartości oczekiwana i wariancja liczby wymian będą (według rozkładu Poissona) odpowiednio :

$$m(c, z, \varepsilon, \lambda) = \left(\frac{z}{1-\varepsilon} + c \right) \left(1 - e^{-(1-\varepsilon)\lambda} \right),$$

$$\sigma^2(c, z, \varepsilon, \lambda) = \left(\frac{z}{1-\varepsilon} + c \right) e^{-(1-\varepsilon)\lambda} \left(1 - e^{-(1-\varepsilon)\lambda} \right),$$

a stąd oczywiście : $m = \sigma^2 = z\lambda$, tzn. $c = m = z\lambda$.

Przyjmując stały poziom niezawodności systemu $R(\lambda) = 0,95$ zadanie sprowadzi się do wyznaczenia takiej wartości kwantyla rozkładu trwałości, czyli prawdopodobieństwa wystarczalności w stosunku do przeciętnej liczby wymian $z\lambda$, tj. :

$$k = \frac{z\lambda - c}{\sigma} \quad 0 ,$$

aby spełniał warunek

$$R(\lambda) \geq \frac{R}{z+c} \approx 0,95$$

oraz

$$\frac{c}{z} = \lambda + k \sqrt{\frac{\lambda}{z}}$$

A zatem

$$c = z \lambda + k \sqrt{z \lambda}$$

będzie liczbą CZZ przypadających na z sztuk części tego asortymentu znajdujących się w eksploatacji. Oczywiście wielkość λ przyjmujemy w wyniku badań prowadzonych w celu ustalenia normy CzZ(R.4).

Rozpatrując wielkość c, tj. ogólną liczbę CzZ rodzaju j, jako przedmiot obciążenia ciągu ogniw zaopatrywania (OCOZ) występujących w całym systemie, należy z kolei rozbić ją na wielkości normatywów magazynowych na poszczególnych szczeblach. Zgodnie z przyjętymi założeniami system "Proces" może dostarczyć informacji o liczbie części rodzaju j znajdujących się w BST użytkowanych w obsługiwanym zbiorze OG, jak również każda składnica na poziomie 2 i 3 dysponuje takimi informacjami w stosunku do podległych sobie magazynów.

W ten sposób można zestawić listę OCOZ dla CzZ rodzaju $j(=1, \dots, \omega)$ każdego typu BST występującego w każdym OG(SOG,COG), a liczba Q_{jg} wyrazi ogólną ilość danej CzZ znajdującą się na początku okresu sprawozdawczego w OCOZ o numerze $g(=1, \dots, G)$.

Stąd w ciągu ogniw zaopatrzenia typu SW—SR—BZ—OG :

$$Q_{jg} = \sum_{Q_{jio} \in Q_{jo}} Q_{jio} \dots \sum_{Q_{ji3} \in Q_{j3}} Q_{ji3}$$

gdzie Q_{jio} jest sumą ilości CzZ rodzaju j znajdującą się w magazynach OG (SOG,COG) o numerach $i(=1,2,\dots)$ na poziomie 0, w BZ(ZT) o numer na poziomie 1, w SR - na poziomie 2 i SW - na poziomie 3.

Analogicznie można obliczyć ilości CzZ w pozostałych ciągach ogniów.

Mając na uwadze uzyskanie względnej pewności działania każdego z wyróżnionych układów ciągu ogniów powinien być spełniony warunek

$$P(Z_{jg} = x_{jg}) = \frac{P(Q_{jg} = N_{jg} + x_{jg})}{P(Q_{jg} > N_{jg})} \geq 0,95 < 1 \dots (.)$$

gdzie N_{jg} jest ogólnym (sumarycznym) normatywem dla wszystkich magazynów (działających w ciągu ogniów o numerze g) obliczonym na podstawie średniej intensywności wymian w OG obsługiwanych przez ten ciąg (R.4), natomiast x_{jg} oznacza przewidywaną ilość CzZ rodzaju j , stanowiącą zapas przeznaczony na pokrycie potrzeb wynikających z możliwego przekroczenia średniej intensywności wymian w OG.

Ponieważ wielkość $\bar{\lambda}$ będzie z reguły względnie mała przy dość dużej liczbie z można korzystać z rozkładu Poissona dla $x = 1, 2, \dots$, obliczanym na przykład w stosunku do 10z (lub 100z). Wtedy należy dobrać taką wielkość x , aby prawdopodobieństwo, że przewidywana ilość $N_{jio} + x_{jio}$ (w poszczególnych Og, SOG, COG) będzie równe Q_{jii} . Czyli w każdym ciągu ogniów $g (= 1, \dots, G)$:

$$P(N + x = Q) = \frac{(\bar{\lambda} z)^{N+x}}{(N+x)!} \exp(-\bar{\lambda} z),$$

przy czym dla uproszczenia zapisu pominięto indeksy jio przy symbolach $N, x, Q, \bar{\lambda}, z$. Obliczając

$$P(Q > N) = \sum_{x=N+1}^{\infty} \frac{(\bar{\lambda} z)^{N+x}}{x!} \exp(-\bar{\lambda} z) = \Phi(N+x), \dots (.)$$

jako dopełnienie dystrybuanty można wykorzystać odpowiednie tablice dla wyznaczenia tego prawdopodobieństwa.

Stąd, mając na uwadze uzupełnianie dodatkowych potrzeb (użytkowników) w ilości $Z=x$, należy obliczyć prawdopodobieństwo:

$$P(Z=x) = \frac{P(N+x=Q)}{P(Q > N)},$$

aby na jego podstawie wyznaczyć wartość średnią ich potrzeb, czyli

$$\bar{Z} = \sum_{x=1}^{\infty} x \cdot P(Z=x).$$

Uwzględniając wyrażenie (:) otrzymamy :

$$Z = \frac{z \bar{\lambda} \cdot \Phi(N)}{\Phi(N+1)} - N.$$

przy czym jak poprzednio pominięto indeksy jio dotyczące CzZ rodzaju j znajdujących się w składzie użytkowanych BST w OG o numerach $i=1, \dots$, w ciągu ogniów o numerze $a(=1, \dots, G)$.

Z założeń o konstrukcji ciągów ogniów zaopatrzenia (COZ) wynika, że OG i niektóre SOG posiadające własne magazyny CzZ tworzą zbiory obsługiwane przez magazyn BZ(ZT) o numerze i2 (na poziomie 2), natomiast pozostałe OG i część SOG (bez magazynów CzZ), zaopatrywane przez składnice garnizonowe (SG) i tworzą zbiory od nich niezależne. Pozostałe SOG tworzą zbiory dla poszczególnych składnic rejonowych, a wszystkie COG - dla składnic wiodących.

Powyższe cztery typy COZ nie wyczerpują wszystkich kombinacji dowozu CzZ do OG lub BR, lecz w obecnych warunkach można uznać je jako podstawowe. W związku z tym powstaje problem dokonania takiego podziału każdego obciążenia ciągu ogniów zaopatrzenia (OCOZ), aby wielkość Q_{jg} zapewniła możliwie pełną trwałość działania systemu.

W powyższych rozważaniach traktowano j-ty rodzaj CzZ (dowolnego typu BST) bez względu na jego znaczenie i techniczne warunki wymiany.

Wypada jednak stwierdzić, że nie wszystkie rodzaje CzZ mogą być przedmiotem wymiany dokonywanej w warunkach wyposażenia technicznego warsztatów OG, SOG lub COG, dostosowanych tylko do określonych

rodzajów napraw i remontów. Wynika stąd konieczność podziału rodzajów CzZ na pewne kategorie, a mianowicie :

- do kategorii I zaliczyć te rodzaje CzZ, które mogą być wymieniane głównie w warsztatach OG, SOG lub COG ;
- do kategorii II - podlegające wymianie głównie w BR,
- do kategorii III - podlegające wymianie w OWU .

Oczywiście klasyfikacja poszczególnych rodzajów CzZ powinna wynikać z dokładnej analizy technicznych możliwości warsztatów na każdym szczeblu w oparciu o dotychczasowe doświadczenia w zakresie intensywności dokonywanych w nich wymian.

W ten sposób każde COOZ j-tego rodzaju CzZ powinno być zaliczone do odpowiedniej kategorii, co z kolei jest związane z konkretnym uściśleniem właściwego mu ciągu ogniw zaopatrzenia (COZ).

A zatem, przyjmując wielkość COOZ dla j-tego rodzaju CzZ dowolnej kategorii równą $Q_{jg} = N_{jg} + x_{jg}$ ($j=1, \dots, \infty$; $g=1, \dots, G$) za $100\% + x$ orientacyjny jego rozkład na poszczególne magazyny i składnice w COZ można przedstawić w postaci następującej tabeli.

Użytkownicy	składnice			magazyny			
	SW	SR	BZ	SG	OG	SOG	COG
OG	x	5%	20%	0	75%	0	0
OG	x	25%	0	75%	0	0	0
SOG	x	5%	20%	0	0	75%	0
SOG	x	25%	0	75%	0	0	0
COG	25%+x	0	0	0	0	0	75%
BR	x	65%	35%	0	0	0	0
OWU	x	65%	35%	0	0	0	0

Suma liczb w wierszach wynosi $100\% (=Q_{jg})$. Poszczególne wielkości procentowe stanowią przykładowe odwzorowanie proporcji między intensywnościami zaopatrzenia w j-ty rodzaj CzZ dokonywa-

nymi w ciągu roku przez składnice i magazyny kolejnych szczebli COZ na korzyść analizowanego OG (SOG,COG), mając na uwadze, że wymiana tego rodzaju i kategorii CzZ następuje w +

- OG - w ramach napraw bieżących ,
- BR - w ramach remontów średnich i głównych,
- OWU - w ramach remontów bieżących.

Rozkład $Q_{jg} + x_{jg}$ na poszczególne węzły COZ (magazyny, składnice) zależy od wielu czynników nie poddających się formalizacji globalnej. Każdą jednostką organizacyjną w COZ charakteryzuje bowiem inne obciążenie (COZ), każda z nich działa w odmiennych warunkach rzutujących na efekty obsługi technicznej w Systemie Ochrony Czasowej itp. Istotne jest jednak, aby rozkład Q_{jg} odzwierciedlał przynajmniej :

- zasadę racjonalnego wykorzystania transportu CzZ między węzłami COZ dla uzupełnienia ich zapasów do ustalonej normy, jeśli stan magazynu osiągnie wielkość krytyczną, np 10% tej normy; jako kryterium racjonalności można przyjąć (w okresie pokoju) minimum kosztów transportu przy nieprzekraczalnym (ustalonym dyrektywnie) czasie oczekiwania danego typu BST na doprowadzenie do stanu wymaganej sprawności techniczno-bojowej ;
- regułę przybliżenia głównej masy zapasu CzZ danej kategorii do jednostki dokonującej wymiany w pierwszej kolejności (np. w warsztatach OC, BR, OWU), przy tym zależnie od dyspozycyjnej pojemności magazynu, natomiast resztę można utrzymywać w magazynie (składnicy) wyższego szczebla, przy zachowaniu zapasu nadzwyczajnego (w ilości x_{j0}) w składnicy wiodącej danego COZ.

A zatem, wychodząc z rozważań o określaniu wartości średniej \bar{z}_{jio} ilości CzZ dla OG (SOG,COG), wartość średnia dla BZ (lub SG) o numerze i_g , tj. obsługującego określony zbiór OG należących do COZ o numerze g wyniesie :

$$\bar{z}_{ji_g} = \sum_{i_0 \in g} \bar{z}_{ji_0} \quad ;$$

przyjmując, że poziom krytyczny (nieprzekraczalny) stanu magazynu BZ (lub SG) o numerze g powinien stanowić 10% wartości średniej. Analogicznie wartość średnia zapotrzebowań na j-ty rodzaj CzZ danej kategorii, złożonych w SR o numerze k_g przez podległe jej BZ i (lub) SG wyniesie :

$$\bar{z}_{jk_g} = \sum_{k \in g} \bar{z}_{jk_g} \quad .$$

Obliczając podobnie sumę dla SW, otrzymamy roczne zapotrzebowanie Q_{jg} występujące w rozpatrywanym COZ.

Ponieważ j-ty rodzaj CzZ może występować w zbiorze SW (w postaci dendrytu COZ), zatem na szczeblu planowania centralnego wystąpi również zbiór SW, w których występuje zapas nadzwyczajny x_{jg} obliczony dla każdego COZ o numerze g(=1,...,G) przyporządkowanego organizacyjnie do odpowiedniej SW.

5.4. ALGORYTM MODELU NORMATYWOW MAGAZYNOWYCH

Korzystając z danych zebranych dla modelu A-I (A-II), dotyczących ilości CzZ każdego rodzaju występujących w odpowiadających im BST użytkowanych w poszczególnych OG (SOG, COG) :

Krok 1. każdy rodzaj CzZ przyporządkować do jednej z trzech wyróżnionych kategorii, z tym że pewne rodzaje mogą należeć do wszystkich kategorii .

Krok 2. dla każdej kategorii rozpatrywanego rodzaju CzZ ustalić liczbę wymian kolejno w warsztatach OG, BR i OWU dokonywaną na korzyść każdego OG (SOG, COG); przyjmując ogólną liczbę wymian za 100 obliczyć procentowy udział każdego z tych warsztatów.

Krok 3. Dla każdego OG (SOO, COO) ustalić najkorzystniejszy organizacyjnie i ekonomicznie ciąg ogniw zaopatrzenia (COZ) doprowadzający do odpowiednio SW. Ciągu te ponumerować stosując np. zapis dendrytowy.

Krok 4. Wychodząc ze średniej liczby wymian danej CzZ dokonanych na korzyść każdego OG (SOO, COO) - wg. kroku 2 - przyporządkować odpowiednie wielkości do poszczególnych węzłów w wyróżnionym COZ, poczynając z sumowania dla otrzymania wartości średniej OCOZ za rok ubiegły.

Krok 5. Na podstawie normy, obliczonej wg. modelu A_TI (A-II), określić przewidywane normatywy magazynowe N_{ji_g} dla BZ (SG) występujące w kolejnych COZ.

Krok 6. Sumując dane z kroku 5 wg. zbiorów $N_{ji_g} \in N_{jk_g}$ obliczyć normatywy dla poszczególnych SR, tj. $N_{jk_g} \in N_{jl_g}$.

Krok 7. Z kolei, analogicznie - normatywy N_{jl_g} dla każdej SW prowadzącej j-ty rodzaj CzZ poszczególnych kategorii.

Krok 8. Dla każdego OCOZ wg. każdej kategorii CzZ obliczyć wielkość zapasu nadzwyczajnego x_{jg} wychodząc z warunku :

$$P(Z_{jg} = x_{jg}) = \frac{P(Q_{jg} = N_{jg} + x_{jg})}{P(Q_{jg} > N_{jg})} \geq 0,95 < 1 ,$$

przy czym

$$P(N+x=Q) = \frac{(\bar{\lambda} z)^{N+x}}{(N+x)!} \exp(-\bar{\lambda} z) ,$$

$$P(Q > N) = \sum_{Q=N+1}^{\infty} \frac{(\bar{\lambda} z)^{N+x}}{z!} \exp(-\bar{\lambda} z) = \Phi(N+x) .$$

$$\bar{z} = \frac{z \bar{\lambda} \cdot \Phi(N)}{\Phi(N+1)} - N .$$

(w trzech ostatnich wzorach pominięto indeksy jg) .

Krok 9. Wielkości x_{jg} każdej kategorii CzZ dodać do normatywów dla SW w wyodrębnionych dla nich COZ poszczególnych rodzajów CzZ.

Krok 10. Wykonać ogólne zestawienie przewidywanych potrzeb na j-ty rodzaj CzZ w roku następnym.

Krok 11. Wykonać wg. programu "Proces" zestawienie bilansowe za rok ubiegły stanów j-tego rodzaju CzZ w magazynach i składnicach znajdujących się na poszczególnych COZ.

Krok 12. Korzystając z danych (otrzymanych w kroku 2) o proporcjach rozkładu zapasów Q_{ji_g} , Q_{jk_g} , Q_{jl_g} wprowadzić do ubiegłorocznego zestawienia normatywów poszczególnych magazynów i składnic odpowiednie poprawki.

Ich CzZ będą występowały w zasadzie w CO na każdym poziomie struktury zarządzania, tj.:

- na poziomie 0 - w CO (COZ, COZ)
- na poziomie 1 - w BR (BR)
- na poziomie 2 - w składnicach okręgowych (OR)
- na poziomie 3 - w składnicach wiodących (OW)

Odpowiednie karty magazynów składnic posiada dokładną listę rodzajów i typów BST oraz ich ilości w stanie zapasu niezmiennego (ponieważ określonego poziomu) i zmiennego (przez określony czas).

Mając na uwadze zapewnienie niezwykłej sprawności technicznej bojowej BST, a chwilę rozpoznać ich użytkownika (postępującego "W"), staje się konieczne takie przybliżenie poszczególnych rodzajów CzZ do właściwych im typów BST, aby w warunkach polewowych (ruchu wojsk) możliwie skrócić czas transportu danej części do następnego egzemplarza BST (lub odwrotnie) w celu dokonania wymiany w warunkach dostępowanych technicznie do składowości i wynikających stąd operacji.

6. MODEL TYPU B PROCESU NORMOWANIA CZĘŚCI ZAMIENNYCH
DLA PRZECHOWYWANEJ BST

Zgodnie z założeniami w R.2-11 model typu B dotyczy procesów normowania CzZ dla broni i sprzętu technicznego, traktowanych jako zapas bez względu na rodzaj, lecz z wyjątkiem zapasu bieżącego. Ten ostatni bowiem występuje w modelu A jako zmieniający się stale zależnie od doraźnych potrzeb OG (jednostki liniowej lub zakładu remontowego). Model B obejmuje zatem zapasy średnio i długookresowe, tzn. niezniżalne i nieneruszałne, traktowane w zasadzie jako zapasy mobilizacyjne o przeznaczeniu wynikającym z charakteru jednostki organizacyjnej i szczebla w strukturze Sił Zbrojnych na którym występuje.

Najogólniej więc można przyjąć, że zapasy mobilizacyjne BST i ich CzZ będą występowały w zasadzie w OG na każdym szczeblu struktury zaopatrywania, tj. :

- na poziomie 0 w OG (SOG, COG) ,
- na poziomie 1 w BZ (ZT) ,
- na poziomie 2 w składnicach okręgowych (SR) ,
- na poziomie 3 w składnicach wiodących (SW) ,

Oczywiście każdy magazyn składnica posiada dokładną listę rodzajów i typów BST oraz ich ilości w stanie zapasu niezniżalnego (poniżej określonego poziomu) i nieneruszałnego (przez określony czas).

Mając na uwadze zapewnienie niezbędnej sprawności techniczno - bojowej BST z chwilą rozpoczęcia ich użytkowania (początku okresu "W"), staje się konieczne takie przybliżenie poszczególnych rodzajów CzZ do właściwych im typów BST, aby w warunkach polowych (ruchu wojsk) możliwie skrócić czas transportu danej części do uszkodzonego egzemplarza BST (lub odwrotnie) w celu dokonania wymiany w warsztatach dostosowanych technicznie do złożoności wynikających stąd operacji.

Model typu B opiera się na następujących założeniach dodatkowych.

1. Norma CzZ dla BST zapasu nienaruszalnego (n) i niezniżalnego (s) powinna odpowiadać roli i zadaniom magazynu na odpowiednim poziomie oraz uwzględniać możliwości warsztatów (w okresie "W"), w których będą dokonywane wymiany. Przyjmuje się, że w zasadzie wszelkie naprawy bieżące BST będą wykonywane w warsztatach OG (jednostek liniowych), naprawy (remonty) średnie w BRZT, natomiast remonty główne w zakładach remontowo-naprawczych Armii (Frontu) i zaplecza.

2. W związku z tym wydaje się niezbędne utrzymanie podziału CzZ na kategorie (por.R.3) zależnie od średnich intensywności wymian dokonywanych w warsztatach na poszczególnych poziomach struktury zaopatrzenia, a mianowicie:

- λ_{jI} oznacza średnią intensywność wymian CzZ rodzaju j
 $j_I = 1_I, 2_I, \dots, I$, zaliczonych do kategorii I, tj. dokonywanych w warsztatach OG(SOG,COG);
- λ_{jII} - średnia intensywność wymian CzZ rodzaju j , zaliczonych do kategorii II, tj. dokonywanych głównie w BRZT;
- λ_{jIII} - średnie intensywności wymian CzZ rodzaju j , zaliczonych do kategorii III, tj. dokonywanych w okresie "P" w OWU, a w okresie "W" w warsztatach armijnych;
- λ_{jIV} - średnie intensywności wymian CzZ rodzaju j , zaliczonych do kategorii IV, tj. dokonywanych w warsztatach frontowych lub zakładach na zapleczu.

Przyjmujemy, że CzZ zaliczone do odpowiedniej kategorii są ujęte w postaci odpowiednich ich list I_j, II_j, III_j lub IV_j . Nie wyklucza się przy tym, że CzZ z listy I_j może występować w spisach CzZ, których wymiary przeprowadza się na pozostałych szczeblach. Natomiast wyklucza się wypadki, aby CzZ zaliczone do kategorii

II były wymieniane w warsztatach OG(SOG,COG) na poziomie "0", zaliczane do kategorii III - były wymieniane w warsztatach DR ZT, tj. na poziomie "1" itd.

Powyższe ograniczenie może przyczynić się do racjonalnego rozkładu ilości CzZ poszczególnych kategorii zależnie od miejsca ich wymian, charakteru przeprowadzanych napraw oraz technicznych możliwości warsztatów.

3. Wielkości norm CzZ dla BST stanowiących zapasy mobilizacyjne powinny uwzględniać :

1. potrzeby wymiany uszkodzonych części w BST (np. mechanicznie) lub skorodowanych w procesie przechowywania lub transportu do chwili rozkonserwowania i przekazania do użytku
2. potrzeby w zakresie wymiany uszkodzonych lub skorodowanych CzZ, stanowiących dla powyższych BST zapas mobilizacyjny w okresie "P" i "W"
3. potrzeby w zakresie wymiany CzZ w ciągu co najmniej jednego roku od chwili przesunięcia BST ze stanu zapasu mobilizacyjnego do stanu użytkowania w warunkach okresu "P"
4. potrzeby w zakresie wymiany CzZ w BST przekazanych do użytku w okresie "W" .

W niniejszym modelu rozpatruje się tylko punkty od 3.1 do 3.3, tj. wielkość normy dla okresu "P". Należy bowiem zauważyć, że normowanie CzZ na okres "W" jest nadal problemem teoretycznie otwartym, wymagającym przeprowadzenia wielu dodatkowych studiów dotyczących m.in. wyznaczania funkcji strat i uszkodzeń BST, określenia średniego czasu życia każdego rodzaju i typu BST, zdolności warsztatów w zakresie remontów i napraw, efektywności Systemów Ochrony Czasowej w okresie "W" itp.

4. W okresie "P" normy CzZ poszczególnych kategorii dla BST, stanowiących zapas mobilizacyjny (niezniszalny i nieneruszalny) rozmieszczony w magazynach na poszczególnych szczeblach struktury

systemu zaopatrywania, wyznacze się łącznie na podstawie :

1. średnich intensywności wymian CzZ (poszczególnych kategorii) występujących w magazynowanych BST ,
2. średnich intensywności wymian CzZ stanowiących ich zapas mobilizacyjny dla powyższych rodzajów i typów BST ,
3. normy jednostkowej CzZ (obliczonej wg. modelu typu A) dla BST przesuwanych z zapasu mobilizacyjnego do bieżącego użytkowania.

Można zauważyć, że wielkość intensywności wymian wg. punktów 4.1 i 4.2 zależy głównie od sprawności Systemu Ochrony Czasowej w zakresie zapasów mob., a przede wszystkim od systematyczności przeglądów technicznych oraz prawidłowości zabiegów konserwacyjnych. Przyjmujemy też, że w stanie zapasów BST i ich CzZ nie ma sztuk wadliwych z winy producenta, natomiast obniżenie ich wartości technicznej (techniczno-bojowej) może nastąpić tylko w wypadku błędów popełnionych podczas przechowywania. Doświadczenie wskazuje, że stosowane sposoby przechowywania i metody konserwacji wielu typów sprzętu artyleryjskiego, wozów bojowych itp., np. pod wiatami, na wolnym powietrzu (bez dachu) nie gwarantuje ich utrzymania w pełnej sprawności techniczno-bojowej przez dłuższe okresy czasu. Podobnie bywa też z innymi rodzajami BST przechowywanymi w magazynach nie w pełni zabezpieczających przed wpływami korozji.

5. Wielkości zapasów mobilizacyjnych BST i ich CzZ w poszczególnych magazynach na każdym poziomie systemu zaopatrywania są zawsze znane na podstawie programu "Proces" [6] .

Ocenę stanu jakości tych zapasów, tzn. określenie intensywności uszkodzeń części każdego rodzaju przeprowadza się komisyjnie w ramach przeglądów technicznych bieżących i okresowych, przy czym te ostatnie przy dokonywaniu konserwacji średnio i długookresowej.

Zależnie od wielkości stanu osobowego komisji, intensywności kontroli i czasu przeznaczanego na ich wykonywanie oraz ilości sztuk

BST i CzZ poszczególnych rodzajów i typów $\gamma_j (=s_\alpha, a_\alpha, r_\alpha, o_\alpha, n_\alpha; \alpha=1, \dots, u, v, w, g, h)$ i występujących w nich CzZ rodzaju $j (=1, 2, \dots, \omega)$ w każdym magazynie lub składnicy, wynik kontroli za cały rok sprawozdawczy powinien dać m.in. odpowiedź dotyczącą intensywności uszkodzeń i dokonanych wymian CzZ.

Jeśli ilość kontrolowanych BST i ich CzZ jest względnie niewielka (do kilkudziesięciu sztuk) należy sprawdzić wszystkie egzemplarze. Jeśli natomiast ilości te są znaczne (rzędu kilkaset sztuk i więcej) można zastosować kontrolę metodą reprezentacyjną.

Ponieważ ten ostatni wypadek wystąpi najczęściej, metoda ta znajdzie odbicie w strukturze modelu B.

6. Uwzględniając powyższe założenia wprowadzimy następujące oznaczenia :

$Z_{jlr}^{(n)}$, $Z_{jlr}^{(d)}$ - odpowiednio stan zapasu nienaruszalnego (n) lub niezniżalnego (d) części rodzaju j występujących w BST rodzaju i i typu $\gamma (=s_\alpha, a_\alpha, r_\alpha, o_\alpha, n_\alpha)$ znajdujących się w magazynie o numerze $r=1, 2, \dots$ na poziomie $l=0, 1, 2, 3$; symbol γ oznacza, że j -ty rodzaj CzZ może występować w dwóch i więcej typów BST ;

$C_{jlr}^{(n)}$, $C_{jlr}^{(d)}$ - odpowiednio stan zapasu nienaruszalnego (n) lub niezniżalnego (d) CzZ rodzaju j przechowywanych luzem w magazynie o numerze r na poziomie l ;

$Z_{jlr}^{(n)+}$, $Z_{jlr}^{(d)+}$, $Z_{jlr}^{(n)-}$, $Z_{jlr}^{(d)-}$ - stany zapasów jw , lecz w wyniku kontroli stwierdzone jako technicznie sprawne (+) lub niesprawne-uszkodzone (-) ;

$C_{jlr}^{(n)+}$, $C_{jlr}^{(d)+}$, $C_{jlr}^{(n)-}$, $C_{jlr}^{(d)-}$ - stany zapasów jw . technicznie sprawnych (+) lub - niesprawnych (-) ;

- $\Lambda_{jlr}^{(n)}$, $\Lambda_{jlr}^{(d)}$ - odpowiednio średnia intensywność uszkodzeń (wymian) części rodzaju $j (=1, \dots, \omega)$ występujących w BST rodzaju i typu zapasu (n) lub (d);
- $\Lambda_{jlr}^{(n)}$, $\Lambda_{jlr}^{(d)}$ - jw. lecz dotycząca uszkodzeń (wymian) CzZ przechowywanych luzem jako zapas (n) lub (d);
- $z_{jIlr}^{(n)}, \dots, z_{jIVlr}^{(n)}$ - ilość sztuk części rodzaju j zaliczonych do kategorii I, ..., IV występujących w BST zapasu (n);
- $z_{jIlr}^{(d)}, \dots, z_{jIVlr}^{(d)}$ - jw. lecz w BST zapasu (d);
- $c_{jIlr}^{(n)}, \dots, c_{jIVlr}^{(n)}$ - ilość sztuk CzZ rodzaju j zaliczonych do kategorii I, ..., IV występujących luzem jako zapas (n);
- $c_{jIlr}^{(d)}, \dots, c_{jIVlr}^{(d)}$ - jw., lecz jako zapas (d);
- $\lambda_{jIlr}^{(n)'}, \dots, \lambda_{jIVlr}^{(n)'}$ - intensywność wymian części rodzaju j kategorii I, ..., IV występujących w BST zapasu (n);
- $\lambda_{jIlr}^{(d)'}, \dots, \lambda_{jIVlr}^{(d)'}$ - jw., lecz jako zapas (d);
- $\lambda_{jIlr}^{(n)''}, \dots, \lambda_{jIVlr}^{(n)''}$ - intensywność uszkodzeń (wymian) CzZ rodzaju j kategorii I, ..., IV występujących luzem jako zapas (n);
- $\lambda_{jIlr}^{(d)''}, \dots, \lambda_{jIVlr}^{(d)''}$ - jw., lecz jako zapas (d);

Przyjmuje się, że na podstawie problemu "Proces" zostaną określone wielkości ujęte symbolami Z, C , ponadto korzystając z list poszczególnych kategorii CzZ - wielkości z, c oraz w wyniku kontroli - wielkości $z^+, z^-, c^+, c^-, z^+, z^-, c^+, c^-$.

7. Traktując powyższe wielkości jako dane wejściowe do modelu B, dla każdego rodzaju (j) CzZ i wyróżnionych zapasów BST i CzZ, a znajdujących się w magazynie lr , otrzymamy (opuszczając przy symbolach indeksy stale powtarzające się):

7.1. dla zapasu (n) grupy BST i grupy CzZ odpowiednio:

- ilości sztuk : $Z^{(n)} = Z^{(n)+} + Z^{(n)-}$; $C^{(n)} = C^{(n)+} + C^{(n)-}$;

- średnie intensywności wymian :

$$\Lambda_r^{(n)} = Z_r^{(n)-} / Z_r^{(n)} ; \quad \Lambda^{(n)} = C^{(n)-} / C^{(n)} ;$$

7.2. dla zapasu (d) w analogicznych grupach :

$$Z^{(d)} = Z^{(d)+} + Z^{(d)-} ; \quad C^{(d)} = C^{(d)+} + C^{(d)-} ;$$

$$\Lambda_r^{(d)} = Z_r^{(d)-} / Z_r^{(d)} ; \quad \Lambda^{(d)} = C^{(d)-} / C^{(d)} ,$$

7.3. jeśli wynik kontroli wykaże konieczność dokonania wymian w każdej z powyższych grup, wtedy niedobór w ilości :

$$Z_r^{(n)} + C^{(n)-} + Z_r^{(d)} + C^{(d)-} = K$$

może zostać pokryty :

1° ze stanu CzZ zapasu bieżącego ($Z^{(b)}$) co z kolei wpłynie na wzrost normy jednostkowej CzZ dla BST użytkowanych (obliczonej wg. modelu A), bądź

2° ze stanu zapasów niezniżaalnych $Z_r^{(d)}$ i $C^{(d)}$ jeśli nie spowoduje to przekroczenia ustalonego poziomu obniżenia.

8. Przyjmując, że warunki przechowywania BST i konserwacji w różnych magazynach (składnicach) mogą być różne, lecz w każdym z nich przez dłuższe okresy czasu (ponad jednoroczne) jednakowe można postulować iż prawdopodobieństwa uszkodzeń części (np. wskutek różnych rodzajów korozji) będą przybierały typ rozkładu normalnego.

A zatem, normy CzZ dla BST magazynowanych w rozpatrywanym magazynie lr wyniosą :

8.1. dla zapasu nienaruszalnego (n) :

$$N_j^{(n)} = N_j^{(n)} + \Lambda_{rj}^{(n)} + \Lambda_j^{(n)} ;$$

8.2. dla zapasu niezniżałnego (d) :

$$N_j^{(d)} = N_j^{(d)} + \Lambda_{rj}^{(d)} + \Lambda_j^{(d)} ,$$

gdzie $N_j^{(u)}$ oznacza normę jednostkową CzZ dla BST użytkowanych (w okresie "E") łącznie z ich zapasem bieżącym. Normę tę traktuje się w tym wypadku jako zapas doraźny na początkowy okres "W", przy czym faktyczna norma zapasu CzZ dla BST użytkowanych w okresie "W" stanowi, jak już wspomniano, problem otwarty wymagający przeprowadzenia oddzielnych badań.

9. Mając na uwadze zastosowanie metody reprezentacyjnej do badania intensywności uszkodzeń części wymiennych występujących w obu grupach tj. w BST i magazynowanych luzem, w każdym z obu rodzajów zapasów, należy przede wszystkim ustalić stan ilościowy (sprawozdawczy) populacji j -tego rodzaju CzZ w badanej grupie, np. $Z_{rjlr}^{(n)}$.

Przyjmuje się, że populacja generalnej CzZ danej grupy i rodzaju zapasu w określonym magazynie ma skończoną liczbę elementów, jest jednorodna pod względem badanej cechy (zdatności lub niezdatność elementu), a więc nie wymaga stosowania losowania warstwowego.

Korzystnie jest zastosować schemat losowania zależnego (bez zwracania). Schemat ten można uznać jako przydatny zwłaszcza przy małych populacjach (rzędu setek sztuk lub mniejszych), gdyż w stosunku do schematu losowania ze zwracaniem widoczna staje się jego wyższa efektywność i mniejszy koszt badań. Natomiast przy dużych populacjach

różnice między wynikami uzyskanymi na podstawie tych schematów są znikome, a praktycznie - bez znaczenia.

Poniżej podajemy algorytm dla zastosowania metody reprezentacyjnej w powyższym ujęciu.

Krok 1. Ustalić liczebność badanej populacji CzZ rodzaju j w danej grupie i rodzaju zapasu. W wypadku występowania względnie małych liczebności badanego rodzaju CzZ w danej grupie można łączyć grupy według rodzajów zapasów, lecz po uprzednim ustaleniu, że warunki magazynowania każdej z tych grup są wystarczająco podobne.

Niech podlega badaniom populacja $C_{jlr}^{(n)}$, tj. Cz zapasu nienaruszalnego (n) znajdujące się w magazynie OG nr r = 1576 na poziomie l = 0. Badana populacja CzZ występuje po i sztuce w BST rodzaju S typów :

$$\alpha = 5, \quad j = 22 \quad \text{w ilości} \quad 2300 \text{ sztuk}$$

$$\alpha = 6, \quad j = 36 \quad \text{"} \quad 1700 \quad \text{"}$$

$$\alpha = 8, \quad j = 27 \quad \text{"} \quad 1000 \quad \text{"}$$

$$\text{Razem} \quad 5000 \text{ sztuk} = C.$$

Przyjmujemy ponadto :

- 1° spodziewana frakcja sztuk uszkodzonych (m.in. skorodowanych w stopniu wymagającym wymiany) jest rzędu $p = 0,03$;
- 2° dopuszczalne oszacowanie błędu wyników próby $d = 0,01$;
- 3° współczynnik ufności $1 - \varepsilon = 1 - 0,05 = 0,95$.
- 4° z tablic rozkładu normalnego $N(0,1)$ dla współczynnika ufności 0,95 odczytana wielkość $u_{\varepsilon} = 1,96$ m

Krok 2. Obliczyć liczebność próby z wzoru :

$$\hat{c} = \frac{C}{1 + \frac{d^2(C-1)}{u^2 pq}}$$

$$\text{dla } C = 5000, \quad d^2 = 0,01^2 = 0,0001 ; \quad u_{\varepsilon}^2 = 1,96^2 = 3,842 ;$$

$$pq = 0,03 (1 - 0,03) = 0,029 .$$

$$\hat{c} = \frac{5000}{1 + \frac{0,0001 \cdot 4999}{3,842 \cdot 0,029}} = \frac{5000}{1 + \frac{0,4999}{0,1114}} \approx 911 \text{ sztuk} .$$

Gdyby zwiększyć dopuszczalne oszacowanie błędu, tj. np. dla $d = 0,1$, otrzymamy wtedy $\hat{c} = 100$ sztuk.

Dla dalszych obliczeń przyjmujemy $\hat{c} = 911$ sztuk, które należy wylosować zależnie, a następnie poddać badaniom.

Krok 3. Niech wyniki badań tej próby wykazują, że należy wymienić 16 sztuk. Zatem intensywność wymian z próby wyniesie :

$$\hat{\lambda} = \hat{\delta}/C = 16/911 \approx 0,018 .$$

Krok 4. Określić przedział ufności dla oszacowanie liczby uszkodzonych CzZ w całej populacji. Zastosować wzór :

$$P\left\{ \hat{\lambda} - u_{\epsilon} \sqrt{\left(\frac{1}{c} - \frac{1}{C}\right) \hat{\lambda} (1 - \hat{\lambda})} < p < \right. \\ \left. < \hat{\lambda} + u_{\epsilon} \sqrt{\left(\frac{1}{c} - \frac{1}{C}\right) \hat{\lambda} (1 - \hat{\lambda})} \right\} = 1 - \epsilon$$

Podstawiając odpowiednie wartości z kroku 1.2 i 3 , otrzymamy :

$$0,018 - 1,96 \cdot 0,004 < p < 0,018 + 1,96 \cdot 0,004 ,$$

czyli

$$0,01016 < p < 0,02584 ,$$

co w przeliczeniu procentowym oznacza, że przedział ufności dla szacowanej intensywności występowania uszkodzeń wynosi

$$1,016 \% < p < 2,58 \% .$$

Krok 5. Wariancję estymatora \hat{c}/C można obliczyć z wzoru :

$$\sigma^2 = \frac{C - \hat{c}}{C} \cdot \frac{pq}{C} .$$

Po podstawieniu odpowiednich wartości, otrzymamy

$$\sigma^2 = 0,0000047, \text{ stąd odchylenie standardowe } \sigma = 0,00216 .$$

Krok 6. Przyjmując, że wyniki uzyskane w kroku 4 i 5 pozwalają przyjąć dane z kroku 2 i 3 jako właściwe odzwierciedlenie stanu jakościowego badanej populacji, zatem można uznać $\hat{\lambda} \approx \Lambda^{(n)}$, a tym samym uściślić normę wg. punktów 8.1 i 8.2 .

10. Przeprowadzając obliczenia z punktu 9 dla pozostałych grup CzZ (populacji) otrzyma się pozostałe wielkości, tj. $\Lambda_{\gamma}^{(n)}$, $\Lambda_{\delta}^{(d)}$, $\Lambda^{(d)}$, jako czynniki uściślające odpowiednie normy wg. punkt. 8.1 i 8.2 .

11. Uwzględniając koncepcję podziału CzZ na cztery kategorie (punkt 2), należy z kolei wyznaczyć dla każdego OG(SOG,COG), któremu podporządkowane są magazyny zapasów mobilizacyjnych CzZ, średnie intensywności uszkodzeń(wymian części odpowiednich kategorii) zgłaszanych do konkretnych warsztatów.

Podstawę do obliczenia liczebności CzZ według proponowanych kategorii stanowią :

1. wyniki badań przeprowadzonych według punktu 9 w stosunku do każdego rodzaju CzZ ;
2. dokumentacja sprawozdawcza z warsztatów do których zostały skierowane uszkodzone egzemplarze BST ; dokumentacja ta powinna zawierać ilości wymian CzZ każdego rodzaju dokonywanych na korzyść konkretnego OG(SOG,COG) .

Powyższe dane mogą służyć jako wyjściowe do ustalenia list podziaku CzZ na kategorie.

12. Podstawowym warunkiem podziaku CzZ na kategorie jest zdolność przepustowa warsztatu w zakresie napraw i wymian części nie później niż w czasie normatywnie ustalonym dla każdego ich rodzaju, przy zapewnieniu właściwego poziomu stosowanej technologii.

Dokonana na tej podstawie analiza wyposażenia warsztatu i jego możliwości technicznych pozwala wybrać te asortymenty CzZ , których ilość wymian w ciągu roku jest względnie wysoka w stosunku do pozostałych.

13. Przyjmujemy, że każdy warsztat jednostki organizacyjnej (OG, SOG COG, warsztat samodzielnego magazynu lub składnicy) o numerze lr posiada ewidencję o dokonaniu ogólnej ilości wymian każdego rodzaju CzZ dokonanych na korzyść konkretnych jednostek; względnie każda jednostka organizacyjna dysponuje ewidencją o ogólnych liczbach wymian każdego rodzaju CzZ wykonanych w konkretnych warsztatach (własnych lub współdziałających z daną jednostką). W stosunku do zapasów mobilizacyjnych jednostki lr ² ilości wymian każdego rodzaju CzZ można utworzyć ciąg malejących wartości intensywności wymian, tj. :

$$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_\omega \quad \omega = u, v, w, g, h, \dots \quad (x)$$

gdzie

$$\lambda_j = \lambda_j^{(n)} + \lambda_j^{(d)} \quad , \quad j = 1, 2, \dots, \omega \quad ,$$

$$\lambda_j^{(n)} = z_j^{(n)-} + c_j^{(n)-} / z_j^{(n)} + c_j^{(n)} ; \quad \lambda_j^{(d)} = z_j^{(d)-} + c_j^{(d)-} / z_j^{(d)} + c_j^{(d)}$$

przy czym $\lambda_1, \dots, \lambda_\omega$ oznaczają sumę intensywności wymian uszkodzonych części występujących w BST i magazynowanych luzem, lecz wymienionych w różnych warsztatach, tj. na poziomie 0, 1, 2 i 3 łącznie. Jeśli jakaś część znajduje się w indywidualnym zestawie egzemplarza BST określonego typu zalicza się ją do części występujących w tym egzemplarzu.

Oczywiście może się zdarzyć, że uszkodzony egzemplarz BST będzie wymagał wymiany części więcej niż jednego rodzaju. Wtedy, mając na uwadze racjonalność wykorzystania warsztatów, dany egzemplarz BST powinien być kierowany do tego warsztatu (spośród obsługujących dany OG(SOG,COG)), którego urządzenia zapewniają wykonanie operacji najbardziej złożonej, a przy "okazji" wykona on również wszystkie pozostałe wymiany. Postulat ten traktowany jako założenie nie zmienia istoty formowania powyższego (x) ciągu intensywności wymian, lecz raczej uściśla go w sensie konkretyzacji liczby wymian poszczególnych rodzajów CzZ na korzyść poszczególnych jednostek organizacyjnych.

14. Takie ciągi intensywności wymian można zestawiać dla każdej jednostki organizacyjnej (posiadającej zapasy mobilizacyjne) na każdym poziomie struktury zaopatrzenia. Każdy element występujący w tych ciągach będzie odzwierciedlał faktyczną intensywność wymian różnych rodzajów CzZ dokonanych w ubiegłym okresie sprawozdawczym na korzyść każdej jednostki organizacyjnej prowadzącej gospodarkę zapasami mobilizacyjnymi CzZ .

14.1. Mając na uwadze rozwiązanie problemu racjonalnej rejonizacji zapasów mobilizacyjnych CzZ (magazynowanych luzem) w oparciu o ustaloną ich normę (por. p-kt 8.2), tzn. dysponowanie tylko tymi ich rodzajami, które mogą być wykorzystane przez warsztaty obsługujące konkretne OG(SOG,COG), samodzielne magazyny i składnice), tj. przez warsztaty OG, SOG, COG, BR ZT, BR armijne, zakłady remontowo-naprawcze

frontu i zaplecza, należy przyjąć określoną metodykę ustalania normatywów magazynowych.

14.2. A zatem, na podstawie punktu 13 można dla każdego OG(SOG, COG) samodzielnego magazynu i skłednicy) zestawić tablicę intensywności wymian każdego rodzaju CzZ dokonanych w odpowiednich warsztatach na każdym poziomie.

14.2.1. Na poziomie 0 intensywności wymian każdego rodzaju CzZ dokonanych we własnych warsztatach jednostek organizacyjnych, utworzą ciąg uporządkowany według kolejnych numerów tych jednostek, tj. $O_r = O_1, O_2, \dots, O_M$ występujących na tym poziomie, czyli :

$$\begin{array}{ccccccc}
 \lambda_{101} & : & \lambda_{102} & \dots & \lambda_{10r} & \dots & \lambda_{10M} \\
 \lambda_{201} & : & \lambda_{202} & \dots & \lambda_{20r} & \dots & \lambda_{20M} \\
 \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 \lambda_{\omega 01} & : & \lambda_{\omega 02} & \dots & \lambda_{\omega 0r} & \dots & \lambda_{\omega 0M}
 \end{array}$$

gdzie pierwsza liczba indeksu przy λ oznacza numer CzZ ($j=1,2,\dots,\omega$, $\omega = u,v,w,g,h$), natomiast drugie numer poziomu (nr.0), a trzecia numer jednostki organizacyjnej $O_r = O_1, O_2, \dots, O_M$.

14.2.2. Na poziomie 1 w analogiczny sposób można zestawić tablicę intensywności wymian każdego rodzaju CzZ dokonanych w BR ZT i warsztatach samodzielných magazynów na tym poziomie na korzyść powyższych OG(SOG, magazynów), czyli

$$\begin{array}{ccccccc}
 \lambda_{111} & : & \lambda_{112} & \dots & \lambda_{11r} & \dots & \lambda_{11M} \\
 \lambda_{211} & : & \lambda_{212} & \dots & \lambda_{21r} & \dots & \lambda_{21M} \\
 \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 \lambda_{\omega 11} & : & \lambda_{\omega 12} & \dots & \lambda_{\omega 1r} & \dots & \lambda_{\omega 1M}
 \end{array}$$

14.2.3. Analogiczne zestawienia - dla poziomów, 2 i 3.

15. Powyższe ujęcie intensywności wymian na każdym poziomie można dostosować do możliwości wymian CzZ wykonywanych w różnych typach warsztatów odpowiadających charakterowi obsługiwanych oddziałów i ZT.

Na przykład, schemat zestawienia w p-cie 14.2.1 można składać się z kilku niezależnych części, a m.in. dla ZT piechoty zmechanizowanej, ZT wojsk pancernych, itd. co nie wpływa na dalszy tok procesu określenia normatywów magazynowych.

16. Na podstawie danych w p-tach od 14.2.1 do 14.2.3 o intensywnościach wymian należy obliczyć dla każdego rodzaju CzZ średnią intensywność na każdym poziomie, a mianowicie :

16.1. na poziomie 0 kolejno dla CzZ o numerach $j=1, \dots, \omega$:

$$\bar{\lambda}_{10} = \sum_{r=1}^M \lambda_{10r} ; \bar{\lambda}_{20} = \sum_{r=1}^M \lambda_{20r} ; \dots ; \bar{\lambda}_{\omega 0} = \sum_{r=1}^M \lambda_{\omega 0r}$$

16.2. na poziomie 1, analogicznie :

$$\bar{\lambda}_{11} = \sum_{r=1}^M \lambda_{11r} ; \bar{\lambda}_{21} = \sum_{r=1}^M \lambda_{21r} ; \dots ; \bar{\lambda}_{\omega 1} = \sum_{r=1}^M \lambda_{\omega 1r}$$

16.3. Analogicznie - dla poziomów 2 i 3.

17. W rezultacie obliczeń według punktów 16, otrzymamy zestawienie średnich intensywności wymian każdego rodzaju CzZ dokonanych na każdym poziomie na korzyść wszystkich jednostek organizacyjnych posiadających zapasy mobilizacyjne, a mianowicie :

$$\begin{array}{cccc}
\bar{\lambda}_{10} & , & \bar{\lambda}_{11} & , & \bar{\lambda}_{12} & , & \bar{\lambda}_{13} & , \\
\bar{\lambda}_{20} & , & \bar{\lambda}_{21} & , & \bar{\lambda}_{22} & , & \bar{\lambda}_{23} & , \\
\vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & \\
\bar{\lambda}_{\omega 0} & , & \bar{\lambda}_{\omega 1} & , & \bar{\lambda}_{\omega 2} & , & \bar{\lambda}_{\omega 3} & ,
\end{array}$$

Wielkości te stanowią podstawę dla wyznaczenia przedziałów intensywności wymian każdego rodzaju CzZ występujących w poszczególnych jednostkach organizacyjnych o numerze lr , tj. $l=0,1,2,3$; $r=1, \dots, M$.

Wiadomo jednak, że ze względu na znaczną ilość czynników nie w pełni mierzalnych odzwierciedlających warunki gospodarowania CzZ (magazynowania, obsługi technicznych, transportu itp.) w każdej jed-

nostce organizacyjnej, nie można ustalić adekwatnej reguły w celu wyznaczenia ostrej granicy między przedziałami intensywności wymian dokonywanymi przez poszczególne warsztaty (różnych typów) na kolejnych poziomach.

W związku z tym, w celu wyznaczenia granic tych przedziałów proponuje się zastosowanie metody kolejnych przybliżeń (tj. skoko dokonywanych w kolejnych latach) na umożliwiającej stopniowe korygowanie normatywów magazynowych CzZ według ich przyporządkowania do odpowiednich kategorii.

17.1. Dla wyznaczenia granic przedziałów intensywności wymian CzZ rodzaju j proponuje się przyjąć następujące założenia dodatkowe :

1. Wyróżnić cztery podstawowe odcinki przedziałów wartości intensywności odpowiadające podziałowi CzZ na cztery kategorie, zgodnie z p-tem 2.
2. W celu wyznaczenia wielkości każdego z tych przedziałów stosować jednocześnie dwa podstawowe kryteria :
 - a) na kolejnych poziomach (począwszy od poziomu 0) wprowadzać wzrost intensywności wymian, tj. od początku przedziału $\lambda_{j0r} = 0$ do końca przedziału $\lambda_j = \max \lambda_{j4r}$;
 - b) w granicach przedziałów dla poszczególnych poziomów uwzględnić możliwości techniczne warsztatów w zakresie dokonywania wymian każdego rodzaju części.

17.2. Przedziały intensywności wymian dla każdego rodzaju CzZ można wyznaczyć następująco :

1. Przedział dla każdego $j = 1, 2, \dots, \omega$; $\omega = u, v, w, g, h$, na poziomie 0 w granicach

- lewa : $\lambda_{j0r} = 0$;

- prawa :

$$\frac{\bar{\lambda}_{j0} + \bar{\lambda}_{j1}}{2}$$

przy czym wartości $\bar{\lambda}_{j1}$ ($l=0, 1, 2, 3$) pobrać z zestawienia w p-cie

2. Przedział dla każdego j na poziomie 1 w granicach :
lewa : jak granica prawa na poziomie 0, lecz ze znakiem ,
prawa :

$$\frac{j_1 + j_2}{2} .$$

3. Przedział dla każdego j na poziomie 2 w granicach :
- lewa : jak granica prawa na poziomie 1 , lecz ze znakiem
- prawa :

$$\frac{j_2 + j_3}{2} .$$

4. Przedział dla każdego j na poziomie 3 w granicach :
- lewa : jak granica prawa dla poziomu 2, lecz ze znakiem ,
- prawa : $j_4 = \max j_{3r} , r = 1, \dots, M .$

17.2. Powyższy tok postępowania jest oparty na generalnej zasadzie, aby jednostki organizacyjne, głównie - liniowe, w poważnym stopniu zwolnić od dokonywania wymian wymagających złożonych operacji technicznych i technologicznych, nastawiając je na ograniczone ilościowo i jakościowo wymiany części i naprawy BST, natomiast coraz większą intensywność napraw o wzrastającej złożoności operacji przesuwając na warsztaty szczebla ZT , OW i zakłady centralne

18. A zatem, zaliczenie danego rodzaju CzZ do odpowiedniej kategorii zależy przede wszystkim od wielkości intensywności jej wymiany w warsztatach na właściwym poziomie wyposażenia technicznego. Inaczej mówiąc, pewna CzZ może być zaliczona do jednej, dwóch lub więcej kategorii, jeśli tylko wynika to ze stosowanej polityki gospodarowania CzZ i racjonalności ekonomicznej wykorzystania (w okresie "P") warsztatów na poszczególnych poziomach, oceniając z punktu widzenia ich maksymalnej wydajności technologicznej, zgodnie z ich przeznaczeniem w Systemie Ochrony Czasowej.

Powyższe podejście (począwszy od p-tu 9) do ustalania normatywów magazynowych CzZ zapasów mobilizacyjnych w poszczególnych jednostkach organizacyjnych (wg. p-tu 8.2) pozwoli na uściślenie indywidualne tych normatywów nie tylko w zależności od faktycznych wyników działania Systemu Ochrony Czasowej w zakresie konserwacji BST i ich CzZ, lecz również zwolni magazyny tych jednostki od nadmiernych obciążeń zbędnymi zapasami, zwłaszcza odnośnie tych rodzajów CzZ, których wymiany na danym poziomie mogą występować prohibicyjnie rzadko.

2. Najokreślane wyniki opracowania dowodzą niezbicie, że w celu ustalenia możliwie adekwatnego obrazu potrzeb do części zamiennych wyznaczonych grup uzbrojenia w okresie "W", tj. zarówno dla ustalenia dla nich norm jednostkowych jak i normatywów magazynowych na poszczególnych szczeblach struktury organów zaopatrzenia, należy przeprowadzić oddzielne badania (teoretyczne) uwzględniające nie tylko przewidywany charakter dynamiki walki zbrojnej, lecz również uwzględnić warianty polityki zaopatrzenia wojsk w części zamiennych oraz możliwe zmiany organizacyjno-techniczne i technologiczne zachodzące w Systemie Ochrony Czasowej okresu "B".
3. Przyjmując za podstawę kryteria dotyczące: 1^o racjonalności gospodarowania częściami zamiennymi i 2^o - określoną możliwością techniczną (w zakresie napraw i remontów) warsztatów na różnych poziomach struktury organizacyjnej wojska, ułożone w niniejszej pracy (za niezbędne dokonanie podziału części zamiennych na kategorie. Podział ten może przenieść się zarówno w okresie "P" jak i "W" do racjonalnego rozkładu poszczególnych rodzajów części w ilościach empirycznie uzasadnionych na jednostki organizacyjne (warsztaty, magazyny),

WNIOSKI OGOLNE

1. W opracowaniu przedstawiono metodykę wyznaczania wielkości norm jednostkowych oraz normatywów magazynowych dla poszczególnych rodzajów części zamiennych wyłącznie na okres "P". Odnośnie normatywów magazynowych przyjęto ich podział dotyczący zapasów bieżących na okres "P" oraz zapasów mobilizacyjnych (niezniżalnych i nienaruszalnych - na okres "W"), przy czym do normatywów magazynowych tych ostatnich włączono wielkość jednorocznego normatywu obliczoną na okres "P", traktując go jako zapas doraźny dla zaspokojenia najniezbędniejszych potrzeb w posążkowym okresie wojny.
2. Uzyskane wyniki opracowania dowodzą niezbicie, że w celu ustalenia możliwie adekwatnego obrazu potrzeb na części zamienne wyróżnionych grup uzbrojenia w okresie "W", tj. zarówno dla ustalenia dla nich norm jednostkowych jak i normatywów magazynowych na poszczególnych szczeblach struktury organów zaopatrzenia, należy przeprowadzić oddzielne badania (teoretyczne) uwzględniające nie tylko przewidywany charakter dynamiki walki zbrojnej, lecz również uzasadnione warianty polityki zaopatrywania wojsk w części zamienne oraz możliwe zmiany organizacyjno-techniczne i technologiczne zachodzące w Systemie Ochrony Czasowej okresu "W".
3. Przyjmując za podstawę kryteria dotyczące : 1^o racjonalności gospodarowania częściami zamiennymi i 2^o - określone możliwości techniczne (w zakresie napraw i remontów) warsztatów na różnych poziomach struktury organizacyjnej wojska, uznano w niniejszej pracy za niezbędne dokonanie podziału części zamiennych na kategorie. Podział ten może przyczynić się zarówno w okresie "P" jak i "W" do racjonalnego rozkładu poszczególnych rodzajów części w ilościach empirycznie uzasadnionych na jednostki organizacyjne (warsztaty, magazyny),

które przede wszystkim predystynowane są do ich wykorzystywania w ilościach zależnych od swych zdolności przepustowych.

4. Opracowane zbiory modeli normowania części zamiennych opierają się na danych, które jako wyjściowe powinien dostarczyć program "Proces". W związku z tymi potrzebami program "Proces" powinien zostać zmodyfikowany w sensie rozszerzenia bazy danych na stany ilościowe, a w miarę możliwości i stany jakościowe (w sensie stopni zużycia) broni i sprzętu technicznego, ustalane w kolejnych okresach sprawozdawczych w celu wyznaczenia faktycznych intensywności wymian. Te ostatnie dane mogą również stanowić ważny czynnik w okresowej analizie skuteczności działania istniejącego Systemu Ochrony Czasowej broni.
5. Mając na uwadze ciągłość obiektywnych zmian ilościowych i jakościowych zachodzących w technice bojowej oraz dostosowywanie do nich struktury Systemu Ochrony Czasowej, staje się niezbędne, aby proces normowania części zamiennych traktować jako ciągły, (wieloletni) stale doskonalony z punktu widzenia adekwatności modeli i rozwoju stosowanych metod statystycznych. Modele norm jednostkowych i normatywów magazynowych powinny nie tylko dostarczać informacji dotyczących stanów potrzeb ilościowych, niezbędnych do planowania na rok następny, lecz również w zakresie prognozowania średnio i długookresowego produkcji poszczególnych rodzajów części, określania stanów różnych rodzajów zapasów, odnawiania (rotacji), wydzielenia na rzecz obrony cywilnej itp.
6. Utrzymując, że istnieje dość ścisły związek między uszkodzeniami broni i sprzętu technicznego wskutek obniżania się ich stanów zdolności i działaniem Systemu Ochrony Czasowej, zwłaszcza w zakresie konserwacji, pielęgnacji, renowacji itp., pożądane jest, aby

program "Proces" dostarczał również danych dotyczących normowania materiałów konserwacyjnych zależnie od stosowanych technologii technologii konserwacji oraz uogólniał wyniki tych ostatnich zarówno z punktu widzenia bieżącego planowania działania Systemu jak i prognozowania rozwoju jego struktury i polityki gospodarki materiałowej.

Wydrukowano w 4 egz.

egz. nr 1 - 3 - WITU

egz. nr 4 - Archiwum ASG

wyk.pżk Kaczmarek, pżk Skibinski

druk L.K

dnia 10.06.75r.

nr 029

L I T E R A T U R A

1. FOKIN Ju.G : NADIEZHNOST PRI EKSPLUATACII TEHNICHESKICH SREDSTW. Wojennoje Izdat, Min.Ob. SSSR, Moskwa, 1970.
2. BIKERNAT T. i in. Metodyka badania niezawodności techniki okrętowej. Materiały na "Sokoł Zimowy - 73"
3. FOKIN Ju.G. : Niezawodność eksploatacyjna urządzeń technicznych. Wyd. MON. 1973.
4. SZYMONOK N.A., REPKIN N.F., BARWINSKIJ L.L. : Osnovy teorii nadiezhnosti i eksploatacji radioelektronoj techniki. Izd. "Sowietskoje Radio" M. 1964.
5. GORDON G. : Symulacja Systemów, WNT, Warszawa 1974.
6. ZAUTOMATYZOWANY SYSTEM PLANOWANIA zaopatrywania, ewidencji i sprawozdawczości w zakresie części wymiennych w służbie uzbrojenia i elektorniki. "PROCES". MON, Szefostwo Służby Uzbrojenia i Elektroniki. Uzbr. 1401/73, Warszawa 1973.
7. KUZNIECOW P.I., PCZELINCEW L.A., GAJDIBENKO W.S. : Optymalizacja diagnostyki systemów. Tłum. z ros. PWN, Warszawa, 1972.
8. LANGE O., BANASINSKI A. : Teoria statystyki. PWE, Warszawa, 1968.
9. CHORAFAS D.N. : Procesy statystyczne i niezawodność urządzeń Warszawa, 1963.
10. MAZUR T. : Statystyczna metoda planowania normatywów zapasów magazynowych części zamiennych. "Wojskowy Przegląd Ekonomiczny", nr. 2/1974.
11. CZĘŚCI ZAMIENNE MASZYN I URZĄDZEŃ W GOSPODARCE NARODOWEJ Wyd. NOT, Warszawa 1957.
12. KOZNIĘWSKA I. : Teoria odnowienia. PWE, Warszawa, 1965.
13. LEE T.C., JUDGE G.G., ZELLNER A. : Estimating the parameters of the Markov probability model from aggregate time series data. Amsterdam, London, 1970.
14. FIRKOWICZ Sz. : Statystyczne badanie wyrobów. WNT, Warszawa 1970.
15. JAŻWIŃSKI J. : Statystyczne badania niezawodności maszyn w procesie eksploatacji. Materiały Konferencji pt. "Niezawodność pracy maszyn i urządzeń a gospodarka konserwacyjno-naprawcza". Warszawa, 1970.

PRZYKŁAD DOTYCZĄCY ALGORYTMU DLA MODELU A - I

Ad.1. Przedmiotem normowania są części zamienne w zbiorze broni strzeleckiej {S} typu s_α dla $\alpha=8$, tj. 7,62 mm RPKS.

Ad.2. Normowaniu podlega część wymienna α_j dla $j=22$, tj. np. sprężyna iglicy występująca w jednym egzemplarzu s w ilości 1 sztuka.

Ad.3. Powyższa część $j=22$ występuje ponadto w dwóch typach s , tj. $\alpha=5$ pod numerem $j=36$ w ilości 1 sztuka
 $\alpha=6$ " " $j=27$ " 1 sztuka

Ad.4. Z listy jednostek (OG, SOG, i COG) na poziomie "0" wybrać te, na wyposażeniu których znajdowały się w ubiegłym roku kalendrzowym typy s_α , $\alpha=8,5,6$; dla każdego OG ustalić ich ilości egzemplarzy oraz występujące w nich ilości części wymiennych nr. $j=22,36,27$. Dane te ująć w zestawieniu tabelarycznym :

Lp	numery JW OG, SOG, COG	numery typów S								
		8			5			6		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	nr		1			1			1	
2	nr.		1			1			1	
.										
.										
x	nr.		1			1			1	
			-			-				

gdzie kolumny nr. 3,6,9 dotyczą liczebności egzemplarzy danego typu,

kolumny nr. 4,7,10 - ilość sztuk j -tej części wymiennej w jednym egzemplarzu tego typu,

" nr. 9,10,11- zawierają iloczyn obu poprzednich kolumn,

Suma kolumn 5,8 i 11 dają ilość części wymiennych sprawnych, występujących w ww typach użytkowanych BST.

- Ad. 5 Wykonać zestawienie OG (na poziomie "0") mających w końcu ubiegłego roku kalendarzowego pewne ilości broni ww typów w naprawie i renowacji (w warsztatach własnych i BR) oraz poza jednostką. Zestawienie wykonać wg. analogicznej tabeli jak w p-cie 4.
- Ad. 6. Wykonać zestawienie wyników końcowych dla poziomu "0", wg. tabel w p-tach 4 i 5, tj. zsumować wyniki pozycji 5,8 i 11 obu tabel (z p-tów 4 i 5).
- Ad. 7. Kroki 4,5 i 6 powtórzyć kolejno dla poziomów 1,2 i 3, a następnie wykonać zestawienie określające liczebność całej populacji generalnej i-tej części występującej w typach nr. 8,5 i 6 bieżąco użytkowanych, tj. odpowiednio dla $j=22, 26, 27$.
- Ad. 8. Podzielić jednostki (z listy 4) na klasy $v=1, \dots, n_0$ (na poziomie 0).
- Ad. 9. Dla każdej z klas $v=1, \dots, n_0$ obliczyć na podstawie zestawień z p-tów 4 i 5 liczebność $z_j^{\beta'}$ populacji danej (wymienialnej części $j=22, 26, 27$ w egzemplarzach BST użytkowanych na poziomie 0).
- Ad.10. Dla każdej klasy ustalić liczebność $c_j^{\beta'}$ populacji egzemplarzy j -tej części wymienionych w ciągu roku na miejsce uszkodzonych (zużytych, zgubionych) w każdej jednostce organizacyjnej.
- Ad.11. Wykonać odpowiadające poziomowi "0" zestawienie zbiorcze dla $c_i^{\beta'}, z_i^{\beta'}$ oraz średnie intensywności $\bar{\lambda}_i$ wg. klas wyróżnionych w p-cie 8.

Niech ogólne zestawienie zbiorcze danych wg. p-tów 8, 9,10, tj. empiryczny rozkład wymian zawiera poniższa tabela.

Nazwa klasy	nr. klasy (v)	$c_{\beta', j}$ 8, j=22 5, j=36 6, j=27	$z_{\beta', 8, 5, 6}$	$\bar{\lambda}_{jv} = c_{jv} / z_{jv}$
Piechota zmechan.	1	300	2400	0,125
Bróń pancerna	2	250	1700	0,147
Artyleria	3	160	1300	0,123
Wojek.inżyn.i chem.	4	140	1100	0,127
Jednostki tyłowe	5	50	500	0,1
Razem		900	7000	0,129

Ad.12 i 13. Jako liczebność próby wstępnej przyjęto $n_0 = 8$.

W poszczególnych klasach ustalono wielkości prób ($x=1, \dots, 8$).

12.1.1. Niech w klasie 1 (p-kt 11) wystądo następujący rozkład populacji j-tej części :

v	1	2	3	4	5	6	7	8	
ilość części w broni użyt. z_x	450	250	100	500	200	400	300	200	2400
Ilość wymian i-tej części c_x	15	20	10	55	30	65	60	45	300
intensywność wymian λ_x	0,03	0,08	0,1	0,11	0,15	0,16	0,2	0,22	$\bar{\lambda} = 0,125$ $v=1$

12.1.2. W klasie 2 :

z_x	300	220	250	100	100	380	200	150	1700
c_x	15	15	20	10	15	70	45	60	250
λ_x	0,05	0,07	0,08	0,1	0,15	0,18	0,22	0,4	$\bar{\lambda} = 0,147$ $v=2$

12.1.3. W klasie 3 :

z_x	200	300	100	100	150	80	120	250	1300
c_x	7	15	10	13	20	15	25	55	160
λ_x	0,04	0,05	0,1	0,13	0,17	0,19	0,21	0,22	$\bar{\lambda} = 0,123$ $v=3$

12.1.4. W klasie 4 :

z_x	150	170	100	150	200	80	160	90	1100
c_x	5	10	12	17	26	13	32	25	140
λ_x	0,03	0,06	0,08	0,11	0,13	0,19	0,2	0,28	$\bar{\lambda} = 0,127$ $v=4$

12.1.5. W klasie 5 :

z_x	70	60	130	80	50	40	40	30	500
c_x	2	3	9	8	6	5	8	9	50
λ_x	0,03	0,05	0,07	0,1	0,12	0,13	0,25	0,3	$\bar{\lambda} = 0,1$ $v=5$

12.2. Według R.3-10 otrzymamy na poziomie "0" następujące macierze :

12.2.1. macierz $[z_{jo}]$ ilości części wymiennych występujących w BST użytkowanych w poszczególnych klasach $v=1, \dots, 5$ i grupach $x=1, \dots, 8$ jednostek

12.2.2. macierz $[c_{jo}]$ ilości uszkodzeń rozpatrywanej części wymiennej.

12.2.3. macierz $[\lambda_{jo}]$ intensywności uszkodzeń.

Ad. 14. Traktując powyższe ilości w klasach jako liczebności populacji, obliczyć minimalną, lecz jednakową dla wszystkich klas ilość prób jakie należy przeprowadzić w celu wybrania typu rozkładu populacji .

Sprawdzić czy liczebność s_0 próby wstępnej spełnia warunki dokładności oszacowań parametru λ . Zastosować wzory z p-tu R.4.2 - 13.

Jeżeli obliczona (z dokładnością do 1, lecz zaokrągloną zawsze w górę) liczebność właściwej próby n spełni nierówność $n \leq n_0$, to liczebność n_0 próby wstępnej jest wystarczająca. Jeżeli zaś $n > n_0$, to należy dobrać (losowo lub celowo, lecz w sensie

przyjętego kryterium podziału na klasy specjalistyczne) do właściwej próby jeszcze $n - n_0$ elementów.

Klasa 1.

λ_x	$(\lambda_x - \bar{\lambda}_{v=1})^2$
0,03	0,009025
0,08	0,002025
0,1	0,000625
0,11	0,000225
0,15	0,000625
0,2	0,005625
0,22	0,009025
=====	
Razem	0,0284

$$\bar{\lambda}_{v=1} = 0,125$$

$$\hat{s}_\lambda^2 = \frac{0,0284}{8 - 1} = 0,0041$$

Z tablicy rozkładu t Studenta dla 7 stopni swobody i dla $\alpha = 0,05$ otrzyma się wartość $t_\alpha = 2,365$.

Wg. wzoru

$$n = \frac{t_\alpha^2 \cdot \hat{s}_\lambda^2}{d^2} = \frac{(2,365)^2 \cdot 0,0041}{(0,1)^2} = 2,3 \approx 3$$

Ponieważ $n = 3$ $8 = n_0$, zatem ilość ta wyczerpuje potrzeby pomiaru wstępnego przy błędzie maksymalnym $d = 10\%$. Przyjmując $d = 5\%$ ilość prób wzrośnie do 10.

Aby zachować dotychczasową strukturę prób przyjmujemy dalej, że $n_0 = n = 8$, a $d \approx 6,5\%$.

Analogicznie przeprowadza się obliczenia n dla pozostałych klas.

Klasa 2 : $\bar{\lambda}_{v=2} = 0,147$, $\hat{s}_\lambda = \frac{0,130751}{7} = 0,0186$,

$n = 11$ prób przy $d = 10\%$ lub $n = 42$ przy $d = 5\%$.

Klasa 3 : $\bar{\lambda}_{v=3} = 0,123$, $\hat{s}_\lambda = \frac{0,064576}{7} = 0,0092$,

$n = 6$ prób przy $d = 10\%$ lub $n = 21$ przy $d = 5\%$.

Klasa 4 : $\bar{\lambda}_{v=4} = 0,127$, $\hat{s}_\lambda = \frac{0,079457}{7} = 0,0114$,

$n = 7$ prób przy $d = 10\%$ lub $n = 26$ przy $d = 5\%$.

Klasa 5 : $\bar{\lambda}_{v=6} = 0,1$, $\hat{s}_\lambda = \frac{0,0721}{7} = 0,0103$,

$n = 6$ prób przy $d = 10\%$ lub $n = 24$ przy $d = 5\%$.

Uogólniając, dla $\bar{\lambda} = 900/7000 = 0,129$ średnia liczebność prób $n = 7$ przy $d = 10\%$, co nie odbiega od przyjętej wstępnie liczebność $n_0 = 8$.

Ad. 15. Zastosować test sumy rang do zbadania czy wyniki prób z każdej klasy należą do tej samej populacji.

Ad. 15.1, 15.2 i 15.3, Uporządkować wyniki μ z wszystkich klas i nadać im odpowiednie rangi. $n = 5$ klas \times 8 grup wyników = 40.

μ	występuje w klasach	kolejne rangi	ranga średnia
0,03	1, 4, 5	1, 2, 3	$1+2+3/3 = 2$
0,04	3	4	4
0,05	2, 3, 5	5 6 7	$5+6+7/3 = 6$
0,06	4	8	8
0,07	2, 5	9, 10	$9+10/2 = 9,5$
⋮	⋮	⋮	⋮
0,3	5	39	39
0,4	2	40	40

Klasa 1		2		3		4		5	
wynik	ranga	wynik	ranga	wynik	ranga	wynik	ranga	wynik	ranga
0,03	2	0,05	6	0,04	4	0,03	2	0,03	2
0,08	12	0,07	9,5	0,05	6	0,06	8	0,05	6
0,10	15,5	0,08	12	0,1	15,5	0,08	12	0,07	9,5
0,11	18,5	0,1	15,5	0,13	22	0,11	18,5	0,1	15,5
0,15	24,5	0,15	24,5	0,17	27	0,13	22	0,12	20
0,16	26	0,18	28	0,19	29,5	0,19	29,5	0,13	22
0,20	31,5	0,22	35	0,21	33	0,2	31,5	0,25	37
0,22	35	0,4	40	0,22	35	0,28	38	0,3	39
suma	165,0	suma	170,5	suma	172,0	suma	161,5	suma	151,0

Ad. 15.4.

$$\chi^2 = \frac{12}{40 \cdot 41} \left(\frac{165,0}{8} + \frac{170,5}{8} + \frac{172,0}{8} + \frac{161,5}{8} + \frac{151,0}{8} \right) - 3 \cdot 41 = 0,00732 \cdot 17022 - 123 = 1,6$$

Ad. 15.5. Z tablicy rozkładu χ^2 dla $k-1=5-1=4$ stopnie swobody i dla poziomu istotności $\varepsilon=0,05$ wartość krytyczna $\chi_{\varepsilon}^2 = 9,488$.
Ponieważ $\chi^2 = 1,6 < 9,488 = \chi_{\varepsilon}^2$ zatem można przyjąć hipotezę H_0 , że wyniki prób dotyczą jednej populacji, a tym samym jej rozkład uznać jako wspólny dla wyróżnionych klas.

Ad. 16. Występuje wypadek drugi, tj. 16.2 wg. algorytmu (R.4.2-16).

W związku z tym :

16.2. Wartości średnie z próby dla x_j , c_j i λ_j oraz odchylenia standardowe z próby dla \bar{s}_x i \bar{s}_{c_x} , obliczone z wzorów R.4.1-9,1 wynoszą :

nr. klasy	Z_v		c_v		λ_v
	\bar{z}_v	s_{z_v}	\bar{c}_v	s_{c_v}	
1	300	130,0	38	20,8	0,125
2	213	91,3	31	22,0	0,147
3	163	74,0	20	14,3	0,123
4	138	40,0	18	8,6	0,127
5	63	30,0	6	2,5	0,1

Ad. 17. Przedziały ufności dla \bar{z}_v i \bar{c}_v (wypadek 14.2)

w poszczególnych klasach, obliczone na podstawie wzorów z R.4.1 - 9.3, będą :

nr. klasy	\bar{x}_v	\bar{c}_v
1	$184 < \bar{x}_1 < 416$	$19 < \bar{c}_1 < 57$
2	$131 < \bar{x}_2 < 295$	$11 < \bar{c}_2 < 51$
3	$77 < \bar{x}_3 < 249$	$7 < \bar{c}_3 < 33$
4	$98 < \bar{x}_4 < 178$	$10 < \bar{c}_4 < 26$
5	$36 < \bar{x}_5 < 90$	$4 < \bar{c}_5 < 8$

Oznacza to, że prawdziwe wartości średnie w powyższych dwóch populacji generalnych poszczególnych klas, są objęte tymi przedziałami z prawdopodobieństwem 0,95.

Ad. 18. Przedziały ufności dla wariancji σ^2 populacji x_v i c_v z próby, obliczono wg. wzoru z R.4.1 - 9.1 i R.4.1 - 9.4.1 .

x_j nr. klasy	$(x_v - \bar{x}_v)^2 = n s_v^2$	$\frac{n s_v^2}{a_2} < \sigma^2 < \frac{n s_v^2}{a_1}$	przedział dla odchylenia stand.
1	135000	$5600 < \sigma^2 < 86600$	$75 < \sigma < 294$
2	66543	$2760 < \sigma^2 < 43000$	$53 < \sigma < 208$
3	43840	$1815 < \sigma^2 < 28400$	$43 < \sigma < 168$
4	12752	$529 < \sigma^2 < 8160$	$23 < \sigma < 90$
5	7152	$297 < \sigma^2 < 4570$	$17 < \sigma < 68$

c_j nr. klasy	$(c_v - \bar{c}_v)^2 = n s_{c_v}^2$	$\frac{n s_{c_v}^2}{a_2} < \sigma^2 < \frac{n s_{c_v}^2}{a_1}$	przedział dla odchylenia stand.
1	3450	$143 < \sigma^2 < 2230$	$12 < \sigma < 47$
2	3931	$168 < \sigma^2 < 2515$	$13 < \sigma < 25$
3	1618	$67 < \sigma^2 < 1035$	$8 < \sigma < 32$
4	589	$24,4 < \sigma^2 < 377$	$5 < \sigma < 19$
5	52	$2,2 < \sigma^2 < 33,4$	$2 < \sigma < 6$

Ad. 19. Zastosować test zgodności χ^2 do sprawdzenia hipotezy, że rozkład uszkodzeń (wymian) i -tej części jest normalny.

W związku z tym dla poszczególnych klas przeprowadzić następujące obliczenia ; ujęto je w postaci tabeli, w której dane występujące w kolumnach 1 i 2 pobrano z kroku 12.1.1.

Klasa 1.

λ_x	z_x	$\hat{\lambda}_x - \bar{\lambda}_v$	$u_x = \frac{\lambda_x - \bar{\lambda}_v}{\sigma_{\lambda}}$	$F(u_x)$	P_x
1	2	3	4	5	6
0,03	450	-0,095	-0,15	-0,4209	0,4209
0,08	250	-0,045	-0,07	-0,4483	0,0274
0,1	100	-0,025	-0,04	-0,4602	0,0119
0,11	500	-0,015	-0,02	-0,4681	0,0079
0,15	200	+ 0,025	+ 0,04	+ 0,5315	0,0634
0,16	400	0,035	0,06	0,5394	0,0079
0,2	300	0,075	0,12	0,5674	0,0270
0,22	200	0,095	0,15	0,5791	0,4326
$\sum_v Y$ 2400					1.0000

Dla $\bar{\lambda}_v = 0,125$, $\sigma_{\lambda} = \sqrt{\sum_{x=1}^8 (\lambda_x - \bar{\lambda}_v)^2} = 0.64$, $\varepsilon = 0,05$

$z_v p_x$	$(z_x - z_v p_x)^2$	$\frac{(z_x - z_v p_x)^2}{z_v p_x}$
7	8	9
1010	313600	310
68	33124	487
29	5041	174
19	231342	12177
152	2304	15
19	145161	7650
1065	55225	850
1038	702244	678
2400		27764

Z tablicy rozkładu χ^2 dla $8-2-1 = 5$ stopni swobody i $\varepsilon = 0,05$ wartość krytyczna $\chi^2 = 11,07$.

Ponieważ $\chi^2 = 27764 > 11,07 = \chi^2_{\varepsilon}$, zatem brak podstaw do uznania hipotezy, że rozkład uszkodzeń w klasie 1 jest normalny.

Analogicznie obliczenia należy przeprowadzić dla pozostałych klas, sby sprawdzić czy potwierdzają powyższy wynik.

Ponieważ z układów danych w p-tach 12.1.2, 12.1.3 i 12.14 można wysnuć wniosek o powtórzeniu się poprzedniego wyniku w (w wypadkach wątpliwości należy wykonać obliczenia), ograniczymy się tylko do klasy 5.

Klasa 5.

λ_x	c_x	$\lambda_x - \bar{\lambda}_v$	$u_v = \frac{\lambda_x - \bar{\lambda}_v}{\sigma_\lambda}$	$F(u_v)$	P_{2x}
1	2	3	4	5	6
0,03	70	-0,07	-0,094	0,4444	0,4444
0,05	60	-0,05	-0,068	0,4524	0,0080
0,07	130	-0,03	-0,041	0,4644	0,0120
0,1	80	-	0	0,4801	0,0157
0,12	50	+0,02	+0,027	0,5319	0,0518
0,13	40	0,03	0,041	0,5357	0,0038
0,25	40	0,15	0,203	0,6020	0,0663
0,3	30	0,2	0,270	0,6212	0,3980
$n_v = 500$					1,0000

Dla $\lambda_v = 0,1$, $\sigma_\lambda = \sqrt{\sum_{v=1}^n |\mu_v - \mu|} = 0,74$, $\varepsilon = 0,05$

c_{vp_x}	$(c_x - c_{vp_x})^2$	$\frac{(c_x - c_{vp_x})^2}{c_{vp_x}^2}$
7	8	9
222	23104	104
1	3481	3481
6	16641	2780
8	5184	649
27	529	20
2	440	220
34	36	1
200	28900	145
500		7400

Wynik $\chi^2 = 7400 > 11,07 = \chi^2_{\epsilon}$ potwierdza konieczność odrzucenia hipotezy H_0 we wszystkich klasach.

Ad. 20. Podstawiając do wzoru Moivre'a - Laplace'a dane poziomu "0", tj. $Z = 7000$, $c = 900$, $p = 0,129$, otrzymamy :

$$P\{7000=900\} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 7000 \cdot 0,129 \cdot 0,871}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(900-7000 \cdot 0,129)^2}{2 \cdot 7000 \cdot 0,129 \cdot 0,871}\right) = 0,01 .$$

co praktycznie rzecz biorąc oznacza, że liczba uszkodzeń może się zmienić. Tym samym, należy zrezygnować ze stosowania rozkładu normalnego, ponieważ nie daje zadowalających odpowiedzi na pytania dotyczące istoty zachodzących zmian.

Ad. 21. Przechodząc do typu rozkładów wykładniczych dla każdej próby w klasie 1. obliczamy $p_v = e^{-\lambda v}$, gdzie jak poprzednio λ_x jest intensywnością uszkodzeń populacji z próby.

Wyniki obliczeń zawiera kolumna 2 poniższej tabeli.

λ_x	p_x	c_x	cp_x	$ c_x - cp_x $	$(c_x - cp_x)^2$	$\frac{(c_x - cp_x)^2}{cp_x}$
1	2	3	4	5	6	7
0,03	0,0322	15	10	5	25	2,5
0,08	0,0806	20	24	4	16	0,7
0,10	0,0988	10	30	20	400	13,3
0,11	0,1079	55	32	23	529	16,5
0,15	0,1429	30	42	12	144	3,4
0,16	0,1516	65	46	19	361	7,9
0,20	0,1849	60	56	4	16	0,3
0,22	0,2011	45	60	15	225	3,8
	1,000	300	300			48,4

Ponieważ $\chi^2 = 48,4 > 12,59 = \chi_{\epsilon=0,05}^2$ (przy 6 stopniach swobody) zatem hipotezę $H_1: F(\lambda) \in Z_1$ należy odrzucić. Porównując jednak wartości χ^2 z rozkładu normalnego z otrzymaną stwierdza się wydatnie jej zmniejszenie, wyrażające tendencję zmniejszenia do zera.

Analogicznie obliczenia można przeprowadzić dla pozostałych klas, a następnie wyniki uśrednić dla całego poziomu "0".

Ad. 22. Dla każdej grupy $\chi (=1, \dots, s)$ i klasy $v (=1, \dots, n)$ poziomowi "0" obliczyć (na podstawie wzorów R.2.2.-14+1 i 14.4 .

- wartość chwilową funkcji niezawodności $R(\lambda)$,
- przedziały ufności dla $\epsilon = 0,05$ $R(\lambda; \epsilon)$, $\bar{R}(\lambda; \epsilon)$,
- wartość oczekiwaną części wymiennych \bar{c}_j .

Wyniki obliczeń dla grup (klasy 1 :

χ	$z_{2\epsilon}$	$c_{2\epsilon}$	λ_x	$R(\lambda)$	Przedziały				
					$F_{\epsilon}(2c; 2z)$	$R(\lambda; \epsilon)$	$F_{\epsilon}(2z; 2c)$	$\bar{R}(\lambda; \epsilon)$	\bar{c}_x
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	450	15	0,03	0,968	1,62	0,949	1,47	0,978	15,25
2	250	20	0,08	0,926	1,53	0,891	1,42	0,947	20,76
3	100	10	0,10	0,909	1,88	0,842	1,62	0,942	10,47
4	500	55	0,11	0,901	1,30	0,875	1,27	0,920	57,81

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	200	30	0,15	0,870	1,41	0,825	1,35	0,900	32,04	
6	400	65	0,16	0,860	1,25	0,833	1,24	0,886	68,75	
7	300	60	0,20	0,833	1,27	0,797	1,25	0,862	65,25	
8	200	45	0,22	0,816	1,33	0,774	1,31	0,856	48,39	
Raz. 2400		300							318,72	

Wykonując powyższe obliczenia dla klasy 1 na podstawie średniej wartości $\bar{\lambda}_{v=1} = 0,125$, $z_v = 2400$, $c_v = 300$, otrzymano się

$$R(\lambda) = 0,889, \quad R(\bar{\lambda}; \varepsilon) = 0,874, \quad \bar{R}(\bar{\lambda}; \varepsilon) = 0,902, \quad \bar{c}_v = 317,28.$$

Klasa 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	300	15	0,05	0,952	2,09	0,905	1,71	0,972	15,37	
2	250	15	0,07	0,943	2,09	0,872	1,70	0,960	17,92	
3	250	20	0,08	0,926	1,87	0,870	1,62	0,953	20,76	
4	100	10	0,10	0,909	2,59	0,794	1,93	0,951	10,47	
5	100	15	0,15	0,869	2,12	0,759	1,77	0,922	16,02	
6	380	70	0,18	0,844	1,40	0,799	1,32	0,880	74,13	
7	200	45	0,22	0,816	1,52	0,820	1,43	0,867	48,39	
Raz. 1700		250							272,79	

Dla wartości średniej $\bar{\lambda}_{v=2} = 0,147$, $z_v = 1700$, $c_v = 250$,

Klasa 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	150	5	0,03	0,968	4,40	0,883	2,27	0,987	5,08	
2	170	10	0,06	0,944	2,56	0,867	1,88	0,969	10,48	
3	100	12	0,12	0,893	2,35	0,842	1,85	0,959	12,66	
4	150	17	0,11	0,898	2,01	0,819	1,69	0,939	17,40	
5	200	26	0,13	0,889	1,75	0,815	1,56	0,933	27,43	
6	80	13	0,19	0,860	2,27	0,699	1,85	0,907	16,09	
7	160	32	0,20	0,833	1,65	0,752	1,52	0,884	34,80	
8	90	25	0,28	0,783	1,79	0,666	1,64	0,854	28,09	
Razem: 1100		140							152,03	

Dla wartości średniej $\bar{\lambda}_{v=4} = 0,127$, $z_v = 1100$, $c_v = 140$

otrzymamy :

$$R(\lambda) = 0,887, \quad \underline{R}(\bar{\lambda}, \varepsilon) = 0,873, \quad \bar{R}(\bar{\lambda}, \varepsilon) = 0,901, \quad \bar{c}_v = 147,89$$

Klasa 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	70	2	0,03	0,972	5,66	0,855	2,43	0,988	2,13	
2	60	3	0,05	0,952	3,71	0,844	2,17	0,977	3,08	
3	130	9	0,07	0,935	1,94	0,880	1,65	0,959	9,40	
4	80	8	0,10	0,909	2,05	0,823	1,71	0,945	8,37	
5	50	6	0,12	0,893	2,35	0,780	1,85	0,939	6,33	
6	40	5	0,13	0,889	2,60	0,747	1,95	0,938	5,49	
7	40	8	0,25	0,833	2,08	0,658	1,77	0,876	10,62	
8	30	9	0,30	0,769	2,11	0,612	1,78	0,856	10,11	
Raz. 500		50							55,53	

Dla wartości średniej $\bar{\lambda}_{v=5} = 0,1$, $z_v = 500$, $c_v = 50$

otrzymamy :

$$R(\lambda) = 0,909, \quad \underline{R}(\bar{\lambda}, \varepsilon) = 0,887, \quad \bar{R}(\bar{\lambda}, \varepsilon) = 0,926, \quad \bar{c}_v = 52,34.$$

W wyniku obliczeń ilości części j-tego rodzaju, przewidzianych do wymiany w zbiorowości użytkowanych w ciągu roku 700 sztuk (na poziomie "0"), przypada na jeden egzemplarz

1. według grup poszczególnych klasach - 980 sztuk, tj. 0,14 sztuk, w przedziale ufności (0,612, 0,988) ;

2. według klas - 953,07, tj. 0,137 sztuk w przedziale ufności (0,869, 0,926),

3. według intensywności średniej dla poziomu "0". tj. = 0,129 :

$R() = 0,866$, $R(;) = 0,886$, $\bar{R}(,) = 0,886$, $c = 956,13$,
tj. 0,1366 ,

Oczywiście należy przyjąć jako praktycznie najbardziej prawdopodobne wyniki według grup, gdyż względnie najpełniej odzwierciedlają złożoność rozpatrywanej populacji.

x

x

x

Jeśli rozpatrywany typ lub typy broni (BST) występują w jednostkach organizacyjnych na pozostałych poziomach systemu zaopatrzenia (np. w pododdziałach ochrony), należy dla każdego poziomu przeprowadzić analogiczne badania jakości populacji tegoż rodzaju części wymiennej, a następnie po zsumowaniu według grup i poziomów porównać z liczebnością populacji generalnej.

Wynik ilorazu można wtedy uznać jako normę jednostową CzZ j-tego rodzaju na najbliższy rok.