AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OBRONY POWIETRZNEJ

~~Do użytku służbowego.~~

Egz. nr .....

mjr mgr inż. Jacek MATYSZCZAK

mjr mgr inż. Zbigniew PODGÓRNY

ŻYWOTNOŚĆ STANOWISKA DOWODZENIA SZCZEBLA TAKTYCZNEGO OBRONY POWIETRZNEJ

ROZPRAWA DOKTORSKA

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Akademii Obrony Narodowej
Nr ewid. 57166

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/3048 + zał.2a
05-003048-002-0

WARSZAWA 1996

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OBRONY POWIETRZNEJ

~~Do użytku służbowego.~~

Egz. nr.....

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 57166
Akademii Obrony Narodowej

mjr mgr inż. Jacek MATYSZCZAK

mjr mgr inż. Zbigniew PODGÓRNY

ŻYWOTNOŚĆ STANOWISKA DOWODZENIA SZCZEBLA TAKTYCZNEGO OBRONY POWIETRZNEJ

ROZPRAWA DOKTORSKA

Praca doktorska

wykonana pod kierownictwem naukowym

płk. dr. hab. inż. prof. WOSR Jana JAGIELSKIEGO

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Nr ewid.
IV
Działu Zbiorów Ławnych Akademii ON

WARSZAWA 1996

SPIS TREŚCI

WSTĘP 4

WYKAZ OZNACZEŃ I SKRÓTÓW 7

1. PODSTAWY METODOLOGICZNE ROZPRAWY 9

1.1. Uzasadnienie wyboru tematu. Sformułowanie problemu naukowego i celu badań. . 9

1.2. Hipoteza robocza i główne problemy badawcze. 14

1.3. Zastosowane metody badawcze. 17

Wnioski.

2. STANOWISKO DOWODZENIA SZCZEBLA TAKTYCZNEGO OBRONY POWIETRZNEJ JAKO ZŁOŻONY SYSTEM DZIAŁANIA 23

2.1. Stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego obrony powietrznej w otoczeniu systemowym. 23

2.1.1. System dowodzenia obroną powietrzną. 23

2.1.2. System dowodzenia WLOP. 27

2.1.3. Stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego obrony powietrznej. 28

2.2. Czynniki determinujące żywotność stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego uwarunkowane strukturą wewnętrzną. 34

2.2.1. Stan osobowy. 34

2.2.2. Wyposażenie techniczne stanowiska dowodzenia. 48

2.2.3. Rozbudowa inżynieryjna stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego. 76

2.2.4. Procesy informacyjno - decyzyjne. 87

Wnioski.

3. STANOWISKO DOWODZENIA SZCZEBLA TAKTYCZNEGO OBRONY POWIETRZNEJ JAKO OBIEKT AKTYWNEGO ODDZIAŁYWANIA PRZECIWNIKA 91

3.1. Ocena podsystemu rozpoznania przeciwnika. 91

3.1.1. Możliwości wizyjnego rozpoznania stanowiska dowodzenia. 93

3.1.2. Możliwości rozpoznania radioelektronicznego stanowiska dowodzenia. 102

3.1.3. Możliwości rozpoznania agenturalnego. 111

3.2. Ocena podsystemu oddziaływania ogniowego przeciwnika. 113

3.2.1. Oddziaływanie czynników wybuchu jądrowego na stanowisko dowodzenia. 113
3.2.2. Wykorzystanie klasycznych środków walki w porażeniu ogniowym stanowiska dowodzenia. 119
3.3. Ocena podsystemu oddziaływania radioelektronicznego przeciwnika. 129
3.3.1. Charakter i właściwości zakłóceń radioelektronicznych. 131
3.3.2. Siły i środki obezwładniania radioelektronicznego. 134
3.3.3. Wpływ użycia broni masowego rażenia na działanie systemu radiolokacyjnego. 137
Wnioski.
4. MODEL MATEMATYCZNO - OCENOWY STANOWISKA DOWODZENIA SZCZEBLA TAKTYCZNEGO..... 146
4.1.Procedura tworzenia modelu identyfikacyjnego systemu stanowiska dowodzenia..... 146
4.2. Propozycje algorytmów do oceny stanowiska dowodzenia. 152
Wnioski.
5. OCENA ŻYWOTNOŚCI REALNEGO STANOWISKA DOWODZENIA. 177
5.1. Stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego w badaniach ankietowych. 177
5.2. Wnioski z badań porażenia ogniowego stanowiska dowodzenia. 188
5.2.1 Wykorzystanie modelu do określania wpływu oddziaływania ogniowego na żywotność stanowiska dowodzenia. 188
5.2.2. Ochrona i przedsięwzięcia zmierzające do zachowania żywotności stanowiska dowodzenia. 190
5.3. Wnioski z badań systemu radiolokacyjnego stanowiska dowodzenia. 197
5.3.1. Wykorzystanie modelu do oceny żywotności systemu radiolokacyjnego stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego. 197
5.3.2. Ochrona i pzrzedsięwzięcia zmierzające do zachowania żywotności systemu radiolokacyjnego. 199
ZAKOŃCZENIE..... 216
WYKAZ LITERATURY..... 218

Wstęp

Charakter narodowej doktryny wojennej Rzeczypospolitej Polskiej stawia określone wymagania w zakresie utrzymania wysokiej zdolności obronnej państwa, której istotnym czynnikiem jest system obrony powietrznej. System ten przedstawia sobą kompleks sił i środków oraz przedsięwzięć zapewniających zwalczanie przeciwnika powietrznego.

Silne ogniwo systemu obrony powietrznej stanowią związki taktyczne (oddziały) wojsk rakietowych, lotnictwa taktycznego i wojsk radiotechnicznych. Świadczy o tym ilościowy potencjał środków ogniowych, taktyczno-ogniowych możliwości oraz wysoki poziom wyszkolenia tych związków. Oddziały (pododdziały) te bronią wyznaczonych stref działania, określonego obiektu lub kierunku powietrznego.

Skuteczne wykorzystywanie potencjału ogniowego działających w systemie obrony powietrznej taktycznych oddziałów wojsk rakietowych, lotnictwa myśliwskiego uzależnione jest w głównej mierze od sposobu dowodzenia tymi siłami i środkami przez stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego. Stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego obrony powietrznej zwane jest również połączonym stanowiskiem dowodzenia (PłSD). Z miejsca tego dowodzą podległymi siłami dowódcy jednostek rozmieszczonych w strefie odpowiedzialności terytorialnej tego stanowiska.

Dezorganizacja pracy stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego lub jego obezwładnienie - jako zniszczenie jednego lub kilku najważniejszych ogniw systemu, ewentualnie przerwanie relacji między tymi ogniwami wywrze istotny wpływ na działanie systemu obrony powietrznej, natomiast wyłączenie z walki określonej liczby stanowisk dowodzenia tego szczebla poważnie naruszy ten system obrony.

Potwierdzeniem tej tezy są ostatnie konflikty zbrojne, a w szczególności konflikt w Zatoce Perskiej, które spowodowały przewartościowanie poglądów dotąd istniejących odnośnie kolejności i sposobu zwalczania obiektów mających militarne znaczenie, stawiając obecnie na pierwszym miejscu radioelektroniczne i ogniowe obezwładnianie systemów dowodzenia i rozpoznania potencjalnego przeciwnika.

Stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego jako podstawowe ogniwa w systemie obrony powietrznej stały się więc celem dla środków oddziaływania radioelektronicznego i ogniowego przeciwnika.

Znaczenie stanowisk dowodzenia w kierowaniu wojskami nakazuje podejmowanie

różnorodnych przedsięwzięć mających na celu zachowanie ich żywotności.

Żywotność rozumiana tu jest jako zdolność do realizacji zadań w warunkach oddziaływania przeciwnika.

Świadomość potrzeby oceny żywotności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego OP stały się inspiracją do podjęcia badań tego problemu oraz próby jego rozwiązania w ramach nimniejszej rozprawy doktorskiej.

Na treść rozprawy składa się pięć rozdziałów uzupełnionych niezbędnymi załącznikami.

Rozdział pierwszy formułuje istotę problemu badawczego, określa cele badań, przyjęte założenia wstępne i ograniczenia. Precyzuje hipotezę roboczą, przedstawia dotychczasowe osiągnięcia nauki i praktyki w zakresie rozpatrywanego problemu, omawia przyjęte w pracy definicje oraz metody zastosowane w procesie badawczym.

W rozdziale drugim przedstawiono usytuowanie stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego w otoczeniu systemowym, a także wpływ wyróżnionych czynników na żywotność stanowiska dowodzenia.

Rozdział trzeci zawiera ocenę podsystemu rozpoznania, oddziaływania ogniowego i oddziaływania radioelektronicznego przeciwnika.

W rozdziale czwartym przedstawiony jest algorytm ogólny, algorytmy szczegółowe programów służących do oceny struktur sieci łączności, obezwładniania ogniowego przeciwnika oraz poziomu wykonywania zadań przez stanowisko dowodzenia w warunkach oddziaływania przeciwnika.

Rozdział piąty rozprawy zawiera opis wyników badań ankietowych: wpływu oddziaływania środków ogniowych na stanowisko dowodzenia, struktury sieci łączności przewodowej, radiowej i zabezpieczenia radiolokacyjnego, a także wynik badań realizacji zadań przez zespoły funkcyjne stanowiska dowodzenia w warunkach oddziaływania przeciwnika.
W rozdziale tym określono również kierunki i sposoby zachowania żywotności stanowiska dowodzenia.

Załączniki stanowiące integralną część rozprawy znajdują się w dwóch samodzielnych pozycjach wydawniczych, przy czym jedna z pozycji posiada klauzulę *poufną*, druga natomiast do *użytku służbowego*.

Częścią wspólną opracowaną przez autorów rozprawy jest rozdział pierwszy i drugi, a także opracowany model i program do oceny realizacji zadań przez zespoły funkcyjne stanowiska dowodzenia.

Oceną możliwości rozpoznania wizyjnego, agenturalnego; oceną podsystemu oddziaływania ogniowego, ochroną przed oddziaływaniem środków ogniowych, a także opracowaniem

modelu matematycznego oddziaływania środków ogniowych na stanowisko dowodzenia zajmował się pan Jacek Matyszczak.

Oceną możliwości rozpoznania radioelektronicznego, oddziaływania radioelektronicznego przeciwnika, odpornością systemu radiolokacyjnego na rozpoznanie i zakłócenia celowe oraz oceną struktury sieci łączności radiowej i przewodowej oraz zabezpieczenia stanowiska dowodzenia w informację radiolokacyjną zajmował się w rozprawie pan Zbigniew Podgórny.

Autorzy pragną serdecznie podziękować promotorowi płk. dr. hab. inż. prof. WOSR Janowi Jagielskiemu za życzliwe rady i cenne wskazówki, które wykorzystano w toku realizacji rozprawy.

Podziękowania należą się również oficerom Katedry Systemów Kierowania i Zabezpieczenia AON, dowództwu 35 brt, a także panu dr. inż. Mirosławowi Chrzanowskiemu, dr. inż. Andrzejowi Grzelce oraz dr. inż. Piotrowi Makowskiemu za okazywaną pomoc merytoryczną.

WYKAZ OZNACZEŃ I SKRÓTÓW

APN	aparatura przyrządowego naprowadzania
BR	brygada rakietowa
BRt	brygada radiotechniczna
bwcz	bardzo wysoka częstotliwość
bzaop	batalion zaopatrzenia
bzrl	batalion zakłóceń radioelektronicznych
CSD	centralne stanowisko dowodzenia
da	dywizjon artylerii
DLMB	dywizja lotnictwa myśliwsko - bombowego
dr	dywizjon rakietowy
DWLOP	Dowództwo Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej
elm	eskadra lotnictwa myśliwskiego
ell	eskadra lotnictwa łącznikowego
GPN	główny punkt naprowadzania
KF	zakres fal krótkich
KL	korpus lotniczy
KOP	korpus obrony powietrznej
krt	kompania radiotechniczna
kzrl	kompania zakłóceń radiolokacyjnych
kzrel	kompania zakłóceń radioelektronicznych
lmb	lotnictwo myśliwsko - bombowe
NUR	naziemne urządzenie radiolokacyjne
OP	obrona powietrzna
OPL	obrona przeciwlotnicza
pa	pułk artylerii
plm	pułk lotnictwa myśliwskiego
plr	pułk lotnictwa rozpoznawczego
plt	pułk lotnictwa transportowego
PlSD	połączone stanowisko dowodzenia
PORI	punkt opracowania radiolokacyjnej informacji
POW	posterunek obserwacji wzrokowej
PN	punkt naprowadzania
pr	pułk rakietowy

PRK	przeciwlotnicza rakieta kierowana
RCO	radiowe centrum odbiorcze
RCN	radiowe centrum nadawcze
RLP	posterunek radiolokacyjny
RLS	stacja radiolokacyjna
RPT	radiolokacyjny podsystem taktyczny
RSWP	radiolokacyjna stacja wstępnego poszukiwania
SD	stanowisko dowodzenia
SP	skryte pole
ŚNP	środki napadu powietrznego
UKF	zakres fal ultrakrótkich
WLOP	Wojska Lotnicze i Obrony Powietrznej
WNP	Wspólnota Niepodległych Państw
WPS	wskaźnik panoramiczno - syntetyczny
WR	wojska rakietowe
WRe	walka radioelektroniczna
WRT	wojska radiotechniczne
ZtSD	zautomatyzowany system dowodzenia

1. Podstawy metodologiczne rozprawy

1.1. Uzasadnienie wyboru tematu. Sformułowanie problemu naukowego i celu badań.

Doświadczenia konfliktów i wojen lokalnych dowodzą, że wszelkie działania wojenne rozpoczynały się od zmasowanego użycia powietrznych środków walki radioelektronicznej, w celu obezwładnienia systemów radioelektronicznych przeciwnika, po użycie środków ogniowych w następnej kolejności.

Taktykę działania sił powietrznych przeciwnika podczas pokonywania obrony powietrznej charakteryzuje kompleksowe obezwładnianie systemów radioelektronicznych stanowisk dowodzenia - ewentualnie ich niszczenie.

Istnieje zatem potrzeba zwrócenia szczególnej uwagi na *żywotność* stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego OP, gdyż przeciwnik tu bowiem w sposób istotny jest w stanie zakłócić ciągłość dowodzenia i kierowania aktywnymi środkami walki.

Żywotność stanowiska dowodzenia w niniejszej rozprawie jest wyrażana poprzez niezawodność zespołów ludzkich, technicznych środków dowodzenia, odporność na oddziaływanie radioelektroniczne i ogniowe, jak również odtwarzalność. Żywotność stanowiska dowodzenia określają więc trzy atrybuty: niezawodność, odporność i odtwarzalność.

Niezawodność obiektu jest to prawdopodobieństwo spełnienia przez obiekt stawianych mu wymagań [85]. Zamieniając w powyższej definicji wyrazy: *obiekt* na stanowisko dowodzenia, *spełnienie* na zrealizowanie, *wymagania* na zadania otrzymamy definicję niezawodności wynikającą z kryterium żywotności.

Odporność stanowiska dowodzenia to zdolność do osłabienia czynników rażenia środków walki przeciwnika [146].

Odtwarzalność jest to zdolność przywracania stanu pierwotnego.

Określenie żywotności stanowi problem złożony, ponieważ wyniki badań mają często charakter stochastyczny, ze względu na charakter oddziaływania otoczenia.

Analizując literaturę dotyczącą żywotności stanowisk dowodzenia WOLP można stwierdzić, iż jest ona stosunkowo uboga, niewspółmierna do rangi problemu. Świadczy o tym przeważnie powierzchowne jej traktowanie w literaturze źródłowej jak i regulaminach.

W Regulaminie walki wojsk OPK, precyzuje się podstawowe wymagania jakim powinna odpowiadać obrona powietrzna kraju "...*powinna ona być aktywna, manewrowa oraz trwała i*

żywotna". Trwałość i żywotność obrony osiąga się przez wysoki poziom przygotowania wojsk do działań w warunkach użycia przez przeciwnika broni masowego rażenia, właściwe ugrupowanie wojsk i w porę przeprowadzony manewr, posiadanie niezbędnych odwodów i zapasów, inżynieryjną rozbudowę oraz maskowanie operacyjne i bezpośrednie [75].

W Regulaminie działań bojowych Wojsk Radiotechnicznych, zaznacza się"*... potrzebę zachowania żywotności bojowej* ", bez precyzowania pojęcia żywotności.

W Taktyce Wojsk Radiotechniczych Wojsk Obrony Powietrznej Kraju, zagadnieniu żywotności poświęcono nieco więcej uwagi. Określenie pojęcia żywotności sprowadza się tu do problemu "*...zdolności oparcia się wszelkiego rodzaju oddziaływania ogniowego przeciwnika i zachowania przy tym określonego poziomu skuteczności działania oraz odtwarzania naruszonej zdolności bojowej* ".

Według Regulaminu Walki Wojsk Obrony Powietrznej Kraju, system dowodzenia powinien się charakteryzować :"*... wysoką gotowością bojową, operatywnością, wymaganą zdolnością przepustową, wysoką odpornością na zakłócenia (która w głównej mierze zależy od odporności na zakłócenia źródeł informacji i środków zakłóceń), wysoką żywotnością, która wynika z kolei z żywotności wszystkich elementów systemu* ".

Tak jak poprzednio nie definiuje się tu pojęcia żywotność i zakresu znaczeniowego tegoż pojęcia.

W podręczniku : Odtwarzanie naruszonego systemu OPK w czasie działań bojowych, zwraca się uwagę, iż "*... znajomość poziomu żywotności ugrupowania WRT umożliwi podejmowanie szybkich i uzasadnionych decyzji na odtwarzanie naruszonej zdolności bojowej* ". Szczególną uwagę zwraca się na zachowanie żywotności systemu łączności po wprowadzeniu wyższych stanów gotowości bojowej. Tak jak w literaturze poprzedniej nie zdefiniowano w podręczniku pojęcia żywotność oraz jaki zakres treściowy sobą ono obejmuje.

W podręczniku : Połączone stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego wojsk OPK - charakterystyka, zadania i zasady dowodzenia , przez zachowanie żywotność PłSD rozumie się "*...zapewnienie ciągłość dowodzenia* ".

Problematyka związana z żywotnością Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej szczególnie daje się zauważyć w pracach naukowo - badawczych i publikacjach F. Mroczki [91, 92, 93].

Problemem żywotności jest również rozpatrywany w publikacjach i pracach naukowych dotyczących wojsk lądowych. Na szczególną uwagę zasługują tu publikacje :

- E. Kowalskiego : Zwiększenie żywotności bojowej pułku rakiet przeciwlotniczych bliskiego zasięgu działającego w osłonie oddziałów i obiektów dywizji zmechanizowanej w obronie, żywotność bojową pułku rakiet przeciwlotniczych określa się tu przez cztery atrybuty : skrytość, odporność, trwałość i przywracalność.

- S. Piotrowskiego : Zapewnienie żywotności systemu dowodzenia pułku, dywizji w toku walki. Omawiając żywotność systemów dowodzenia autor wyróżnił około dwudziestu czynników decydujących o ich żywotności, które ujął w trzy klasy : zabezpieczenie, organizację oraz odtwarzanie gotowości bojowej.

- K. Szymańskiego : Zapewnienie żywotności oddziałom i pododdziałom przeciwlotniczym na polu walki, w której autor wyróżnił ponad dziesięć czynników żywotności bojowej grupując je również w trzy klasy : zdolność do obrony (ochrony), odporność oraz zdolność do odtwarzania.

- Dowództwo Wojsk OPL MON w : Wytycznych w sprawie sposobów zapewnienia żywotności wojsk OPL we współczesnych działaniach bojowych, podaje ogólnie sposoby zwiększania żywotności bojowej wojsk OPL grupując je w czterech kategoriach : przeciwdziałanie rozpoznaniu i oddziaływaniu ogniowemu, odporność na zakłócenia (zwłaszcza radioelektroniczne) zabezpieczenie techniczno - specjalne i tyłowe oraz przedsięwzięcia szkoleniowe.

Żywotność jest cechą [3] przede wszystkim organizmów żywych, "... tworów, których poszczególne części i struktury tworzą zharmonizowany pod względem funkcjonalnym całość, wykazują wszelkie cechy życia" [4].

Przyjmując połączone stanowisko dowodzenia (PISD) obrony powietrznej, zwane dalej stanowiskiem dowodznia (SD), jako system techniczno-społeczny - w ujęciu behawioralnym[5] możemy go poprzez analogię traktować jako organizm[6]. Między organizmem żywym, a systemem techniczno - społecznym występują istotne podobieństwa :

- po pierwsze, system techniczno-społeczny jest tworem złożonym, z pewnej liczby współzależnych podsystemów;
- po drugie, system techniczno-społeczny pozostaje w stałej relacji z otoczeniem.

Tak więc zwraca się uwagę w podejściu do problemu organizm-system na dwustronny charakter zależności podsystemów i systemu, jak również na fakt, iż organizm jest ściśle zależny od otoczenia w jakim działa i podobnie rzecz się ma z systemem techniczno-społecznym.
Podobnie jak organizm, system musi dostosować się do otoczenia, które nabiera coraz bardziej złożonego, zmiennego i nieprzewidywalnego charakteru. W nowych warunkach więc system powinien wykazywać dużą elastyczność i zdolność do adaptacji wzorowanej na organiźmie żywym.

Zmiany w którymkolwiek z podsystemów wymuszają przystosowawcze zmiany w pozostałych (adaptację). W przeciwnym przypadku zagrożone byłoby minimum współdziałania

---

[3] Cecha << właściwość charakteryzująca pod jakimś względem istotę, przedmiot, czynności lub stan >>. Mały słownik języka polskiego. PWN, Warszawa 1993, s.68.

[4] Słownik j. polskiego, PWN, Warszawa 1992, s.245.

[5] K. Obłój : Zarządzanie ujęcie praktyczne, PWE, Warszawa 1986, s.104.

[6] Organizm - < twór, którego poszczególne części i struktury tworzą zharmonizowany pod względem funkcjonalnym całość, wykazują wszelkie *cechy życia* (przemiany materii, zdolności wzrostu, rozwoju, rozmnażania się >, Słownik j. polskiego, PWN, Warszawa 1992,s.540.

niezbędne do przetrwania systemu. Oczywiście nie każda zmiana w jednym z podsystemów wymusza natychmiast i bezwarunkowo zmiany i adaptację pozostałych. Aby tak się stało, musi dojść do poważnych zakłóceń i strat w funkcjonowaniu systemu.

Tak więc przetrwanie stanowiska dowodzenia, jako systemu, w walce nabiera szczególnego znaczenia nie może jednak ono zdominować jego użyteczności. Dotyczy to również komórek organizacyjnych (podsystemów), a także organów dowodzenia, które w naturalny sposób dążą do utrzymania ciągłości swych funkcji.

Warunek ten jest formułowany jako warunek równowagi funkcjonalnej[7]. Potraktowanie równowagi jako pewnego warunku jest związane z określeniem minimalnego dostosowania w relacjach wewnątrzsystemowych oraz między danym systemem a otoczeniem, który to umożliwia dowodzenie i gwarantuje, że poszczególne podsystemy wewnątrz systemu reagują i odpowiadają na sygnały ośrodka nadrzędnego i otoczenia

Pojęcie równowagi, stabilności [103] ,rozumianej jako zdolność do dostosowania się do pewnej klasy rozpoznawanych wcześniej zakłóceń, nabiera więc praktycznego znaczenia dopiero wówczas, gdy zostaną sformułowane kryteria stabilności. Prawidłowo wyznaczony zbiór kryteriów musi umożliwić precyzyjne określenie trzech spraw:

1. Jakie zakłócenia są istotne,
2. Jaka jest cena dostosowania się systemu do określonego zakłócenia,
3. Kto płaci cenę stabilności systemu.

Pojęcie "cena" jest użyte w szerokim znaczeniu, niekoniecznie kosztu ekonomicznego.

Kadra dowódcza systemu, jeżeli potrafi określić w przybliżeniu zbiór kryteriów stabilności, a więc "... zmian zawartych w obrębie pewnych granic ..." [139] i zbiór możliwych do zaakceptowania zachowań systemu oraz oczekiwanych zachowań otoczenia, ma znacznie mniejsze szanse znalezienia się w stanie kryzysu. Kryzysy organizacyjne bowiem to nic innego jak utrata stabilności.

Najprostsza definicja kryzysu : to stan w którym działanie systemu natrafia na istotne przeszkody [139]. W uproszczeniu można by powiedzieć, że działanie każdego systemu jest uzależnione od warunków otoczenia. Te z kolei ulegają zmianom, których czasami nie udaje się przewidzieć, a czasami jest to absolutnie niemożliwe. Zawsze mogą pojawić się takie zakłócenia i zmiany w otoczeniu, które będą kompletnym zaskoczeniem dla stanowiska dowodzenia i drastycznie obniżą skuteczność jego funkcjonowania.

Nawiązując do wcześniejszego określenia istoty stabilności systemu można wyróżnić dwa podstawowe typy kryzysów :

---

[7] A.K. Koźmiński: Zarządzanie -analiza systemowa procesów i struktur, PWE, wyd.2, Warszawa 1976, s.82-85.

- pierwszy z nich polega na braku lub utracie zdolności do dostosowania się systemu do zmian. Jest to więc kryzys adaptacji, którego przejawem są kłopoty i trudności przystosowania się do określonego typu zagrożeń;

- drugim typem jest kryzys braku ciągłości w działaniu systemu, który przejawia się w rozregulowaniu procesu dowodzenia na skutek stałych zmian, czy stałego negatywnego oddziaływania otoczenia na system, czy zmian typowych zakłóceń w otoczeniu.

Bez względu jednak na to, z jakim kryzysem organizacyjnym mamy do czynienia, występują w nim zmiany. Celem działań powinno więc być przywrócenie stabilności systemu i wznaczenie nowego kierunku działania. Przetrwanie stanowiska dowodzenia w warunkach oddziaływania przeciwnika nabiera szczególnego znaczenie, nie powinno jednak zdominować ono i innych atrybutów stanowiska dowodzenia jakim powinna być np. skuteczność działania na korzyść współpracujących jednostek wojskowych.

Wyłania się stąd problem ***żywotności*** stanowiska dowodzenia, czyli równowagi trwania i skutecznego spełniania przypisanych mu zadań w okresie bezpośredniego oddziaływania przeciwnika, okres ten jest niewspółmiernie mały z okresem działań bojowych. Równowaga trwania jest charakterystyczna dla organizmów i systemów wykazujących istotne cechy życia. O systemach tych możemy mówić że są *żywotne*[8].

Reasumując możemy powiedzieć , **że żywotność stanowiska dowodzenia to zdolność do prawidłowego funkcjonowania w okresie oddziaływania przeciwnika.**

Podobną definicję podaje S.Wróbel "... żywotność stanowiska dowodzenia to taka ich właściwość, która wyraża się w zdolności do realizacji procesu dowodzenia wojskami pomimo występowania zdarzeń powodujących zniszczenia lub uszkodzenia nośników działań kierowniczych"

Wśród wielu właściwości decydujących o działaniu stanowiska dowodzenia wyróżniliśmy względnie stałe cechy, które orzekają o jej żywotności w walce. Do tych cech zaliczyliśmy : niezawodność i odporność.

Funkcjonowanie stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego WLOP, poznana rzeczywistość oraz brak naukowo uzasadnionej metodyki określania stanu żywotności stanowiska dowodzenia obrony powietrznej zrodziło przekonanie o potrzebie uzupełnienia brakującej wiedzy, która legła u podstaw podjęcia przez autorów decyzji rozwiązania następującego problemu naukowego, który sprowadza się do pytania :

Jak zachować żywotność stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego OP, aby mogło ono zapewnić realizację zadań w warunkach oddziaływania przeciwnika?

---

[8] Żywotny < mający duży zasób sił biologicznych, pełny energii, werwy, energiczny, czynny, aktywny >. Słownik języka polskiego. PWN, Warszawa 1992, s.1096.

Wychodząc naprzeciw wymaganiom współczesnego dowodzenia autorzy postawili sobie za cel główny wypracowanie zasad postępowania dla zachowania żywotności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego.

Jako cele szczegółowe przyjęto :

1. Dokonanie identyfikacji zależności przyczynowo-skutkowych wpływających na żywotność stanowiska dowodzenia podczas oddziaływania ogniowego, radioelektronicznego i broni masowego rażenia.
2. Propozycję oceny żywotności stanowiska dowodzenia wykorzystując opracowane kryteria oceny.
3. Określenie kierunków i sposobów zachowania żywotności stanowiska dowodzenia.

Aby osiągnąć założony cel autorzy założyli, że rażące oddziaływanie środków walki przeciwnika będzie dominującym czynnikiem, w porównaniu z negatywnym oddziaływaniem środowiska naturalnego, który będzie destrukcyjne działał na :

1. Materialne elementy stanowiska dowodzenia;
2. Siłę żywą znajdującą się na stanowisku dowodzenia;
3. Funkcje i procesy realizowane na stanowisku dowodzenia.

1.2. Hipoteza robocza i główne problemy badawcze.

Wstępne badania dotyczące żywotności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego obrony powietrznej prowadzą do wniosku, że brak jest metody oceny żywotności stanowiska dowodzenia, a jej opracowanie jest możliwe i konieczne.

Aby osiągnąć założony cel i zweryfikować postawioną hipotezę, należy rozwiązać następujące problemy i zadania badawcze :

1. Jakie zależności przyczynowo - skutkowe wpływają na żywotność stanowiska dowodzenia podczas oddziaływania ogniowego, radioelektronicznego i BMR ?
2. W jaki sposób mierzyć żywotność ze względu na oddziaływanie ogniowe, radioelektroniczne i BMR ?
3. Jakie powinny być kierunki przedsięwzięć organizacyjno-wykonawczych zachowujących żywotność ?

W rozprawie ograniczono rozwiązanie problemu do sfery organizacyjno-taktycznej i technicznej stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego obrony powietrznej.

Pogłębiając charakterystykę tematu autorzy zawęzili zakres badań do samego stanowiska dowodzenia i jego najbliższego otoczenia, ponieważ :

1. Tworzone są one przez ludzi jako podstawowego czynnika twórczego, realizującego ściśle określone cele walki;
2. Funkcjonują w nich środki techniczne, które są zdolne utrwalać (powielać) wzorce zachowań i działań ludzi. Stanowi to podstawę wyodrębnienia przestrzennego, regulaminowego, a także formalizację celów, funkcji i struktury;
3. Posiadają człon kierowniczy (centrum dowodzenia), którego zadaniem jest nie tylko wypracowanie decyzji, lecz także zorganizowanie współdziałania między wszystkimi komórkami organizacyjnymi w kierunku realizacji wspólnego celu w różny sposób i w różnych warunkach;
4. Ze względu na cele zachodzi w nich podział pracy, funkcji, kompetencji decyzyjnych (podział ról organizacyjnych) oraz kształtuje się struktura wewnętrzna i hierarchia z możliwością zachowania względnie stałych stanów równowagi dynamicznej w warunkach zakłóceń wewnętrznych i zewnętrznych.

W toku badań uwagę skupiono na :

1. Studiowaniu i analizie dokumentów normatywnych i literaturzy fachowej zawierającej treści związane z problematyką żywotności stanowiska dowodzenia OP;
2. Studiowaniu i analizie doświadczeń i wniosków z ćwiczeń realizowanych na stanowisku dowodzenia szczebla taktycznego;
3. Wykorzystaniu symulacji komputerowej w określeniu żywotności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego obrony powietrznej;
4. Weryfikację przyjętych założeń poprzez wnioski z ćwiczeń i badania ankietowe.

W rezultacie przeprowadzonych badań i uzyskanych rozwiązań zaproponowana metoda określania żywotności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego OP w postaci modelu matematyczno-ocenowego umożliwi wykorzystanie go w działalności :

1) naukowej - do badania wpływu środków oddziaływania radioelektronicznego i ogniowego, przeciwnika na żywotność stanowiska dowodzenia;

2) dydaktycznej - do zapoznania się ze sposobami oceny żywotności stanowisk dowodzenia, stosując jednakową miarę;

3) bojowej - do wspomagania przedsięwzięć organizacyjnych zmierzających do utrzymania żywotności, wymaganej dla zachowania skuteczności działania stanowiska dowodzenia.

W celu ukierunkowanego interpretowania poszczególnych problemów badawczych autorzy uważali za stosowne usystematyzować niektóre pojęcia.

" System dowodzenia - to całość złożona z organów dowodzenia, stanowisk i punktów dowodzenia, podsystemu łączności i rozpoznania radiolokacyjnego oraz środków automatyzacji dowodzenia uporządkowanych relacjami podległości, sprzężonych ze sobą informacyjnie, funkcjonalnie i technicznie dla zapewnienia osiągnięcia celu walki " [89, 125, 138, 146].

Przyjmując tezę, że "... każde następne pojęcie jest przypadkiem poprzedniego..."[9], przez *stanowisko dowodzenia* należy rozumieć zespół ludzi (osób funkcyjnych) wydzielonych z organów dowodzenia związków taktycznych OP oraz techniczne środki dowodzenia, zapewniające powiązania informacyjne między tymi osobami oraz między organami dowodzenia podległych jednostek.

Z przytoczonych pojęć wynika, że głównym ogniwem systemu dowodzenia jest stanowisko dowodzenia.

Przez *obezwładnienie systemu dowodzenia* - autorzy rozumieją zniszczenie jednego lub kilku najważniejszych ogniw tego systemu, lub przerwanie relacji między tymi ogniwami, zarówno w układzie pionowym jak i poziomym .

Każde obezwładnienie systemu dowodzenia doprowadza do zmniejszenia możliwości dowodzenia podległymi wojskami.

W zależności od stopnia obezwładnienia systemu dowodzenia może nastąpić :

- utrudnienie dowodzenia;
- naruszenie dowodzenia;
- zerwanie dowodzenia.

Utrudnienie dowodzenia ma miejsce wówczas, gdy na stanowisku dowodzenia jest :

- zerwanych 20 -30% relacji łączności;
- porażonych 15 - 20 % stanu osobowego organu dowodzenia;
- 30 % obsady etatowej niezdolnej do wykonywania powierzonych zadań.

Naruszenie dowodzenia ma miejsce, gdy na stanowisku dowodzenia jest :

- zerwanych 40 - 50 % relacji łączności ;
- porażonych 40 - 50 stanu osobowego organu dowodzenia ;
- 50 % obsady etatowej niezdolnej do wykonywania powierzonych zadań.

Zerwanie dowodzenia ma miejsce wówczas, gdy na stanowisku dowodzenia jest :

- zerwanych 70 - 80 % relacji łączności ;
- porażonych 50 - 80 % stanu osobowego organu dowodzenia;
- 75 % obsady etatowej niezdolnej do wykonywania powierzonych zadań.

[9] Patrz Zieleniewski J. : Podstawowe pojęcia teorii systemów, organizacja sterowania i zarządzania, współczesne problemy zarządzania, Warszawa 1982.

Paraliżowanie to działanie mające na celu uniemożliwienie na pewien czas użycia w całości lub części jego potencjału bojowego do prowadzenia walki, bez zadawania mu strat fizycznych[10].

Przedsięwzięcia organizacyjno-wykonawcze to działania ludzkie zmierzające do osiągnięcia określonego celu, zawarte w skończonym przedziale czasu z wyróżnionym początkiem i końcem oraz realizowane przez skończoną ilość ludzi i środków technicznych, energii, materiałów i informacji. W wyniku tych działań otrzymuje się produkt w postaci zasilenia, informacji lub jednocześnie jednego i drugiego[11].

1.3. Zastosowane metody badawcze

Wielostronne, zewnętrzne i wewnętrzne uwarunkowania i współzależności towarzyszące procesowi dowodzenia na PISD preferowały zastosowanie systemowego podejścia do badanego problemu.

Takie ukierunkowanie procesu badawczego przez przyjęte metody - sposoby podejścia znalazło swe odzwierciedlenie w organizacji tego procesu, formułowaniu zadań badawczych oraz w doborze metod - sposobów działania.

Metody - sposoby działania stanowiące bezpośrednie narzędzia w toku rozwiązywania poszczególnych zadań badawczych do uzyskiwania nowych informacji (faktów) oraz ich myślowego przetwarzania i opracowywania, wykorzystywane były zgodnie z ich przydatnością w kolejno następujących po sobie teoretycznych i empirycznych etapach badań.

Zastosowanie *analizy systemowej* jako metody - sposobu działania stanowiło zasadniczą treść procesu badawczego.

Istotą tej analizy jest dążenie do takiego rozczłonkowania obiektu analizy, aby można było dostarczać wskazówek do podjęcia decyzji, poprzez generowanie i odpowiednie przedstawienie informacji związanej z zagadnieniem, którego decyzja dotyczy. Zmierza ona do udoskonalenia bazy, na podstawie której osoby odpowiedzialne za decyzje podejmowane w warunkach niepewności mogą kształtować swój sąd i wybierać właściwe działanie lub linię postępowania.

---

[10] Kowalski E. : Zwiększanie żywotności bojowej pułku rakiet przeciwlotniczych bliskiego zasięgu działającego w osłonie oddziałów i obiektów dywizji zmechanizowanej w obronie, ASG 1988, s.15. W takim kontekście pojęcie to stosuje również W.A Nazarenko w " Wojennej myśli" nr 7/1983. Wspomniany autor wymienia paraliżowanie jako jeden ze sposobów dezorganizowania dowodzenia, obok rażenia i opanowania.

[11] Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji, Ossolineum, Wrocław 1978, s.193.

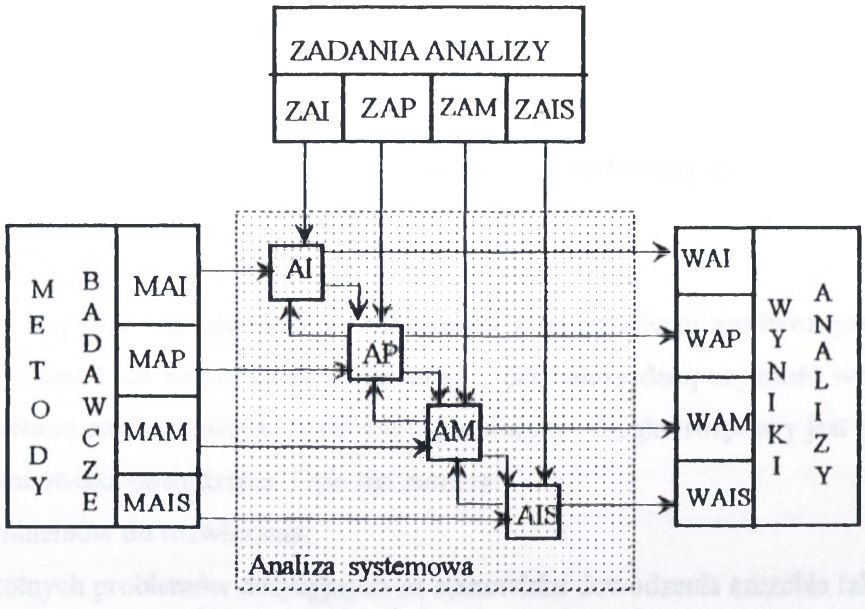
W praktyce metoda analizy systemowej składa się z uporządkowanego zbioru procedur analitycznych. W procedurach tych wprowadza się bank pytań i możliwych odpowiedzi.

Najczęściej jednak analiza systemowa jest zbiorem metod i technik analitycznych, ocenowych i decyzyjnych, służących racjonalnemu rozwiązywaniu systemowych sytuacji decyzyjnych oraz badaniem wspomagającym działania osób odpowiedzialnych za decyzje lub linie postępowania w warunkach niepewności i ryzyka.

Za wyborem analizy systemowej jako metody badawczej stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego obrony powietrznej przemawia fakt, iż stanowisko to:

- prowadzi działanie w określonym systemie OP;
- składa się z określonych, dających się wyodrębnić elementów (modułów);
- ma określone uwarunkowania zewnętrzne;
- istnieje określona zależność (relacja) między funkcjonowaniem stanowiska dowodzenia jako całości, a funkcjonowaniem jego elementów;
- badanie stanowiska dowodzenia, także jego elementów prowadzi się z reguły na modelach, ponieważ nie ma możliwości uwzględnienia wszystkich jego uwarunkowań zewnętrznych i wewnętrznych.

Można więc stwierdzić, że obiekt badań jest klasycznym systemem, co determinuje konieczność systemowego podejścia w badaniach [61], które zapewnia zastosowanie analizy systemowej.



Rys.1.1 Struktura analizy systemowej.

gdzie: AI - analiza identyfikacyjna, AP - analiza problemowa AM - analiza matematyczna, AIS - analiza ilościowo-statystyczna, ZAI- zadanie analizy identyfikacyjnej, ZAP - zadanie analizy problemowej, ZAM - zadanie analizy matematycznej, ZAIS - zadanie analizy ilościowo-statystycznej, MAI - metoda analizy identyfikacyjnej, MAP - metoda analizy problemowej, MAM - metoda analizy matematycznej, MAIS - metoda analizy ilościowo-statystycznej, WAI - wynik analizy identyfikacyjnej, WAP - wynik analizy problemowej, WAM - wynik analizy matematycznej, WAIS - wynik analizy ilościowo-statystycznej.

W analizie systemowej możemy wyróżnić następujące etapy [61]:

1. Analiza identyfikacyjna,
2. Analiza problemowa,
3. Analiza matematyczna,
4. Analiza ilościowo-statystyczna.

Analiza identyfikacyjna znajduje odzwierciedlenie prawie w każdym rozdziale nimniejszej rozprawy. Rozpoczyna ona proces analizy systemowej i poprzedza dalsze etapy analizowania.
W pełnym zakresie została ona wykorzystana w rozdziale drugim do opisu identyfikacyjnego stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego. Opis ten wyznaczył:

- nadsystem;
- system (obiekt systemowy);
- elementy systemu;
- podsystemy;
- otoczenie systemu;
- cel i zadania podsystemów;
- strukturę systemu (prakseologiczną, cybernetyczną, terytorialną itp.) ;
- parametry systemu;
- charakterystyki systemu.

Istotne miejsce w pracy zajmuje analiza problemowa z jej pytaniami analitycznymi typu: jaki powinien być system?, co należy robić z systemem?, jak należy daną czynność wykonywać w systemie? Wynikiem analizy zawartej w rozdziale pierwszym i drugim rozprawy jest opis (model) problemowy stanowiska dowodzenia. Opis ten zawiera:

- listę problemów do rozwiązania;
- listę istotnych problemów decyzyjnych na stanowisku dowodzenia szczebla taktyczego;
- blokowe sformułowanie istotnych problemów decyzyjnych, ograniczeń zewnętrznych i wewnętrznych systemu, dla których problem jest rozwiązywany.

Celem analizy matematycznej, wykorzystanej w opracowaniu rozdziału czwartego, było opracowanie efektywnego programu ocenowego systemu radiolokacyjnego, obiektu technicznego oraz stanów osobowych realizujących procesy decyzyjne. Opis analizy matematycznej w rozprawie obejmuje:

- identyfikację matematyczną elementów stanowiska dowodzenia;
- matematyczne formułowanie problemów ocenowych;
- algorytmizację i programowanie ocenowe.

W rozdziale drugim, czwartym i piątym rozprawy wykorzystano ostatni z wyróżnionych na rysunku 1.1 element analizy systemowej, jakim jest analiza ilościowo - statystyczna, celem której było oszacowanie ilościowe parametrów i charakterystyk badanego systemu. W rozprawie wyróżniono estymatory i statystyki istotnych parametrów żywotności obiektu technicznego, systemu radiolokacyjnego i stanu osobowego stanowiska dowodzenia.

Wynikiem praktycznym analizy systemowej jest uzyskanie wariantu decyzyjnego lub ocenowego.

Analiza systemowa pozwoliła w połączeniu z syntezą, dokonać szczegółowych rozważań dotyczących uwarunkowań i współzależności występujących na stanowisku dowodzenia, wyjaśnić ich istotę oraz uzasadnić słuszność wyboru ewentualnych (proponowanych) rozwiązań.

Porównanie i analogia stanowią logiczne uzupełniające się narzędzia badawcze wykorzystywane głównie w czasie weryfikacji uzyskiwanych wyników badań empirycznych. Metody te odgrywały szczególną rolę podczas oceny przydatności poszczególnych wariantów ewentualnych rozwiązań organizacyjnych, strukturalnych i funkcjonalnych mających na celu doskonalenie działań zmierzających do utrzymania i zwiększenia żywotności w walce z przeciwnikiem powietrznym.

Metoda porównania sprowadzała się do przeprowadzenia konfrontacji stosowanych rozwiązań problemu żywotności w wojskach obrony przeciwlotniczej (OPL), wojskach rakietowych i związkach taktycznych innych rodzajów wojsk. Pozwoliła ona na uzyskanie istotnych informacji (faktów), niezbędnych w toku rozwiązywania poszczególnych problemów, które dotyczyły między innymi:

1. Istniejących różnic między stacjonarnym stanowiskiem dowodzenia szczebla taktycznego OP, a mobilnymi stanowiskami dowodzenia wojsk lądowych i rakietowych oraz wynikających stąd różnych potrzeb w zakresie utrzymania żywotności i jej zwiększania.

2. Przydatności wypracowanych w toku badań empirycznych wariantów rozwiązań organizacyjnych, strukturalnych i funkcjonalnych do uzyskania zamierzonej żywotności.

Synteza i ogólnianie jako integralne elementy procesu badawczego powiązane są logicznie z analizą i porównaniem, przyjmując najczęściej formę jednolitej metody określonej mianem *analizy porównawczej.*

Powiązania syntezy i ogólniania z analizą systemową i porównawczą nadają w konsekwencji teoretycznemu etapowi badań charakter rozważań analityczno - syntetycznych.

Formułowane w wyniku syntezy i uogólnienia generalne wnioski, tezy oraz objaśnienia istoty uwarunkowań i współzależności występujących na stanowisku dowodzenia w czasie dowodzenia, stanowiły ważny czynnik w wypracowaniu końcowych rozwiązań problemów badawczych.

Poprzez logiczne łączenie wniosków wynikających z analizy elementarnych zagadnień dotyczących struktury i funkcjonowania badanego stanowiska dowodzenia, zostały wyjaśnione zasadnicze zależności przyczynowo - skutkowe warunkujące żywotność tego stanowiska.

Nieodłączną i niezbędną metodą uzupełniającą analityczno-systematyczny proces myślowy było również *abstrahowanie*, które umożliwiało badanie związków zachodzących w procesie dowodzenia, przy koncentrowaniu uwagi na wybranych cechach, pomijając inne, mniej istotne, nie mieszczące się w obszarze wytyczonego celu badań.

Obserwacja naukowa zwana inaczej metodą obserwacyjną była najszerzej i najczęściej wykorzystywana spośród innych zastosowanych metod empirycznych w toku badań problemu żywotności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego OP. Zastosowanie tej metody umożliwiło zebranie informacji i faktów dotyczących funkcjonowania stanowiska dowodzenia. Ponad to dodać tu należy, że obserwacja naukowa wykorzystywana była nie tylko jako odrębna metoda badawcza, lecz stanowiła również istotny element składowy badań.

Obserwacje dokonane na PłSD trzeciego korpusu WLOP, pozwoliły ustalić stan faktyczny w zakresie funkcjonowania tych stanowisk dowodzenia, obiegu informacji o sytuacji powietrznej, stanu obiektów technicznych i problemów funkcjonowania stanowisk dowodzenia.

Sądy i opinie dotyczące problemów żywotności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego WLOP badane były poprzez zbieranie ocen ekspertów oraz ankietowanie. Dobór ekspertów jak i osób ankietowanych ze środowiska wojskowego został przedstawiony w rozdziale piątym.

Opinie ekspertów są w znacznym stopniu intuicyjne. Ich podstawę stanowi wiedza i doświadczenie niezbędne na zajmowanym stanowisku.

Bardzo często ekspert spełnia przede wszystkim rolę sprawnego przekaźnika wiedzy, która jest powszechnie akceptowana przez społeczność naukową.

Stosując metodę *oceny ekspertów* zastępujemy obiektywny sposób postępowania procedurą intuicyjną [117]. Aby takie postępowanie znalazło uzasadnienie powszechnie

uznanych zasad naukowych należało wziąźć pod uwagę, że ekspert dąży do wykonania swojego zadania najlepiej jak potrafi angażując wnikliwość oraz zasób informacji, którymi dysponuje. Z poznawczego punktu widzenia ekspert wykorzystany został jako obiektywny przyrząd wskazujący (odpowiednik instrumentu pomiarowego), a trafność ocen ekspertów rozpatrywana została w kontekście teorii opisującej dane zjawiska.

Celowość stosowania metody oceny ekspertów uzasadniania się :

- brakiem danych statystycznych czy też niewystarczającej liczby ocen funkcjonowania stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego;

- brakiem wystarczająco pewnych statystycznych metod oceny realizowanych zadań na tym stanowisku;

- występowanie w okresie eksploatacji badanego systemu zmian, których charakterystyki są mało lub w ogóle nieznane.

Głównym celem zastosowania metody ocen ekspertów było uzyskanie nowej jakościowo informacji o realizacji zadań przez zespoły stanowiska dowodzenia, a także przez poszczególne osoby funkcyjne tegoż stanowiska.

Celem *ankietowania* było przeprowadzenie sondażu informującego o ogólnych poglądach i opiniach na temat żywotności PłSD, jak również poznanie ocen konkretnych rozwiązań funkcjonujących na stanowiskach dowodzenia oraz spostrzeżeń dotyczących potrzeb, możliwości i sposobów zwiększania żywotności.

Problemy badawcze realizowane w założonym zakresie, zgodnie z przyjętymi celami procesu badawczego, sprzyjały nadaniu całokształtowi nimniejszej rozprawy walorów poznawczych jak i utylitarnych.

2. Stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego obrony powietrznej jako złożony system działania.

2.1. Stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego obrony powietrznej w otoczeniu systemowym.

System obrony powietrznej, rozumiany jako "... część systemu obronnego państw, ma zapewnić jego bezpieczeństwo w powietrznym obszarze, poprzez zniwelowanie zagrożeń stamtąd niesionych do poziomu zapewniającego funkcjonowanie państwa w lądowym, morskim i powietrznym wymiarze" [12]. Integralną częścią systemu OP są wojska lotnicze i obrony powietrznej (WLOP).

Na dzień dzisiejszy system OP oparty jest o strukturę i uzbrojenie tych rodzajów wojsk. Dowodzenie systemem obrony powietrznej odbywa się w oparciu o hierarchiczny system dowodzenia WLOP. W nimniejszym podrozdziale zajmiemy się identyfikacją SD szczebla taktycznego WLOP będącego podsystemem systemu dowodzenia tych wojsk.

2.1.1. System dowodzenia obroną powietrzną.

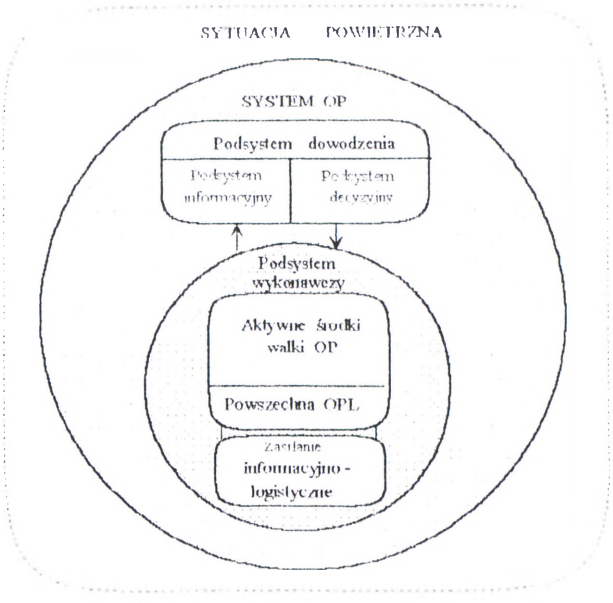
Dowodzenie polega na kompleksowym kształtowaniu wszystkich składowych elementów gotowości bojowej. Poprzez ciągłe podejmowanie decyzji, dotyczących użycia podległych wojsk (sił i środków) zapewnia osiągnięcie zamierzonego celu (wykonania zadania). Najlepiej istotę dowodzenia oddaje określenie zawarte w Leksykonie wiedzy wojskowej: "... Dowodzenie, kierowanie wojskami to: całokształt celowej działalności dowódcy i sztabów realizowany w ramach określonego systemu kierowania, zapewniającą wysoką gotowość bojową i właściwe przygotowanie wojsk do jak najlepszego osiągnięcia celów walki, bitwy lub operacji, sprawne wypracowanie decyzji, we właściwym czasie postawienie zadań bojowych, organizowanie i utrzymywanie współdziałania oraz bojowego lub operacyjnego zabezpieczenia działań, a także kontrola wykonania."

Dowodzenie jest więc celowym, ciągłym, cyklicznym procesem informacyjno-decyzyjnym w realizacji której biorą udział dowódcy i oficerowie sztabów wszystkich szczebli dowodzenia.

---

[12] Zabłocki E. : System obrony powietrznej. Materiały III Konferencji Naukowej cz.1, Jelenia Góra 1995. s. 67.

Dowodzenie w ujęciu systemowym identyfikowane jest z podsystemem sterującym w systemie nie będącym organizacją wojskową.



Rys.2.1. System obrony powietrznej

Podsystem dowodzenia (rys. 2.1) decyduje o sposobie oddziaływania podsystemu wykonawczego na ŚNP przeciwnika.

Podsystem wykonawczy składa się z aktywnych sił i środków walki oraz zabezpieczenia logistycznego. Otoczeniem systemu OP jest sytuacja powietrzna odzwierciedlająca stan i charakter działania ŚNP.

Działanie systemu dowodzenia zależy od stopnia dopasowania jego wewnętrznej struktury do realizacji założonych celów. Natomiast na budowę wewnętrzną systemu dowodzenia mają wpływ przede wszystkim trzy parametry :

- zbiór i rozmieszczenie elementów,
- przebieg i realizacja zadań,
- zmiany funkcjonalne i strukturalne.

Stąd też dowodzenie wojskami w systemie OP rozpatruje się w trzech aspektach :

- organizacyjnym;
- funkcjonalnym,
- rozwojowym.

System dowodzenia w aspekcie *organizacyjnym* stanowi uporządkowaną całość, złożoną z organów i środków dowodzenia rozmieszczonych na stanowisku dowodzenia i sprzężonych ze

sobą informacyjnie. W skład organu dowodzenia wchodzi: dowództwo i sztab, oraz oddziały (pododdziały) obsługi stanowiska dowodzenia i łączności. Jako środki dowodzenia wykorzystuje się: systemy radiolokacyjne; systemy rozpoznania radioelektronicznego do pozyskiwania i opracowania informacji o sytuacji powietrznej i środkach napadu powietrznego; urządzenia stanowiska dowodzenia przeznaczone do przetwarzania, przechowywania i zobrazowania informacji; środki łączności jako elementy sprzężenia wewnątrz systemu.

System dowodzenia OP w praktyce jest podzielony jest na szereg podsystemów uszeregowanych w strukturę hierarchiczną z powiązaniami szeregowo-równoległymi. Hierarchiczną strukturę dowodzenia charakteryzuje:

- decydująca rola człowieka w podsystemie;
- ograniczona żywotność elementów podsystemu;
- zbieżność celów działania podsystemów z celem głównym działania systemu.

Burzliwy rozwój w ostatnim okresie środków i metod informatycznych wspomagających dowodzenie zmniejszyły wpływ czynnika ludzkiego na system dowodzenia mimo tego pełni on nadal rolę dominującą w systemie.

W strukturze hierarchicznej wszystkie procesy zachodzące w pionie i poziomie wspomagają się w dążeniu do jednego wspólnego celu. Sieć wzajemnych powiązań podsystemów tworzą system współdziałających zbiorów elementów, które realizują zadania cząstkowe celu głównego. Informacja spływająca w dół (regulująca działanie systemu) oraz informacja zwrotna (określająca stan systemu np. meldunki, sprawozdania) może być zatrzymana na dowolnym szczeblu i przekazana do otoczenia powodując korzystne sprzężenie w poziomie. Tym samym informacja dostarczona z otoczenia do podsystemu, na dowolny poziomie hierarchicznym, może uzupełniać informację będącą w systemie wpływając korzystnie na przebieg procesów informacyjno - decyzyjnych.

System dowodzenia w ujęciu *funkcjonalnym* to taki system działania, w którym organy dowodzenia dysponujące odpowiednimi środkami realizują procesy informacyjno-decyzyjne niezbędne do osiągnięcia zamierzonego celu.

Ze względu na proces podejmowania decyzji w systemie dowodzenia (rys.2.2) można wyróżnić :

- podsystem decyzyjny;
- podsystem informacyjny.

Podsystem informacyjny tworzy zbiór elementów informacyjnych oraz relacji między tymi elementami. Składa się z :

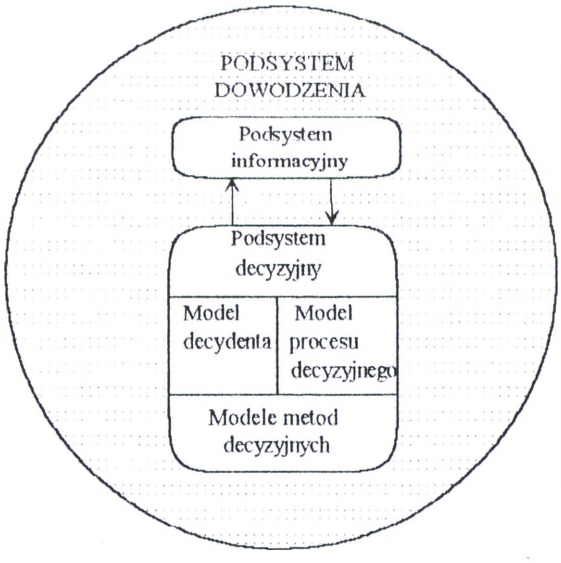
- elementu zbierania informacji ze wszystkich dostępnych źródeł. Źródłami informacji o środkach napadu powietrznego mogą być jednostki rozpoznania radioelektronicznego zarówno

wojsk lądowych, morskich jak i WLOP, a o sytuacji powietrznej systemy rozpoznania radiolokacyjnego tych wojsk;

- elementu przetwarzania informacji - zadaniem jego jest wypracowanie informacji użytkownikom np. aktywnym środkom walki;

- elementu przechowywania informacji;

- elementu przesyłania informacji - zapewnia on przepływ informacji między nadawcą, a odbiorcą.



Rys.2.2. Podsystem informacyjno-decyzyjny systemu dowodzenia.

Zasadniczym zadaniem podsystemu informacyjnego jest wypracowanie informacji, która powinna w swojej treści odzwierciedlać najbardziej zbliżoną do rzeczywistości sytuację powietrzną.

Zadaniem podsystemu decyzyjnego jest wypracowanie w oparciu o dostarczoną informację decyzji, która ma odpowiedzieć na pytanie jak działać aby osiągnąć założony cel.

Tak więc zbiór funkcji i zadań oraz relacji porządkujących te zadania tworzy strukturę funkcjonalną systemu dowodzenia.

System dowodzenia w aspekcie *rozwojowym* wiąże się ze zmianami strukturalnymi, czyli zmianą stosunków między poszczególnymi elementami, bądź między elementami, a systemem jako całością. Zmiany te wymuszają wprowadzenie zmian w istniejącej strukturze i funkcjonowaniu systemu dowodzenia. Pozytywne zmiany w systemie dowodzenia powodują usprawnienie funkcjonowania systemu OP.

Reasumując można powiedzieć, że system dowodzenia OP stanowi uporządkowaną całość

złożoną z organów i środków dowodzenia, rozmieszczonych na stanowiskach dowodzenia wszystkich szczebli organizacyjnych tego systemu i realizujących procesy informacyjno -decyzyjne, niezbędnych do osiągnięcia wyznaczonych celów.

Obecnie w systemie dowodzenia OP można praktycznie wyróżnić trzy podsystemy [13]:

- podsystem dowodzenia terytorialną OP (na dzień dzisiejszy system ten stanowią : Wojska Lotnicze i Obrony Powietrzne);
- podsystem dowodzenia obroną przeciwlotniczą wojsk (OPL);
- podsystem dowodzenia powszechną OPL, powiązaną z Wojskami Obrony Terytorialnej.

Analiza systemu dowodzenia OP, ze względu na temat rozprawy, zostanie zawężona do systemu dowodzenia terytorialną OP.

2.1.2. System dowodzenia WLOP

System dowodzenia Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej powstał z syntezy systemów dowodzenia Wojsk Lotniczych i Wojsk Obrony Powietrznej Kraju.
Integracja tych systemów do dnia dzisiejszego nie jest pełna - co jest uwidocznione na rys.2.3. Można w tym systemie wyodrębnić dwa podsystemy, jeden związany jest z wojskami lotniczymi drugi natomiast jest pozostałością po systemie dowodzenia WOPK. Stan taki wynika z tego, że w trakcie łączenia wyżej wymienionych systemów w niewielkim stopniu zmieniono strukturę organizacyjną dowództw i sztabów WOPK, a na bazie Dowództwa Wojsk Lotniczych utworzono dowództwo i sztab Korpusu Lotniczego (KL). Wyposażenie techniczne oraz obsada etatowa stanowisk dowodzenia pozostała bez zmian.

Ze względu na treść i zakres pracy w dalszych badaniach nie będzie uwzględniany podsystem dowodzenia WL. System dowodzenia z uwzględnieniem tego ograniczenia dla uproszczenia w naszych rozważaniach nazywać będziemy dalej systemem dowodzenia WLOP.

W hierarchicznej strukturze dowodzenia WLOP można wyróżnić organy dowodzenia przedstawione na rys. 2.3.

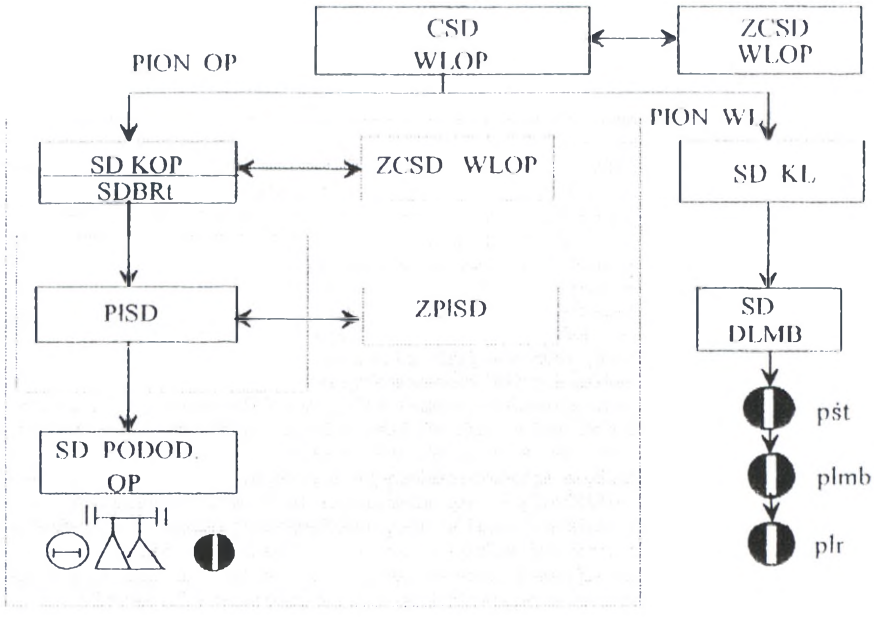
Sprawne dowodzenie środkami walki w strukturze hierarhicznej zapewnia system stanowisk dowodzenia, odpowiednio wyposażonych i powiązanych systemem łączności.

Autorzy nimniejszej rozprawy ograniczyli swoje zainteresowania do poziomu taktycznego systemu dowodzenia WLOP, a w szczególności do połączonego stanowiska dowodzenia, gdyż poziom taktyczny posiada zdolność samodzielnego i bezpośredniego kierowania różnymi

---

[13] Zablocki E. : System obrony powietrznej. Materiały III Konferencji Naukowej cz.1, Jelenia Góra 1995. s. 67.

rodzajami sił i środków WLOP w zwalczaniu środków napadu powietrznego. Zdezorganizowanie elementów tego ogniwa może obniżyć efektywność obrony powietrznej.



Rys.2.3. System dowodzenia WLOP

2.1.3. Stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego obrony powietrznej.

Stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego OP, zwane połączonym stanowiskiem dowodzenia stanowi zespół sił i środków: stanowiska dowodzenia związku taktycznego (oddziału) WR, stanowiska dowodzenia plm, stanowiska dowodzenia brt oraz stanowiska dowodzenia kompanii rozpoznania radioelektronicznego - wspólnie rozmieszczonych.

Celem połączonego stanowiska dowodzenia jest realizacja i zabezpieczenie dowodzenia związkami taktycznymi (oddziałami) i pododdziałami wojsk OP oraz innymi siłami i środkami obrony powietrznej (np. związkami taktycznymi obrony przeciwlotniczej) rozwiniętymi w strefie odpowiedzialności, w zakresie terminowego wykrycia i rozpoznania ŚNP i skutecznego odparcia ich uderzenia .

Do podstawowych zadań PISD należy zaliczyć:

- utrzymanie wysokiej gotowości bojowej związku taktycznego (ZT), oddziałów i pododdziałów wojsk OP, rozlokowanych w strefie odpowiedzialności oraz sprawne alarmowanie i kierowanie osiągnięciem przez nie wyższych stanów gotowości bojowej;

- prowadzenie ciągłego radiolokacyjnego rozpoznania przestrzeni powietrznej w strefie odpowiedzialności oraz przekazywanie tej informacji do SD BRt i sąsiadów, a także prowadzenie nasłuchu w sieciach radiowych (S/R) powiadamiania korpusu OP w celu uzyskiwania informacji o sytuacji powietrznej na podejściach do swojej strefy odpowiedzialności;

- zwalczanie ŚNP posiadanymi siłami i środkami zgodnie z decyzjami dowódcy korpusu OP i starszego dowódcy na PISD lub z planem działań bojowych - w przypadku utraty łączności z przełożonym;

- naprowadzanie lotnictwa na cele powietrzne, naziemne i nawodne;

- realizowanie ścisłego współdziałania lotnictwa myśliwskiego z wojskami rakietowymi i innymi środkami obrony powietrznej działającymi w strefie odpowiedzialności oraz między sąsiednimi jednostkami lotniczymi, rakietowymi i radiotechnicznymi wojsk własnych i sąsiadów;

- analizowanie sytuacji skażeń w rejonie dyslokacji podległych jednostek i meldowanie o niej do SD KOP oraz powiadamianie sąsiadów; rozwijane są one na bazie sił i środków brt na pozycji technicznej miejscowej krt, w rejonie ugrupowań związków taktycznych (oddziałów) WR i oddziałów lotnictwa myśliwskiego.

Stanowisko to rozwinięte jest na bazie batalionu radiotechnicznego (załącznik 2.3.), będącego częścią składową rejonu ugrupowania brygady radiotechnicznej.

Ugrupowanie batalionu radiotechnicznego tworzą następujące elementy:

- pozycja zasadnicza kompanii radiotechnicznej (miejscowej);
- pozycje zasadnicze kompanii radiotechnicznych (terenowych);
- stanowiska dowodzenia zasadnicze i zapasowe;
- pozycje wysuniętych posterunków radiolokacyjnych;
- pozycje posterunku radiolokacyjnego skrytego pola;
- pozycje zapasowe kompanii radiotechnicznych;
- pozycje pozorne;
- radiowe centra nadawcze i odbiorcze.

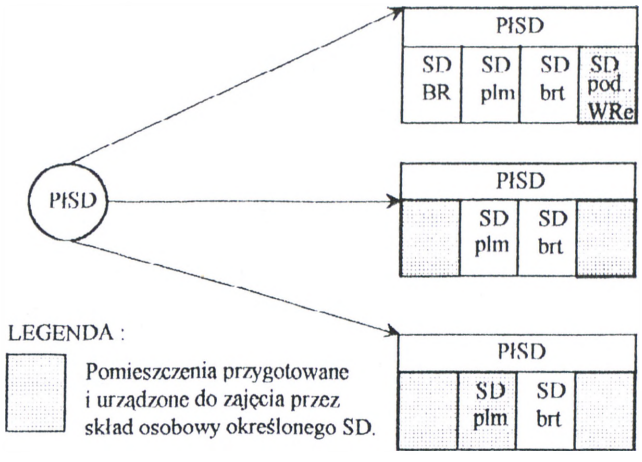
Ponadto w skład ugrupowania na okres WSGB wchodzą stanowiska ogniowe baterii przeciwlotniczej.

Połączone stanowisko dowodzenia rozmieszczone jest na stanowisku dowodzenia batalionu radiotechnicznego, pozycji bojowej miejscowej kompanii radiotechnicznej. Na pozycji tej rozmieszczone są środki radiolokacyjne, posterunek obserwacji wzrokowej oraz elementy obrony naziemnej i przeciwlotniczej (załącznik 2.3).

W zależności od aktualnego składu ugrupowania (bazowania) związków taktycznych (oddziałów), a także od wykonywanych zadań, w skład połączonego SD mogą wchodzić SD następujących jednostek :

- brt, plm, BR (pododdział WRe);
- brt, plm (pododdział WRe);
- brt (pododdział WRe),

są to tzw. typy PłSD (rys. 2.3.).



Rys. 2.3. Typy połączonych stanowisk dowodzenia.

Na każdym z wymienionych typów PłSD organizuje się punkt naprowadzania (PN) lotnictwa myśliwskiego. Na PłSD, na którym znajduje się SD plm jest urządzany główny punkt naprowadzania: zautomatyzowany i niezautomatyzowany, zaś na pozostałych PłSD są zautomatyzowane wysunięte punkty naprowadzania (WPN).

Bez względu na aktualny stan sił i środków dyslokowanych w danej strefie odpowiedzialności, istniejącego ugrupowania bojowego, PłSD jest organizowane standardowo tzn. jest ono przystosowane do przyjęcia i rozwinięcia różnych rodzajów SD jednostek WLOP.

Wzajemne relacje zachodzące między stanowiskiem dowodzenia i otoczeniem wymusza struktura stanowiska dowodzenia.

Badania wpływu struktury połączonego stanowiska dowodzenia na jego żywotność natrafia na szereg trudności, głównie z powodu wieloznaczności definicji *struktury stanowiska dowodzenia,* określającej treść i zakres tego terminu.

W nimniejszej rozprawie struktura stanowiska dowodzenia stanowi zbiór jego wszystkich części składowych, elementów otoczenia oraz połączeń między nimi.

W ogólnym przypadku można założyć, że SD jest zbiorem elementów podmiotowych (ludzi - L), przedmiotowych (narzędzia -N), informacji (I) i relacji na nim określonych - co przedstawia uporządkowana trójka:

$$S(SD) = < L, N, I > \qquad (2.1)$$

Zależność powyższa jest odzwierciedlona w każdym wyróżnionym elemencie struktury stanowiska dowodzenia.

Wpływ zespołów ludzkich na żywotność stanowiska dowodzenia zależy w dużym stopniu od roli jaką spełnia on na danym stanowisku dowodzenia. Mimo nasycenia w ostatnim okresie czasu stanowisk dowodzenia systemami informatycznymi wspomagajacymi dowodzenie rola czynnika ludzkiego jest w dalszym ciągu dominująca.

W odniesieniu do stanowiska dowodzenia pojęcie narzędzia obejmuje wszystkie środki niezbędne do jego funkcjonowania tj. wyposażenie, uzbrojenie i zaopatrzenie.

Tym co spaja poszczególne elementy stanowiska dowodzenia jest wewnętrzna organizacja, w szczególności organizacja przekształcania informacji w procesie dowodzenia wojskami.

Przekształcanie informacji sytuacyjnej w decyzyjną stanowi zadanie główne ralizowane na stanowisku dowodzenia. Pozostałe zadania współprzyczyniają się do realizacji tego procesu. W strukturze stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego OP (rys.2.4) daje się wyróżnić:

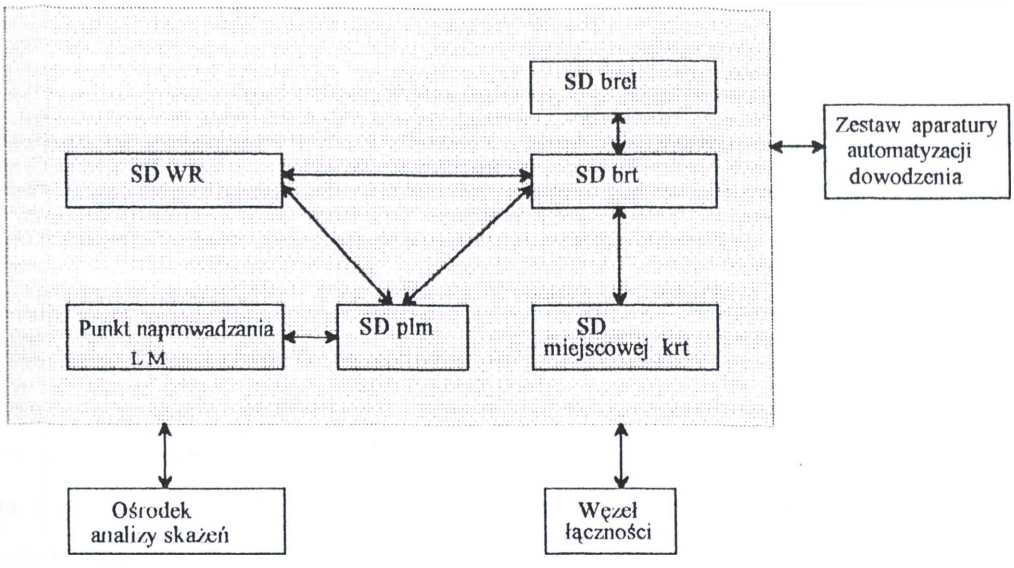
- stanowisko dowodzenia batalionu radiotechniczego;
- stanowisko dowodzenia pułku lotnictwa myśliwskiego;
- stanowisko dowodzenia brygady rakietowej (pułku rakietowego);
- punkt naprowadzania (GPN lub ZWPN) lotnictwa myśliwskiego;
- zestaw aparatury automatyzacji dowodzenia;
- ośrodek analizy skażeń;
- posterunek meteorologiczny;
- stanowisko dowodzenia miejscowej kompanii radiotechnicznej;
- węzeł łączności.

Kolejny etap identyfikacji w procesie iteracyjnym wskazuje, że następna iteracja da przybliżony obraz badanej struktury stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego co do zespołów i grup funkcjonujących na stanowisku dowodzenia.

Większość elementów PłSD wspólna dla poszczególnych SD (BR, plm, brt) rozmieszczona jest w budynku głównym (załącznik 2.4, 2.5), w którym urządzone są odpowiednie pomieszczenia (sale i miejsca pracy) dla:

- zespołu dowodzenia batalionu radiotechnicznego;
- zespołu dowodzenia pułku lotnictwa myśliwskiego;

- zespołu dowodzenia brygady rakietowej;
- zespołu planowania działań: brt, plm, Brt, (brel);
- grupy rozpoznawczej;
- grupy naprowadzania lotnictwa myśliwskiego;
- grupy miejscowej kompanii radiotechnicznej;
- grupy obsługi ZtSD;
- grupy zabezpieczenia meteorologicznego;
- grupy obsługi węzła łączności;
- ośrodka analizy skażeń.



Rys. 2.4. Uproszczona struktura stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego.

Struktura organizacyjna stanowiska dowodzenia jest możliwie prosta, adekwatna do specyfiki prowadzonych działań, a jednocześnie naszym zdaniem zapewnia ciągłe, sprawne kompetentne dowodzenie aktywnymi środkami walki w każdej sytuacji bojowej.
Strukturę organizacyjną stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego OP przedstawiono w załączniku 2.5.

Struktura funkcjonalna stanowiska dowodzenia obejmuje natomiast zbiór komórek organizacyjnych, ich elementy oraz relacje porządkujące podmioty działania określając: kto na stanowisku dowodzenia ma realizować określone zadania, aby spełniało swoją funkcję.

Dla potrzeb rozprawy wyróżniono zbiór zadań dla zespołów i grup funkcyjnych stanowiska dowodzenia w oparciu o literaturę tematu [108] i opinię ekspertów [14]. Opracowane zbiory

[14] Eksperci określili zbiór zadań realizowanych na realnych stanowiskach dowodzenia.

zadań (zał 5.2) stanowiły podstawę oceny grup i zespołów funkcyjnych stanowiska dowodzenia. Miejscem pracy tych że grup i zespołów funkcyjnych jest część hermetyczna schronu, półzagłębionego w ziemi. Budowlę tę nazywa się także budynkiem głównym PłSD, stanowi ona część składową rozbudowy inżynieryjnej pozycji bojowej kompanii miejscowej brt.
Najważniejszą rolę w funkcjonowaniu PłSD spełnia pomieszczenie budynku głównego zwane salą dowodzenia. Wposażone w techniczne środki automatyzacji i wizualizacji stanowi miejsce pracy zespołów dowodzenia: brt, plm, BR (pr). W przypadku dyslokowania w rejonie stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego batalionu (kompanii) zakłóceń radioelektronicznych przygotowuje się na sali dowodzenia miejsce pracy dla zespołu dowodzenia tegoż batalionu (kompanii).

Integralną częścią stanowiska dowodzenia szczebla taktyczneg OP, zapewniającą kontakt z otoczeniem jest węzeł łączności w skład, którego wchodzą etatowe siły i środki batalionu radiotechnicznego, brygady rakietowej i pułku lotnictwa myśliwskiego. Od ich stanu zależy głównie trwałość dowodzenia. Na stanowisku dowodzenia wykorzystuje się środki radiowe, radioliniowe i środki przewodowe, a także środki utajniania przekazu. Środki radiowe zapewniają uzyskiwanie dowolnych relacji łączności na określonych odległościach i praktycznie utrzymywanie jej w dowolnych warunkach. Nie zapewniają one jednak skrytości przekazywania informacji, a ponadto podatne są na rozpoznanie i zakłócenia. Elementami zapewniającymi łączność radiową na stanowisku dowodzenia szczebla taktycznego są: radiowe centrum nadawcze (RCN) oraz radiowe centrum odbiorcze (RCO) rozmieszczone w pewnej odległości od budynku głównego (załącznik 2.2).
Względnie niezawodną łączność zapewniają środki przewodowe. Jednakże ze względu na ich stały charakter wrażliwe są na zniszczenie.

Wnioski.

Stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego, mimo funkcjonowania w hierarchicznej strukturze dowodzenia OP posiada zdolność autonomicznej pracy.

Elementem struktury stanowiska dowodzenia decydującym o jego żywotności aczkolwiek nie biorącym bezpośrednio udziału w wypracowaniu decyzji jest węzeł łączności.

Żywotność stanowiska dowodzenia w głównej mierze zdeterminowana jest przez jego strukturę funkcjonalną, a w szczególności zdolność jej do pozyskiwania informacji z otoczenia, wypracowania decyzji i przekazywania jej do wykonawców.
Z wyróżnionych komórek funkcjonalnych stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego o jego żywotności decydują przede wszystkim zespoły dowodzenia i zespół planowania, gdyż są one głównymi realizatorami procesu przetwarzania informacji sytuacyjnych w decyzyjne.

2.2. Czynniki determinujące żywotność stanowiska dowodzenia uwarunkowane strukturą wewnętrzną.

Stanowisko dowodzenia, a zarazem jego struktura wyróżniona w rozdziale 2.1.3, jest obiektem, oddziaływania przeciwnika w czasie działań bojowych.

Żywotność stanowiska dowodzenia zależy od zachowania się w tym okresie wyróżnionych elementów, a w szczególności od odporności ludzi ich predyspozycji i umiejętności; wyposażenia technicznego, rozbudowy inżynieryjnej, procesu informacyjno - decyzyjnego realizowanego na tym stanowisku, a także zabezpieczenia logistycznego. Wyróżnione elementy będą przedmiotem analizy w nimniejszym rozdziale. Zakłada się, że SD jest w pełni zabezpieczone logistycznie. Stąd też element ten nie będzie przedmiotem dalszej analizy.

2.2.1. Stan osobowy.

Nauka wojenna eksponuje rolę człowieka w ewentualnej przyszłej wojnie, lecz jednocześnie ujmuje ją w ścisłym związku z techniką wojenną (uzbrojeniem i sprzętem bojowym), którą posługiwać się będzie człowiek. Człowiek i technika, to dwa szczególnie istotne czynniki obiektywne decydujące o wyniku działań na polu walki. Między nimi występuje bardzo ścisły związek. Przejawia się on tym, że każdy żołnierz i dowódca spełnia w działaniach bojowych określoną rolę, zaś efekty jego działania zależą w dużej mierze od czynników subiektywnych, lecz jednocześnie od jakości uzbrojenia i sprzętu bojowego, którymi włada.

W celu określenia żywotności stanowiska dowodzenia celowym wydaje się rozpatrzyć związek człowiek - obiekt techniczny traktując go jako system złożony.

System ten charakteryzują następujące zależności :

1) wysoki stopień zintegrowania, jedność funkcjonalna (wspólny cel działania);
2) duży stopień złożoności (szeroki zakres wykonywania funkcji, obecność człowieka wraz z jego strukturą psychiczną itd.);
3) wielofunkcyjne działanie;
4) duży stopień automatyzacji, przyczyniający się do zwiększenia niezależności w zachowaniu się systemu;
5) stochastyczne, nieregularne w czasie, występowanie bodźców zewnętrznych.

W systemach człowiek - obiekt techniczny (C-OT) sprawność działania systemu zależy od wzajemnego dostosowania się do siebie dwóch, tak różnych, podsystemów, jakimi są człowiek i obiekt techniczny.

Spośród wielu określeń systemu : człowiek - obiekt techniczny dla potrzeb pracy wybrano następujące :

System C - OT stanowi operatywne połączenie człowieka lub zespołu ludzi z jednym lub wieloma obiektami technicznymi współdziałające w celu uzyskania określonych rezultatów wynikających z danych wejściowych, z uwzględnieniem ograniczeń wynikających z właściwości otaczającego środowiska.

System C - OT jest rodziną zbiorów, którą można opisać następująco :

$$S_{C-OT} = \{ S_i, R_j, Q \} \tag{2.2}$$

gdzie ;

S_i - zbiór systemów składowych, $i = 1...n_1$,

R_j - zbiór zbiorów relacji między elementa i składowymi i ich systemami , $j = 1...n_2$,

Q - system celowy, określający cele lokalne, nadrzędne oraz cel globalny istnienia (działania) systemu C - OT.

Zbiór systemów składowych zawiera szereg podzbiorów

$$S_i = \{ S_C, S_{OT}, S_{OB}, S_{EM}, S_I, S_{W-W} \} \tag{2.3}$$

gdzie :

S_C - zbiór elementów systemu :człowiek,

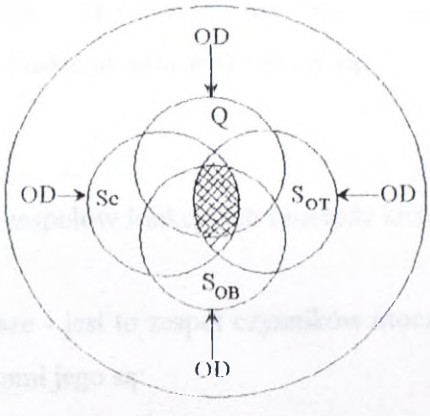
S_{OT} - zbiór elementów systemu : obiekt techniczny,

S_{OB} - zbiór elementów systemu : otoczenie bezpośrednie (bliskie),

S_{EM} - zbiór elementów systemu energetyczno - materiałowgo (logistycznego),

S_I - zbiór elementów systemu informacyjnego,

S_{w-w} - zbiór elementów systemu : " wejście - wyjście " łączącego system C - OT z otoczeniem dalszym.



Rys. 2.5 Człowiek - obiekt techniczny.

System C - OT (rys.2.5) zawiera trzy zasadnicze podsystemy: człowieka, obiekt techniczny i otoczenie bliskie, które realizują zadanie określone przez system celowy. W zależności od czynników zewnętrznych, każdy podsystem w różnym stopniu uczestniczy w realizacji zadania. Przyjmując, że każdy podsystem można traktować jako zbiór elementów składowych i relacji, system C - OT może być ogólnie zapisany za pomocą wyrażenia :

$$S_{C-OT} = S_C \cap S_{OT} \cap S_{OB} \cap Q \qquad (2.4)$$

gdzie :

S_C - podsystem : człowiek,

S_{OT} - podsystem : obiekt - techniczny,

S_{OB} - podsystem : otoczenie bliskie,

OD - podsystem : otoczenie dalsze,

Q - podsystem : celowy.

Podsystem człowiek (C) - rozumiany jest tutaj jako pojedynczy operator lub zespół osób funkcyjnych, związanych ze sobą określonym działaniem. W stosunku do innych podsystemów człowiek jest podmiotem na każdym etapie procesu realizacji. Powiązania istniejące między członkami zespołu (podsystemu) wynikają ze struktur organizacyjnych i funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia.

Podsystem obiekt techniczny (OT) - są to środki materialne będący wytworem pracy ludzkiej. Cel jego istnienia zostaje określony na etapie projektowania. Obiekt techniczny służy zespołom funkcyjnym - operatorom jako narzędzie samodzielnego wykonywania zadań.

Z punktu widzenia procesu realizacji zadań OT jest podmiotem, wykonującym zadanie narzucone przez operatora.

Podsystem otoczenie bliskie - rozumiane jest jako zespół czynników otoczenia bezpośredniego, w jakim stan osobowy stanowiska dowodzenia wraz z narzędziami pracy realizuje swoje zadania. Składnikami otoczenia bliskiego stanowiska pracy są :

- standard wyposażenia;
- cechy przestrzenne;
- struktura organizacyjna zespołów funkcyjnch i metody kierowania tym zespołem;
- stosunki międzyludzkie.

Podsystem otoczenie dalsze - jest to zespół czynników otoczenia oddziaływujących na stanowisko dowodzenia. Składnikami jego są:

- sił i środki oddziaływania przeciwnika;
- system dowodzenia obroną powietrzną;

- środowisko naturalne.

Podsystem celowy charakteryzuje go występowanie celu, któremu podporządkowana jest działalność człowieka i obiektu technicznego.

Człowiek jako element systemu jest obiektem oddziaływań środowiska (otoczenia), w którym zachodzą różnorodne zdarzenia wywołujące bodźce wykrywane przez jego receptory. Bodźce te mogą wpływać na człowieka stymulująco bądź zniechęcająco. Te ostatnie mogą powodować utratę zdrowia lub życia stanu osobowego stanowiska dowodzenia, stanowią tym samym zagrożenie dla realizacji procesu inforacyjno - decyzyjnego, na nich też zostanie skupiona w dalszej części rozprawy uwaga.

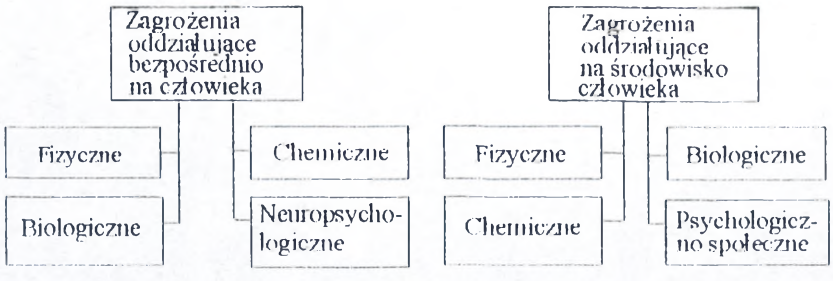
Rozpatrując sytuacje, zdarzenia generujące bodźce negatywne należy odpowiedzieć na pytania :

1. Jakie sytuacje generują bodźce negatywne ?

2. Jakie reakcje u człowieka one wywołują ?

Sytuacje, w których zachodzi zwiększone prawdopodobieństwo utraty zdrowia lub życia bądź szkód materialnych lub moralnych nazywamy zagrożeniami [15].

Rozróżnia się zagrożenia obiektywne lub subiektywne. Zagrożenia obiektywne są to zagrożenia realnie istniejące. Zagrożenia subiektywne powstają najczęściej przy nieznajomości zagrożenia obiektywnego. Oprócz wymienionego podziału, zagrożenia można podzielić na bezpośrednie i pośrednie (rys 2.6).



Rys. 2.6. Klasyfikacja zagrożeń człowieka.

Zgodnie z powyższą klasyfikacją można przyjąć, że stany osobowe stanowisk dowodzenia w czasie działań bojowych mogą być narażone na :

1. *Zagrożenia fizyczne*, stanowią najliczniejszą grupę wszystkich zagrożeń (załącznik 2.6). Nie występują one pojedynczo, lecz kompleksowo, z tym, że niektóre z nich mogą stanowić

---

[15] Tomaszewski T.: Człowiek w systemie pracy. Zagadnienia przystosowania człowieka do pracy. KiW, Warszawa 1976.

zagrożenie dominujące. Niebezpieczeństwem dla ludzi jest określona wartość poszczególnych wielkości fizycznych, a nie sama wielkość.

2. *Zagrożenia chemiczne.* Podział tych zagrożeń przedstawiono w załączniku 2.7 rys.1. Do niedawna człowiek spotykał się z nimi najczęściej w konfliktach zbrojnych czy ćwiczeniach poligonowych. Obecnie skala zagrożenia przesuwa się w kierunku zagrożeń przemysłowych, w niektórych przypadkach skutki oddziaływania tych zagrożeń przewyższają celowe oddziaływania chemiczne.

3. *Zagrożenia biologiczne.* Stanowią one drugą grupę zagrożeń, po fizycznych co do liczebności (załącznik 2.7, rys.2). Na szczególną uwagę wśród wyróżnionych zasługują zagrożenia bakteriologiczne.

4. *Zagrożenia neuropsychologiczne*, oddziałują na układy nerwowe i system psychiczny człowieka. Wstępną klasyfikację zagrożeń tego typu przedstawiono w załączniku 2.8, rys.1.

Zagrożenia mogą spowodować naruszenie wewnętrznej równowagi stanowiska dowodzenia, w taki sposób, że normalny przebieg aktywności podstawowej stanu osobowego zostanie zdezorganizowany i prawdopodobieństwo realizacji zadania na poziomie normalnym stanie się mniejsze. Będziemy mówili wówczas o sytuacjach trudnych. Można wyróżnić następujące rodzaje sytuacji trudnych [39 i 154] :

1. Deprymacja, wynika z braku podstawowych elementów potrzebnych do normalnego funkcjonowania organizmu. Czynnikami wywołującymi deprymację są między innymi: głód, brak snu, tlenu, osamotnienie, nostalgia, tęsknota;

2. Napięcie statyczne, czyli długotrwałe obciążenie pewnych mięśni lub całych ich grup. Powoduje to zmęczenie statyczne, które powstaje podczas wykonywania zadań przy ograniczonych okazjach do zmiany pozycji (operatorzy);

3. Utrudnienia, które wynikają z warunków , w jakich wykonuje się zadania np:
- braki przedmiotowe (brak narzędzi, części, współpracowników, pomieszczeń);
- brak informacji niezbędnych do podjęcia właściwej decyzji;
- przeszkody wstrzymujące (zatory, ciasnota pomieszczeń, przepisy organizacyjne itp.);
- naciski wytrącające człowieka z obranej drogi (presje, przynaglenia);
- przeciwdziałania udaremniające wysiłki.

4. Obciążenie psychiczne, będące wynikiem napięcia nerwowego spowodowanego subiektywnymi lub obiektywnymi warunkami pracy;

5. Konflikt wewnętrzny, to napięcie między ludźmi lub grupami wchodzącymi w skład zespołu, które w wyniku różnych poglądów, ocen interesów i które może wyrażać się kooperacją negatywną;

6. Monotonia pracy, którą tworzą cztery elementy :

- niezmienność (jednostajność) procesu pracy;
- niezmienność (jednakowość) warunków otoczenia;
- konieczność stałej koncentracji uwagi, czyli takie zaabsorbowanie pracą, które uniemożliwia nie związane z pracą swobodne myślenie i kontakty z otoczeniem;
- łatwość pracy wyraźnie ograniczająca potrzebę udziałów procesów intelektualnych (rozumowania).

Każda sytuacja trudna jest w większym lub mniejszym stopniu sytuacją zagrożenia realizacji zadania przez stan osobowy. W warunkach działań bojowych wymienione pierwsze cztery sytuacje trudne zwiększają zagrożenie natomiast dwie pozostałe ulegają wytłumieniu.

Dlatego warto zastanowić się w jakiej sferze (dziedzinie, zakresie) poszukiwać należy czynników przesądzających o takiej lub innej jakości stanów osobowych, tak aby realizowały one postawione zadania w sytuacjach trudnych .

Termin " jakość" oznacza pewną właściwość, odpowiedni rodzaj, gatunek lub wartość, a także zespół cech stanowiących o tym, że dany przedmiot jest tym przedmiotem, a nie innym. [16]

W literaturze tematu przyjmuje się cztery sfery decydujące o jakości stanów osobowych :

- umiejętności;
- postaw;
- materialna;
- organizacyjna.

Przez umiejętności zespołów ludzkich rozumieć należy zdolność wykonywania czegoś, biegłość w czymś, praktyczną znajomość czegoś. Wobec tego słusznym wydaje się postulat, że na umiejętności człowieka (grupy ludzi) składać się będą jego (ich) zdolności, wiedza - wykorzystywane w pracy, kształtowane w określonych warunkach i odpowiednio do zakładanych celów i potrzeb ukierunkowane. Zdolność jest zawsze predyspozycją do czegoś, do jakiegoś działania. Posiadanie przez człowieka określonej zdolności oznacza jego przydatność do określonego działania.

Zdolność człowieka, jako zdolność do pracy i do nauki, kształcą się w procesie uczenia się i pracy. Mylny jest pogląd, że zdolność człowieka, jako coś już przedtem gotowego, skończonego, ujawniają się tylko na zewnątrz w działalności człowieka i w jego wytworach. W rzeczywistości między zdolnościami człowieka a wynikami jego działalność, jego pracy, istnieje głęboki związek wzajemny, i jak najściślejsze wzajemne oddziaływanie.

---

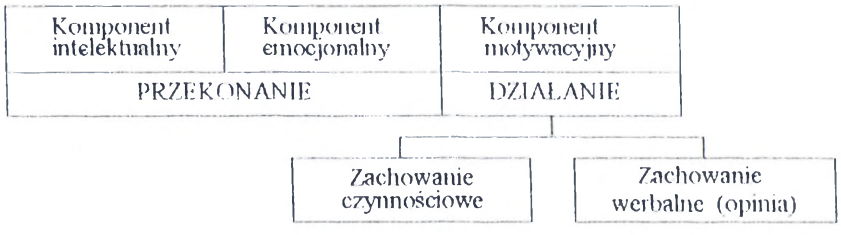
[16] Słownik języka polskiego, PWN, 1993, s.244.

Problem uzdolnienia jest to przede wszystkim problem jakościowy. Pierwszym zasadniczym pytaniem, jest pytanie, jakie człowiek posiada zdolności, do czego ma zdolności i na czym polega ich jakościowa swoistość.

Zdolności mogą się różnić nie tylko jakością lub ukierunkowaniem, ale i poziomem czy stopniem. Jeden i ten sam człowiek może posiadać różne zdolności, jedna z nich może być znacznie większa od innych. Z drugiej strony, obserwujemy u rozmaitych ludzi te same zdolności, tzn. zdolności do tej samej działalności, ale zdolności te mogą być u jednego większe, u innych mniejsze.

Jak już wspomniano zdolność do pracy czy też nauki kształtowana jest w procesie uczenia się. Cały proces kształcenia w wojsku ma na celu wyposażenie słuchaczy w odpowiedni do zakładnych celów zasób umiejętności, w wyniku czego poszczególni żołnierze wszystkich stopni oraz całe zespoły ludzkie osiągają pewien poziom wyszkolenia i doświadczenia.
Czynniki takie jak : wyszkolenie i doświadczenie wojsk można zaliczyć do tych czynników, które w przeważającym stopniu decydują o jakości stanów osobowych wojsk i wywodzą się ze sfery umiejętności.

Kształtowanie postaw zależy od uformowania się jej komponentów, do których należą komponenty: intelektualny, emocjonalny i motywacyjny. Psychologiczną strukturę postawy najlepiej przedstawia rysunek 2.7.



Rys. 2.7. Kształtowanie postaw.

Każdą postawę można scharakteryzować poprzez jej właściwości np. : przedmiot, zakres, kierunek, siłę, złożoność i zawartość, trwałość i położenie w systemie postaw[18].

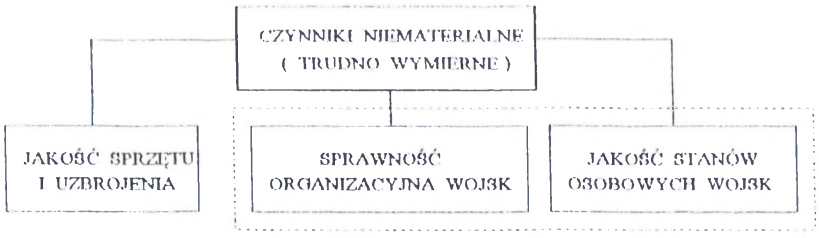
Każda postawa musi mieć swój przedmiot, czyli musi odnosić się do kogoś lub czegoś np: walki zbrojnej, służby wojskowej, przełożonych itp.

Postawy, chociaż ulegają pewnym zmianom, to jednak uznawane są za stany względnie stałe. Zmiany negatywnie oceniane mogą doprowadzić do frustracji i stresów, a także ukształtownia negatywnych postaw. Śledzenie nastrojów stanów osobowych, szybkie reagowanie

[18] Mądrzycki T.: Wpływ postaw na rozumowanie, wyd. PWN, Warszawa 1974, s.83.

w przypadku występowania negatywnych reakcji, postaw umożliwia kształtowanie, zachowanie pożądanych postaw.

Dziedzina materialna obejmująca stan materialny czy też sytuację materialną, w czasie działań bojowych jest sferą o drugorzędnym znaczeniu.



Rys.2.8 Podział czynników niematerialnych.

W obszarze składników niematerialnych (rys. 2.8) znajdują się czynniki jakościowe stanów osobowych wojsk. Należą one do kategorii czynników trudnowymiernych, decydujących a niekiedy wpływają istotnie na przebieg i wynik realizacji zadań.

Czynniki te są :

- trudne do zmierzenia wprost naturalnymi jednostkami miary;
- zmienne w czasie ;
- obejmują zespół cech jakościowych charakteryzujących opisywane zjawisko.

Czynniki te mają charakter subiektywny i jest rzeczą bardzo trudną oszacowanie ich w kategoriach bezwzględnych z zachowaniem całkowitego obiektywizmu. Należy przyjąć jednak, że trudnowymierne czynniki jakościowe stanów osobowych wojsk, po dokonaniu odpowiednich zabiegów mogą dać się z określoną dokładnością wymierzyć, obliczyć, mogą przybrać ustalony wymiar określony odpowiedniej wielkości skalą (liczbową).

Stan osobowy stanowiska dowodzenia jako element systemu z jednej strony jest obiektem oddziaływań otoczenia z drugiej zaś strony sam oddziaływuje na obiekty techniczne w sposób bezpośredni bądź pośredni. Można przyjąć, iż osoby funkcyjne stanowiska dowodzenia wykorzystując obiekty techniczne do realizacji zadań są operatorami tych obiektów, gdyż zmuszeni są z racji pełnionej funkcji do wykonywania określonych czynności typowch dla załóg obsługujących urządzenia techniczne.

Celowym wydaje się więc określić wpływ człowieka (operatora) na obiekt techniczny w okresie jego eksploatacji.

W procesie eksploatacji urządzeń technicznych ważną rolę odgrywają czynniki subiektywne, zależne od ludzi. Ich wpływ na niezawodność układów " człowiek - obiekt techniczny" rośnie wraz z postępującą złożonością maszyn. Każdy z operatorów, jak wskazują na to badania

inżynieryjno - psychologiczne, posiada oryginalną psychologiczną strukturę i charakteryzuje się niestabilną, ciągle zmieniającą się funkcję psychologiczną [19].

Niezawodność operatora może być zdefiniowana jako prawdopodobieństwo bezbłędnego wykonania w danej sytuacji eksploatacyjnej działania, w zadanym czasie t.

Możliwości prawidłowego wypełniania funkcji przez operatora zależą od [33] :

- kwalifikacji operatora;
- rozmieszczenia organów sterowania na pulpitach zautomatyzowanych miejsc pracy na PISD;
- struktury algorytmów pracy operatora;
- wyposażenia i konstrukcji oprzyrządowania kontrolo - pomiarowego;
- sposobu rozwiązania kontroli funkcjonowania aparatury;
- jakości dokumentacji techniczno - eksploatacyjnej.

Niezawodność pracy operatora zależy więc od czynników, które można podzielić na trzy grupy : indywidualne predyspozycje i umiejętności oraz wytrenowanie i zgranie z całą obsługą .

Ocena predyspozycji i umiejętności, a więc ocena charakterystyk psychicznych i fizjologicznych operatora, decydujących o niezawodności działania człowieka w systemie użytkowania obiektów technicznych, może być dokonana jedynie na podstawie rozległych badań medyczno-biologicznych, inżynieryjno - psychologicznych, pedagogicznych itp.

Klasyfikację czynników subiektywnych, wpływających na niezawodność operatora przedstawiono w załączniku 2.8 rys.2.

Analityczne przedstawienie wpływu poszczególnych cech operatora na niezawodność systemu : człowiek - obiekt techniczny w procesie użytkowania jest bardzo złożone. Wynika to z faktu, że oceniane zmienne losowe są wzajemnie zależne.

Określenie wskaźnika niezawodności układu człowiek - obiekt techniczny uwzględniającego w pełni działanie personelu, możliwe jest z wykorzystaniem formuły pełnego prawdopodobieństwa, co przedstawia następująca zależność[34].

---

[19] Jaźwiński J., Wieremiejczyk W.: Niezawodność układu człowiek - maszyna. Materiały " Szkoły zimowej - 78 " nt. " Dignostyka niezawodnościowa systemów technicznych " SPEM PAN oraz OPT, Warszawa - Katowice 1978.

Jethon Z. : Fizjologiczne aspekty niezawodności działania człowieka w układzie : operator - maszyna - środowisko. Materiały " Szkoły Zimowej - 79 " nt. " Niezawodność systemów człowiek - obiekt techniczny ". SPEM PAN oraz OPT, Warszawa - Katowice 1979.

$$R_{CO} = \left\{ \sum_{i=1}^{m} H_i [A_i * S_d + A_{mi}(1 - S_d)] * S_p \right\} * \left[\sum_{j=1}^{N} h_j * a_j \right] * W_d * W_p * W_w \qquad (2.5)$$

gdzie:

- H_i - prawdopodobieństwo rozpoczęcia przygotowania do jednego z *m* stopni gotowości bojowej;
- A_i - prawdopodobieństwo bezbłędnego (w odpowiednim czasie) przygotowania sprawnej aparatury do wykorzystania bojowego z *i*- tego stopnia dyżurowania;
- S_d - prawdopodobieństwo poprawnej pracy w końcowej chwili dyżurowania;
- A_{mi} - prawdopodobieństwo bezbłędnego przygotowania aparatury niesprawnej do wykorzystania bojowego z *i* - tego stopnia dyżurowania;
- ($1-S_d$) - prawdopodobieństwo wystąpienia odmowy;
- S_p - prawdopodobieństwo poprawnej pracy w rodzaju pracy "uruchamianie";
- S_w - prawdopodobieństwo bezawaryjnej pracy aparatury w rodzaju pracy " praca bojowa", z uwzględnieniem możliwości jej odtworzenia;
- U_w - prawdopodobieństwo bezawaryjnej pracy operatorów;
- G_w - prawdopodobieństwo odtworzenia sprawności technicznej podczas pracy sprzętu;
- h_j - prawdopodobieństwo zajęcia miejsca pracy przez *j* - tego operatora;
- a_j - prawdopodobieństwo tego, że *j* - ty operator przygotuje swoje miejsce pracy w nakazanym czasie;
- W_d - prawdopodobieństwo braku biologicznej odmowy w rodzaju pracy " praca bojowa";
- W_p - prawdopodobieństwo braku biologicznej odmowy w rodzaju pracy "przygotowanie do do pracy bojowej";
- W_w - prawdopodobieństwo braku biologicznej odmowy w rodzaju pracy " praca bojowa".

Na wartość tego prawdopodobieństwa można wpływać :

metodami psychologii inżynieryjnej :

- zwiększając prawdopodobieństwo wypełniania w danym czasie algorytmów, wykonywania ich bezawaryjnie i bezbłędnie, tzn. A_i , U_w , G_w :
- doskonaląc zabezpieczenie pracy obsług technicznych przy usuwaniu awarii, tzn. przez prawdopodobieństwo A_{mi} ,S_d , S_p , S_w;

metodami psychologii i fizjologii pracy, wpływając na organizację dyżurów i prawdopodobieństwa :H_i , h_j , a_j;

metodami fizjologii i medycyny , wpływając na wielkość prawdopodobieństwa : W_d, W_p, W_w.

Bardziej ogólną zależność na niezawodność układu " człowiek - obiekt techniczny " można przedstawić w postaci :

$$R_{CO} = R_C * R_{OT} \tag{2.6}$$

gdzie :

R_{CO} - niezawodność układu " człowiek - obiekt techniczny ";

R_C - niezawodność operatora;

R_{OT} - niezawodność obiektu technicznego.

Niezawodność operatora (R_C) można wyrazić wskaźnikami ilościowymi, ustalanymi za pomocą metod matematyczno - doświadczalnych.

Ogólną niezawodność operatora można wyrazić za pomocą wyrażenia [21]:

$$R_C = P_B * P_T * K_g * P_S \tag{2.7}$$

Niezawodność tę chrakteryzuje się takimi czynnikami jak: P_B - bezbłędna praca operatora, P_T - wykonanie czynności w określonym czasie, K_g - gotowość operatora do pracy, P_S - samo-odtwarzalności zdolności roboczej operatora.

Wskaźnik bezbłędnej pracy operatora (P_B) wyraża prawdopodobieństwo, które określa, że czynność na danym stanowisku pracy zostanie wykonana bezbłędnie niezależnie od warunków funkcjonowania stanowiska dowodzenia w czasie działań bojowych.

$$P_B = \frac{m}{M} \tag{2.8}$$

gdzie :

m - ilość właściwie wykonanych czynności operatorskich podczas pracy;

M - ogólna ilość przewidywanych czynności operatorskich wykonywanych podczas pracy.

Rozpatrując zatem w kolejności poszczególne etapy realizacji zadania bojowego, związanego z wykrywaniem i śledzeniem obiektów powietrznych, możemy wyznaczyć dla przykładu wskaźniki będące miernikami oceny działalności operatorów urządzeń wskaźnikowych

[21] Frankowicz Z.: Wpływ czynnika ludzkiego na niezawodność pracy systemów złożonych, Materiały III Szkoły Inżynierii Systemów, Kiekrz - 1987.

zautomatyzowanych systemów dowodzenia [79]. W literaturze tematu daje się wyróżnić pięć wskaźników oceny operatorów.

1. Prawdopodobieństwo wykrycia ($P_W \Rightarrow P_B$) :

$$P_W = \frac{L_{WY}}{L_{DZ}} \tag{2.9}$$

gdzie :

L_{WY} - liczba obiektów wykrytych :

L_{DZ} - liczba obiektów działających.

2. Prawdopodobieństwo poprawnego określania przynależności ($P_{POP} \Rightarrow P_B$):

$$P_{POP} = \frac{L_{MPOP}}{L_{PBO}} \tag{2.10}$$

gdzie :

L_{MPOP} - liczba meldunków z poprawnie określonej przynależności :

L_{PBO} - liczba meldunków, dla których przynależność powinna być określona.

3. Prawdopodobieństwo poprawnego określania wysokości ($P_{POW} \Rightarrow P_B$) :

$$P_{POW} = \frac{L_{POH}}{L_{WMH}} \tag{2.11}$$

gdzie :

L_{POH} - liczba meldunków z poprawnie określoną wysokością;

L_{WMH} - liczba wszystkich meldunków o wysokości.

4. Prawdopodobieństwo poprawnego określania kursu ($P_K \Rightarrow P_B$) :

$$P_K = \frac{L_{POK}}{L_{WMK}} \tag{2.12}$$

gdzie :

L_{POK} - liczba meldunków w których kurs określono poprawnie;

L_{WMK} - liczba wszystkich meldunków o kursach.

5. Prawdopodobieństwo ciągłości prowadzenia ($P_{CP} \Rightarrow P_B$) :

$$P_{CP} = \frac{L_{MPP}}{L_{MKP}} \tag{2.13}$$

gdzie :

L_{MPP} - liczba meldunków przekazywanych poprawnie;

L_{MKP} - liczba meldunków która powinna być przekazana.

Wskaźnik wykonania czynności operatorskich w odpowiednim czasie (P_T). Wskaźnik wyraża prawdopodobieństwo tego, że wykonanie czynności operatorskich zostanie zrealizowane w przewidywanym czasie normatywnym.

Wskaźnik ten w naszym przypadku dla operatorów urządzeń wskaźnikowych zautomatyzowanych systemów może być określony poprzez prawdopodobieństwo terminowości wykrycia (P_{TW}):

$$P_{TW} = \frac{L_{WT}}{L_{ODS}} \tag{2.14}$$

gdzie :

L_{WT} - liczba obiektów wykrytych w terminie ;

L_{ODS} - liczba obiektów działających w strefie odpowiedzialności.

Wskaźnik gotowości operatora do pracy wyraża się współczynnikiem gotowości (K_g)

$$K_g = \frac{t_o}{t} \tag{2.15}$$

gdzie :

t_o - czas opóźnienia w zajęciu przez operatora stanowiska operatorskiego do działania (praktycznie w tym czasie nie ma go na stanowisku);

t - ogólny czas normatywny gotowości dla stanowiska operatorskiego.

Wskaźnik samoodtwarzalności zdolności operatorskiej (P_S) - wyraża prawdopodobieństwo tego, że popełniony błąd wykonania czynności operatorskiej przez operatora zostanie skorygowany:

$$P_S = P_{KS} * P_{OB} * P_K \tag{2.16}$$

gdzie :

P_{KS} - prawdopodobieństwo tego, że schemat układu kontroli zadziała sprawnie (wyrażony np. poprzez sygnał akustyczny, czy świetlny itp.);

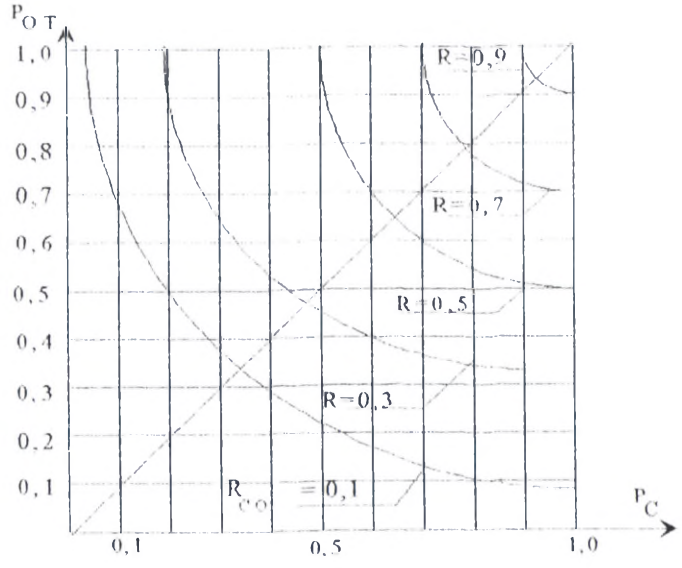
P_{OB} - prawdopodobieństwo tego, że sygnał o popełnionym błędzie w czynności operatorskiej zostanie odebrany receptorem operatora;

P_K - prawdopodobieństwo tego, że popełniony błąd w wykonaniu czynności operatorskiej przy jej powtarzaniu zostanie usunięty w założonym czasie normatywnym na dokonanie korekty.

Osoby funkcyjne w czasie realizacji procesów decyzyjnych pracują na granicy przeciążeń i deprymacji spowodowanej zagrożeniami otoczenia bliższego i dalszego, co doprowadzić może do obniżenia poziomu realizacji procesu informacyjno-decyzyjnego, włącznie z jego zerwaniem.

Na podstawie analizy systemu człowiek - obiekt techniczny wynika, że nie ma sensu dążyć do zbyt dużej niezawodności obiektów technicznych, jeżeli niezawodność operatora jest mała,

ponieważ i tak niezawodność układu człowiek - obiekt techniczny (R_{CO}) będzie mniejsza od niezawodności operatora R_c co przedstawia rysunek 2.9.



Rys. 2.9. Prawdopodobieństwo realizacji zadania relacji człowiek - obiekt techniczny.

Z przedstawionych rozważań wynika, że na żywotność stanowiska dowodzenia decydujący wpływ ma człowiek, mimo że coraz częściej wysiłek fizyczny, a także umysłowy operatora zastępowany jest przez urządzenia i systemy techniczne to jednak człowiek stanowi w tym układzie rolę dominującą. Od niezawodności stanów osobowych stanowiska dowodzenia, a w szczególności od prawdopodobieństwa ich poprawnej pracy, zdolności do wykonywania w terminie określonych czynności, a także możliwości regeneracyjnych zależy niezawodność stanowiska dowodzenia.

Wartość niektórych czynników niezawodności zespołów ludzkich stanowiska dowodzenia, wyróżnionych w rozdziale drugim, została opracowana na podstawie badań ankietowych - szeroko omówionych w rozdziale piątym.

Kolejnym ważnym czynnikiem niezawodności, decydującym o żywotności stanowiska, zgodnie z wyrażeniem 2.6 jest niezawodność obiektu technicznego, która została opracowana w następnej części rozprawy.

2.2.2. Wyposażenia technicznego stanowiska dowodzenia .

Instrumentalizacja stanowiska dowodzenia rozumiana jako wykorzystanie w działaniu (dowodzeniu) aparatury (narzędzi pracy - N) [22] jest drugim czynnikiem po cechach osobowych, który w sposób bezpośredni wpływa na żywotność stanowiska dowodzenia w walce. W odniesieniu do stanowiska dowodzenia pojęcie instrumentalizacji obejmuje wszystkie środki i urządzenia niezbędne do jego funkcjonowania. W tym rozumieniu instrumentalizacja obejmuje: uzbrojenie, wyposażenie i zaopatrzenie.

Uzbrojenie osób funkcyjnych na PłSD obejmuje indywidualne i zespołowe środki walki niezbędne do zapewnienia im bezpieczeństwa w czasie działań bojowych. W tej grupie znajdują się: środki obrony przeciwlotniczej oraz broń osobista stanu osobowego. Rodzaj środków uzbrojenia i ich liczba na prawie wszystkich stanowiskach dowodzenia jest prawie taka sama. Środki te powinny umożliwić obronę przed oddziaływaniem naziemnym i powietrznym przeciwnika do czasu nadejścia pomocy. Jak wskazują badania ankietowe ilość i jakość zespołowych środków walki będących na wyposażeniu stanowisk dowodzenia szczebla taktycznego wymaga zmian zarówno ilościowych i jakościowych. Pogłębiona analiza wyników badań w tym zakresie jest zawarta w rozdziale piątym.

Przez zaopatrzenie rozumie się środki zasilania ludzi, uzbrojenia i technicznych środków wyposażenia stanowiska dowodzenia. Do środków tych zalicza się: żywność, amunicję, materiały pędne i smary i części zamienne.

Wyposażenie stanowiska dowodzenia obejmuje szeroką gamę środków i urządzeń, które można ująć w następujące grupy :

- środki radiolokacyjne;
- środki łączności przewodowej i radiowej;
- środki automatyzacji dowodzenia;
- środki transportowe do celów łącznikowych, pracy sztabowej, zadań specjalnych i na potrzeby bytowe;
- środki organizacyjno - techniczne do prac sztabowo - biurowych;
- środki i urządzenia zabezpieczenia bojowego ludzi i techniki przed rozpoznaniem, czynnikami rażenia środków konwencjonalnych, broni precyzyjnej i masowego rażenia;
- środki i urządzenia maskujące działalność urządzeń radioelektronicznych na stanowisku dowodzenia.

Charakter rozprawy obliguje do określenia żywotności *systemu radiolokacyjnego* stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego OP rozumianego jako zespół sił i środków

[22] Encyklopedia organizacji i zarządzania, PWE, Warszawa 1985.

radiolokacyjnych, łączności, przetwarzania i zobrazowania informacji o sytuacji powietrznej, rozwinięty na stanowisku bojowym zgodnie z zamiarem prowadzenia działań bojowych [7].

O funkcjonowaniu systemu radiolokacyjnego w głównej mierze decyduje podsystem łączności, który jest gwarantem realizacji zadań przez stanowiska dowodzenia.

Podsystem łączności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego.

Realizacja zadań realizowanych przez wojska łączności do których należą [23] :

- zapewnienie niezwłocznego przekazywania sygnałów alarmowych i komend dotyczących osiągania wyższych stanów gotowości bojowej;

- zapewnienie przekazywania na stanowiska dowodzenia informacji o sytuacji bojowej, niezbędnych dowódcy do podjęcia decyzji;

- zapewnienie przepływu rozkazów, zarządzeń i komend dowódcy do podległych wojsk oraz meldunków o wykonywaniu postawionych zadań od podwładnych do dowódcy;

- zapewnienie wymiany informacji między współdziałającymi wojskami w czasie wykonywania przez nie wspólnych zadań;

- zapewnienie przekazywanie sygnałów powiadamiania i ostrzegania o zagrożeniu powietrznym, jądrowym i chemicznym;

- zapewnienie dowodzenia statkami powietrznymi we wszystkich etapach ich lotu;

- zapewnienie kierowania pracą tyłów i służb zabezpieczających działania bojowe, wymaga utrzymywania na każdym szczeblu dowodzenia sprawnego i wysoce niezawodnego systemu łączności, rozumianego jako zespół węzłów, stacji i linii łączności powiązanych ze sobą w określony sposób (architektura sieci), odpowiadający zasadą organizacji dowodzenia, współdziałania i zaopatrzenia w zależności od charakteru działań bojowych oraz wykonywanych zadań.

Obecnie w siłach zbrojnych państw NATO stosuje się powszechnie dwie odmiany architektury systemu łączności: gwiaździstą i gwiaździsto - siatkową (kombinowaną, mieszaną). W perspektywie przewiduje się wprowadzić system o strukturze siatkowej.

Architektura gwiaździsta prezentuje sobą system najprostszy. Jej istota polega na tym, że pomiędzy węzłami łączności (przełożonego, podwładnych i współdziałających) są projektowane bezpośrednie linie telekomunikacyjne tzw. proste łańcuchy telekomunikacyjne. Zaletą takiego systemu jest prosta struktura, łatwa eksploatacja oraz zaangażowanie nieznacznych sił i środków do jej realizacji. Zasadnicza wada systemu gwiaździstego sprowadza się do tego, że w przypadku zniszczenia centralnego węzła łączności praktycznie przestaje istnieć system, ponieważ jego

[23] Wieczorek S. : Organizacja łączności w pułku lotnictwa myśliwskiego, brygadzie rakietowej i batalionie radiotechnicznym wojsk OPK, ASG WP, Warszawa 1985.

architektura wyklucza możliwość zastosowania złożnych łańcuchów telekomunikacyjnych - dróg obejścia.

Ten rodzaj architektury to system ery urządzeń analogowych (transmisji analogowej) o niskiej przepustowości, trwałości i mobilności. System niezwykle podatny na oddziaływanie przeciwnika. Jest on powszechnie stosowany w związkach taktycznych jak również oddziałach sił zbrojnych, a na niższych szczeblach dowodzenia w zdecydowanej większości także w armiach państw świata dysponujących nowoczesnymi technikami przekazu informacji.

Przeciwieństwem systemu gwiaździstego jest system o architekturze siatkowej, często w literaturze nazywany oczkowym, kratowym, osiowo-rokadowym, strefowym czy też przestrzennym.

Istota tego systemu polega na tym, że w obszarze walki - w przypadku zastosowania tego systemu w wojsku - rozmieszcza się nieregularnie węzły będące oczkami siatki, które łączy się prostymi, a niekiedy złożonymi liniami telekomunikacyjnymi. Do tak zorganizowanej " sieci telekomunikacyjnej " podłączają się polowe węzły łączności związków i oddziałów za pomocą bezpośrednich linii telekomunikacyjnych. Zasadniczą zaletą systemu siatkowego jest to, że w przypadku zniszczenia lub awarii części linii komunikacyjnych, a także niektórych węzłów łączności, czy też węzłów oczek siatki istnieje zawsze kilka dróg obejściowych, umożliwiwiających przesyłanie informacji. Wadą architektury siatkowej, jest to, że do jej organizowania angażuje się dużo sił i urządzeń telekomunikacyjnych. Ponadto również ma ona ograniczoną mobilność, stąd nie zawsze może być zastosowana na niższych szczeblach dowodzenia.

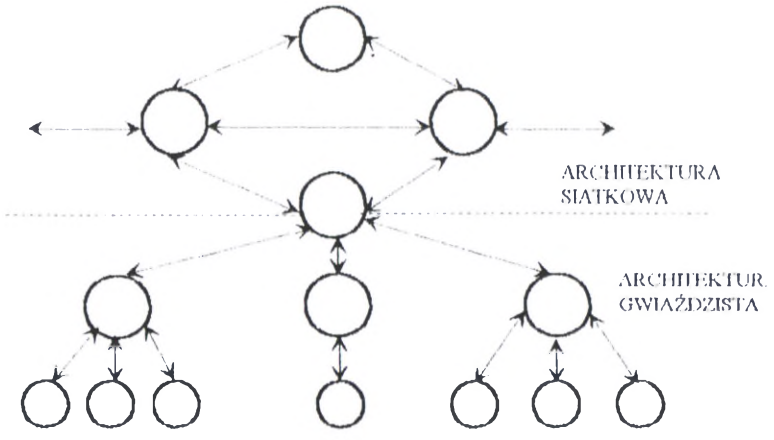
System siatkowy posiada znaczną przepustowość i dużą trwałość rozumianą w kategoriach żywotności i odporności na zakłócenia. System ten jest systemem rozwojowym i podatnym na kolejne formy przekształceń. System siatkowy to system, w którym dominują urządzenia cyfrowe o automatycznej komutacji (przełączaniu) i sterowaniu. Systemy takiego typu funkcjonują już w telekomunikacji cywilnej, nosząc nazwę komórkowej. Jeżeli chodzi o wprowadzanie tego systemu w wojsku - to tylko niektóre najnowocześniejsze armie świata mają osiągnięcia w zakresie wprowadzania ich do wojska.

W siatkowy system " Rita " wyposażona jest armia francuska i od niedawna amerykańska. System ten zaspokaja wszystkie potrzeby telekomunikacyjne na szczeblu korpusu: telefoniczne, telegraficzne, transmisji obrazów i danych. Do każdego wolnego (czynnego) punktu sieci można dołączyć różnorodne punkty dowodzenia i mobilne jednostki po dyslokacji.

Obecnie prawie powszechnie organizuje się i eksploatuje system łączności o architekturze gwiaździsto - siatkowej łączącej cechy architektury gwiaździstej i siatkowej. Istotą systemu gwiaździsto - siatkowego jest to, że posiada on wszystkie rodzaje linii telekomunikacyjnej, lecz znacznie mniej węzłów bazowych , niż w systemie siatkowym. Rolę węzłów bazowych (centrów węzłowych) mogą pełnić obiekty systemu telekomunikacyjnego państwa np. urzędy telekomuni-

kacyjne, obsługiwane stacje wzmacniakowe, garnizonowe węzły łączności. System o takiej strukturze jest stosowany szczególnie w czasie walki na obszarze własnego kraju przy czym jest on typowym dla przejściowego okresu rozwoju systemów (od gwiaździstego do siatkowego od generacji urządzeń analogowych do cyfrowych).

Architekturę najczęściej stosowanych linii radiowych i linii przewodowych przedstawia rysunek 2.10.



Rys.2.10 Przykładowe architektury systemów łączności.

W gwiaździstym systemie łączności zauważalna jest mała ilość linii radiowych N w stosunku do ilości węzłów łączności n.

$$N = n - 1 \tag{2.17}$$

Przeciwieństwem jest ilość linii radiowych w systemie siatkowym - wynosi ona

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \tag{2.18}$$

Znaczna ilość linii radiowych w systemie łączności o architekturze siatkowej jest bardzo kosztowna. Umożliwia ona jednak budowanie systemu o wysokiej żywotności, bezpieczeństwie i przepustowości. Budowa tych systemów jest coraz bardziej realna i efektywna w dobie urządzeń cyfrowych, których ceny corocznie znacznie się obniżają ze względu na dynamiczny rozwój technologii układów cyfrowych.

Badania różnych odmian architektury systemów łączności skłaniają do prac nad systemem siatkowym. Ekonomia zaś podpowiada, by maksymalnie wykorzystać dotychczasowy sprzęt w systemach gwiaździsto - siatkowych.

W wojskach WLOP na szczeblu taktycznym organizowany jest system łączności o architekturze gwiaździstej tzw. połączonego stanowiska dowodzenia (PlSD), obejmujący węzły łączności : PlSD, zapasowego PlSD lub zapasowych SD jednostek dowodzonych z PlSD, SD i ZSD pododdziałów wchodzących w skład tych jednostek oraz linie łączności wiążące poszczególne elementy systemu między sobą, a także z elementami sysytemu nadrzędnego. Podsystemami składowymi systemu łączności PlSD są systemy łączności poszczególnych jednostek dowodzonych z tego PlSD, tj. brygady rakietowej (pułku), pułku lotnictwa myśliwskiego oraz batalionu radiotechnicznego WLOP.

W wyżej wymienionym systemie wyróżnić można podsystem łączności przewodowej i radiowej. Z punktu widzenia realizacji zadań postawionych poszczególnym związkom taktycznym, oddziałom i pododdziałom, w zorganizowanym systemie łączności rozróżnia się łączność: dowodzenia, powiadamiania, współdziałania i kierowania służbami zabezpieczającymi działania bojowe.

Łączność dowodzenia - jest to łączność organizowana pomiędzy przełożonym i podwładnymi, która zapewnia przekazywanie rozkazów i zarządzeń do podwładnych oraz otrzymywanie od nich meldunków. Łączność ta organizowana jest siłami i środkami przełożonego. W przypadku, gdy łączność dowodzenia nie została nawiązana w określonym terminie lub została utracona, podwładny ma obowiązek nawiązać łączność z przełożonym za pomocą własnych sił i środków.

Łączność powiadamiania - jest to łączność organizowana we wszystkich warunkach działań bojowych w celu przekazywania sygnałów o pojawianiu się środków napadu powietrznego, o zagrożeniu bronią masoweego rażenia i innych.

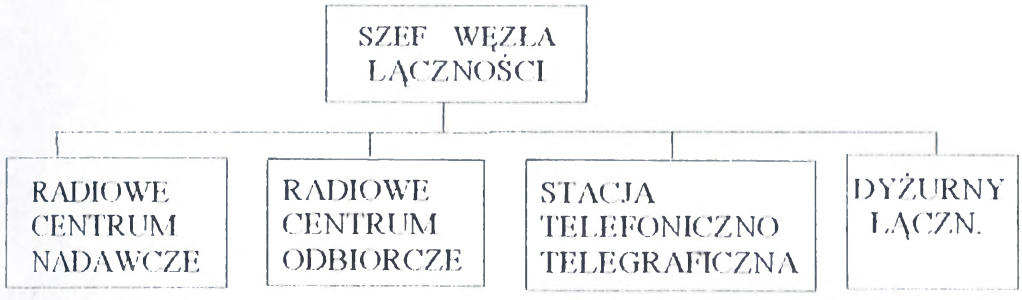
Łączność współdziałania - jest to łączność zabezpieczająca uzgadnianie działań bojowych pomiędzy współdziałającymi związkami taktycznymi, oddziałami i pododdziałami wojsk WLOP oraz innych rodzajów wojsk. Sposób organizacji łączności współdziałania musi być określony przez dowódcę (sztab) organizującego współdziałanie.

Do łączności kierowania służbami zabezpieczającymi działania bojowe zaliczają się te relacje, które nie uczestniczą bezpośrednio w wykonywaniu działań bojowych, np. kanały łączności służbowej, kierowanie ruchem lotniczym, służby meteorologicznej itp. W wojskach WLOP z zasady nie organizuje się odrębnej łączności zaopatrzenia. Informacje dotyczące tych problemów przekazywane są w kanałach łączności dowodzenia.

Zgodnie ze strukturą dowodzenia i wynikającymi z niej potrzebami przekazywania informacji na PlSD jest zorganizowany wspólny węzeł łączności, w skład którego wchodzą etatowe siły i środki brygady (pułku) rakietowej pułku lotnictwa myśliwskiego i batalionu radiotechnicznego tworząc węzeł łączności połączonego stanowiska dowodzenia, a którym dowodzi szef

węzła łączności batalionu radiotechnicznego (brt), a pracą sił i środków w okresie całodobowych dyżurów kieruje dyżurny łączności.

Węzeł łączności PISD zorganizowany jest na bazie węzła łączności brt. Siły i środki łączności brygady (pułku) rakietowej i pułku lotnictwa myśliwskiego przydzielone są odpowiednio do obiektów RCN, RCO i STT batalionu radiotechnicznego. Organizację węzła łączności przedstawia rys.2.11.



Rys. 2.11 Struktura organizacyjna węzła łączności.

W skład węzła łączności batalionu radiotechnicznego wchodzi : stacja telefoniczno - telegraficzna (STT)[24], radiowe centrum nadawcze (RCN), radiowe centrum odbiorcze (RCO), ponadto stacja szyfrowa, ekspedycja, grupa środków radiowych.[25]

Siły i środki łączności zapewniające obieg informacji na stanowisku dowodzenia znajdują się w organicznym pododdziale - węźle łączności batalionu radiotechnicznego. Pododdział ten obsługuje stacjonarny węzeł łączności połączonego stanowiska dowodzenia (PISD) i zabezpiecza jego pracę bojową.

Uwzględniając będące na wyposażeniu środki i urządzenia - załącznik 2.9 - organizuje się w brt łączność przewodową i radiową. Węzeł łączności brt zapewnia łączność całemu PISD. Zasadniczymi środkami łączności wykorzystywanymi w systemie łączności PISD są środki przewodowe, środki radiowe spełniają rolę dublującą .

---

[24] Pod pojęciem STT rozumiana jest : stacja telefoniczna jawna, stacja teletransmisji, stacja telefoniczna transmisji informacji, stacja telegraficzna jawna, stacja telegraficzna transmisji informacji.

[25] Grupa środków radiowych - pod tym pojęciem rozumiane są radiostacje i odbiorniki radiowe etatowo należące do RCO i RCN lecz z różnych względów rozwinięte w innym miejscu. przeważnie na PISD).

Podsystem łączności przewodowej.

Podsystem łączności przewodowej jest podstawowym rodzajem łączności w okresie pokojowym i w pierwszym etapie walki.

W wojskach WLOP są eksploatowane znormalizowane analogowe kanały łączności, chciaż generalnym kierunkim staje się cyfryzacja kanałów łączności. W znormalizowanych analogowych kanałach łączności wyróżnia się [99] :

- *telefoniczne* jednotorowe i dwutorowe, realizowane na kablach telekomunikacyjnych w systemie telefonii naturalnej lub realizowane za pomocą urządzeń kanałotwórczych TN-12. Na PłSD stosowane są typu: TN-12K, TK, P. Pasmo częstotliwości kanałów standardowych wynosi 300 - 3400 Hz oraz starego standardu 300 - 2700 Hz;

- *telegraficzne* dwutorowe, realizowane za pomocą urządzeń kanałotwórczych telegrafii wielokrotnej systemów. Na PłSD stosowane są : UTGW -12, TGFM - 24, TGFM-24/2, TGFM-2/2T.

Przez zastosowanie tych urządzeń można utworzyć kanały telegraficzne, pracujące z szybkością 50, 75, 100 i 200 bodów.

Wymiana informacji dla potrzeb automatyzacji, na PłSD, odbywa się zasadniczo w kanałach wolnej transmisji danych (ASPD) z szybkością 60 bodów, po zastosowaniu w systemie WEKTOR - 2WE przystawki EP- 10 szybkość transmisji wzrosła do 1200 bodów. Informacja jest przekazywana w postaci 32 bitowych cyklicznych ciągów binarnych. Stopa błędów w tych kanałach jest rzędu 10^{-3}.

Łączność na wolnej transmisji danych jest realizowana przez przydzielenie odpowiedniej ilości kanałów telegraficznych z istniejących dalekosiężnych traktów telegrafii wielokrotnych.

O żywotności podsystemu łączności przewodowej PłSD decyduje :

- łączność przewodowa wewnętrzna;

- łączność przewodowa dalekosiężna.

Łączność przewodowa wewnętrzna zapewnia obieg informacji na obiekcie technicznym (pozycje pracy bojowej sprzętu radiolokacyjnego miejscowej krt, SD-1 brt oraz GPN, SD plm i SD BR), wewnątrz PłSD, między PłSD a obiektem koszarowym oraz w garnizonie. Jest to głównie łączność telefoniczna jawna zorganizowana ze spisem telefonów. Do zapewnienia tej łączności są wykorzystywane wieloparowe kable teletechniczne (doziemne lub w kanalizacji teletechnicznej) długości od 10 do 30 km, centrala automatyczna i urządzenia końcowe (aparaty telefoniczne, dyspozytorki). Oprócz telefonicznej łączności jawnej jest organizowana między elementami SD oraz między SD a gabinetami dowództwa jednostki (na oddzialnym specjalnym kablu) łączność telefoniczna utajniona (TI) - do prowadzenia rozmów o charakterze niejawnym.

Łączność przewodowa dalekosiężna z podległymi krt, brygadą radiotechniczną i współdziałającymi z PlSD wojskami odbywa się na łączach dzierżawionych od Ministerstwa Łączności z wykorzystaniem urządzeń wielokrotnych telefonicznych (TN-12), telegraficznych [(TGF-24), LEDA], urządzeń utajniających (telefonicznych i telegraficznych), centrali międzymiastowych (telefonicznych), łącznic dalekosiężnych (telegraficznych) i urządzeń końcowych takich jak : aparaty telefoniczne, urządzenia dyspozytorskie, aparaty telegraficzne i urządzenia transmisji danych (UTD - 1200). Urządzenia końcowe kanałów łączności stanowią również wejścia i wyjścia zautomatyzowanych systemów dowodzenia.

Węzły łączności PlSD, w zależności od spełnianej roli, mają kable łącznikowe o profilu 19 x 4, 27 x 4 lub 40 x 4. Zapewnia to odpowiedno 47,72 i 112 standardowych łączy jednotorowych. Ponadto w każdym kablu są wysymetryzowane nie mniej niż trzy czwórki w zakresie częstotliwości do 108 kHz, przeznaczone do uruchomienia zestrojów telefonii nośnej w systemie jedotorowym jednokablowym. W perspektywie, w celu zwiększenia odporności funkcjonowania przewodowego podsystemu łączności PlSD, planuje się powiązanie węzłów łączności drugostronnie z oddzielną stacją wzmacniakową, kablami łącznikowymi o profilu 27 x 4 i 4 x 7. W każdym kablu będzie wysymetryzowanych siedem czwórek w zakresie częstotliwości do 108 kHz, przeznaczonych do uruchomienia zestrojów telefonii nośnej w systemie dwukablowym.

Przeznaczenie poszczególnych kanałów i ich rodzaje oraz charakter przekazywanej informacji są następujące :

1.Do podległych krt - po 2-3 kanały telefoniczne i dwa telegraficzne, w tym :

- dowodzenia dowódcy brt, po jednym kanale telefonicznym do każdej podległej krt;

- meldowania o sytuacji powietrznej, łącza telefoniczne, po jednym z każdej krt do przekazywania danych o wykrytych obiektach powietrznych;

- przekazywania danych o sytuacji powietrznej w układzie pracy zautomatyzowanej krt - brt;

- alarmowania i wymiany telegraficznej, po jednym do każdej krt, do przekazywania sygnałów alarmowych z wykorzystaniem urządzeń TESA-Tg oraz do prowadzenia wymiany telegraficznej jawnej (dalekopisowej) lub przekazywania informacji niejawnej (maskowanej za pomocą urządzeń kodujących np. FIJAŁKA);

- meldowania o sytuacji powietrznej, łącze telefoniczne do przekazywania danych (meldunków) o wykrytych obiektach powietrznych z wysuniętego posterunku radiolokacyjnego po jego rozwinięciu w celu poprawy pola radiolokacyjnego w wyższych stanach gotowości bojowej.

Łącza te są ujęte w harmonogramach do uruchomienia na ustalone hasło. Podobnie na ustalone hasło są uruchamiane łącza w WSGB z zapasowego SD brt (na bazie SD jednej krt) do pozostałych krt i wysuniętych RLP.

2. Do SD brygady radiotechnicznej i KOP.

W tych relacjach, z zasady jest wykorzystywanych 12 łączy telefonicznych i 12 łączy telegraficznych przeznaczonych do zabezpieczania obiegu informacji między PISD a SD KOP.

Z tego dla potrzeb wojsk radiotechnicznych wykorzystywane są 4 łącza telefoniczne i do 6 łączy telegraficznych, w tym po jednym telefonicznym i telegraficznym utajnionym. Pozostałe łącza są przeznaczone dla wojsk lotniczych, wojsk rakietowych, służby meteorologicznej, grup operacyjnych (sztabowych). Przeznaczenie kanałów na omawianym kierunku jest następujące :

- dowodzenia dowódcy korpusu - kanał telefoniczny utajniony pracujący w układzie konferencyjnym;

- międzycentralowy telefoniczny utajniony - do prowadzenia niejawnych rozmów telefonicznych poszczególnych osób funkcyjnych SD KOP z PISD z priorytetem dla grup operacyjnych (sztabowych) tych stanowisk szczególnie w okresie planowania działań i opracowania meldunków o rezultatach działań;

- dowodzenia wojskami radiotechnicznymi - telefoniczny jawny kanał dowódcy brygady radiotechnicznej;

- przekazywania danych o sytuacji powietrznej - telefoniczny jawny kanał. Podczas pracy foniczno - ręcznej jest podstawowym kanałem przekazywania meldunków o wykrytych celach i samolotach własnych w sektorze danego brt z planszetu na SD brygady radiotechnicznej;

- przekazywania danych o lotnictwie własnym - telefoniczny, jawny. Przy większym natężeniu lotów jest wykorzystywany do przekazywania meldunków tylko o samolotach własnych znajdujących sie w obszarze powietrznym PISD;

- alarmowania telegraficznego TESA - telegraficzny jawny - do przekazywania sygnałów o wprowadzaniu lub odwoływaniu wyższych stanów gotowości bojowej;

- zabezpieczania grup operacyjnych - utajniony, telegraficzny kanał do prowadzenia wymiany informacji niejawnej z priorytetem przekazywania grupom i operacyjnym (sztabowym);

- przekazywania danych o sytuacji powietrznej - telegraficzny o szybkości transmisji 100 bodów - do przekazywania wyżej wymienionych informacji między zautomatyzowanymi systemami z SD brt do SD BRt. Takich kanałów każdy brt ma dwa;

- przekazywanie danych OPBMAR - telegraficzny o szybkości 50 bodów, jawny do nadania z brt do brygady o skażeniach, uderzeniach bronią jądrową lub chemiczną;

- międzycentralowe - telegraficzne, jawne - do wymiany informacji telegraficznej lub z taśm z informacją zaszyfrowaną między brt a brygadą (różnych osób funkcyjnych);

- międzycentralowe - telefoniczne, jawne - do wymiany informacji jawnej między zainteresowanymi osobami funkcyjnymi lub niejawnej maskowanej za pomocą tabel rozmówniczych.

3.Do sąsiednich PISD (do 2 lub 3) po 2-3 kanały telefoniczne i dwa telegraficzne, w tym:

- telefoniczny, jawny - do zapewnienia współdziałania wojsk radiotechnicznych między batalionami;

- telefoniczny, jawny - do realizacji współdziałania pomiędzy dowódcami LM (plm), na PISD lub starszymi nawigatorami GPN;

- telefoniczny, jawny - do wymiany (przekazywania) informacji o sytuacji powietrznej. Kanał ten jest uruchamiany zależnie od możliwości i potrzeb na danym kierunku;

- telegraficzny, jawny o szybkości 100 bodów - do przekazywania danych o sytuacji powietrznej w sysytemie zautomatyzowanym;

- międzycentralowy, jawny, telegraficzny - do prowadzenia wymiany informacji jawnej lub z taśm z informacją utajnioną.

Podobnie jak przedstawiono to dla SD-1 łączność przewodowa jest organizowana z SD-2 dyslokowany, z zasady, na SD jednej z podległych krt. Łącza dalekosiężne na SD-2 są przełączane z pozostałych krt i BRt, a niektóre, jeśli są możliwości, zestawiane w WSGB na hasło.

Łączność przewodowa będąca przedmiotem badań ankietowych i symulacyjnych jest podstawowym środkiem zabezpieczającym stanowisko dowodzenia w niezbędny zasób informacji. Jest to łączność o architekturze gwiaździstej o wadach i zaletach już wcześniej omówinych. Cechą charakterystyczną dla łączności przewodowej zewnętrznej PISD jest to, iż przewody prowadzone są w ziemi, przez co znakomicie zwiększa żywotność tego typu łączności poprzez utrudnienie fizycznego jej zniszczenia.

Wariant organizacji łączności przewodowej badanego PISD oraz jej strukturę niezawodnościową przedstawiono w załącznikach 2.10 i 2.11.

Organizacja łączności radiowej.

Łączność radiowa (radiostacje, radiotelefony, nadajniki i odbiorniki radiowe, aparatownie) umożliwia wymianę informacji w postaci rozkazów, zarządzeń, meldunków i sygnałów pomiędzy dowódcami, sztabami i rodzajami wojsk. Ponieważ współczesne działania bojowe będą charakteryzować się dużą manewrowością, jednym z podstawowych zagadnień będzie zapewnienie łączności rówież między między środkami manewrującymi. Środki łączności radiowej umożliwiają szybkie nawiązywanie łączności na dowolne odległości. Istotną zaletą łączności radiowej jest nawiązywanie łączności pomiędzy obiektami znajdującymi się w ruchu. Ta właśnie

cecha powoduje, że łączność radiowa jest jedynym środkiem służącym do wymiany informacji z obiektami latającymi i pływającymi, obsługiwanymi przez PISD.

Łączność radiowa między połączonym stanowiskiem dowodzenia WLOP a stanowiskiem dowodzenia KOP, stanowiskiem dowodzenia sąsiednich PISD i stanowiskiem dowodzenia oddziałów czasowo podporządkowanych utrzymywana jest za pomocą wydzielonych etatowych sił i środków radiowych węzłów łączności obsługujących te stanowiska dowodzenia.

Środki radiowe PISD rozwinięte są w trzech obiektach. *Radiowe centrum odbiorcze* (RCO) w większości przypadków mieści się w obiektach koszarowych lub jako obiekt samodzielny znajdujący się zwykle w odległości do 5 km od PISD. Stan podyktowany jest koniecznością maksymalnego oddalenia urządzeń odbiorczych od dużej ilości źródeł zakłóceń, jakim są stacje radiolokacyjne. Drugim obiektem radiowym jest *radiowe centrum nadawcze*, oddalone od obiektu technicznego PISD od 5 do 15 km, sprzężone jest również za pomocą bezpośrednich, a w niektórych przypadkach także dublujących okrężnych linii manipulacyjnych na kablach ziemnych.

W budynku półzagłębionym są rozwinięte radiostacje samochodowe i stacjonarne, służące do łączności naziemnej i w sieciach powietrznych. Trzecim obiektem, na którym są rozwinięte środki radiowe jest *obiekt techniczny* batalionu radiotechnicznego. Sprzęt radiowy, znajdujący się na tym terenie, to przede wszystkim radiostacje pracujące w sieciach zautomatyzowanego naprowadania lotnictwa myśliwskiego.

Większość sił i środków radiowych wchodzi w skład węzła PISD, podlegającego etatowo batalionowi radiotechnicznemu. Jeśli na jednym PISD działają wspólnie dowódcy plm i BR (pr), wówczas zobowiązani są oni wydzielić na PISD sprzęt radiowy z podległych sobie pododdziałów łączności.

Wydzielony jest następujący sprzęt :

- z batalionu łączności i ubezpieczenia lotów radiostacje zakresu KF (1,5 - 30) MHz średniej mocy do łączności w sieci radiowej dowodzenia lotnictwem z PISD (ZPISD);

- z dywizjonu dowodzenia BR (pr) jedną radiostację KF średniej mocy do utrzymywania łączności w sieci radiowej współdziałania z jednostkami wojsk OPL oraz jedną radiostację KF (UKF) średniej mocy do łączności z podległymi dywizjonami rakietowymi w sieci dowodzenia danej BR (pr). Obie radiostacje wydziela się również na PISD. Ponadto z pododdziału tego wydziela się radiotelefony łączności dalekosiężnej do trzech sieci sektorowych dowodzenia dywizjonami rakietowymi.

Łączność radiowa batalionu radiotechnicznego WLOP opiera się w głównej mierze na środkach KF i UKF średniej mocy oraz na środkach radiotelefonicznych. Łączność z przełożonymi oraz z współdziałającymi jednostkami organizowana jest z wykorzystaniem radiostacji KF średniej mocy typu ogólnowojskowego. Pełny zestaw wykorzystywanych radiostacji na PISD oraz

ich parametry, przedstawia załącznik nr 2.9. Schemat organizacji łączności radiowej szczebla taktycznego badanego PłSD oraz schemat strukturalny (niezawodnościowy) łączności radiowej zakresu KF i UKF przedstawiają załączniki 2.12, 2.13 i 2.14.

Na PłSD są wykorzystywane lub organizowane przez batalion radiotechniczny następujące sieci i kierunki radiowe:

- dowodzenia i naprowadzania lotnictwa myśliwskiego - wymagane jest przekazywanie informacji w postaci mowy (modulacja amplitudowa -AM i częstotliwościowa - FM) lub w systemie zautomatyzowanym zakodowane komendy naprowadzania (w postaci modulacji AM i FM). Podczas lotów radiostacja musi pracować bez przerwy - "rodzaj pracy - ciągły";

- meldowania o sytuacji powietrznej - wymagane jest przekazywanie informacji w postaci mowy. Stosowane rodzaje pracy to modulacja AM i FM i praca jednowstęgowa. Przekazywanie informacji w systemie zautomatyzowanym może być w postaci sygnałów telegraficznych modulowanych częstotliwościowo. Kierunki te pracują w rodzaju pracy "praca ciągła";

- powiadamiania - w sieciach informacja powinna być przekazywana w postaci mowy. Stosowane modulacje to modulacja AM i FM. Obowiązuje rodzaj pracy "praca ciągła";

- ostrzegania - w sieciach tych informacja jest przekazywana w postaci mowy. Stosowane modulacje to amplitudowa i częstotliwościowa. Obowiązuje także rodzaj pracy "praca ciągła";

- współdziałania - informacja powinna być przekazywana w postaci mowy. Stosowane radiostacje pracują wykorzystując modulację AM i FM. Reżim pracy - "seanse łącznościowe";

- grup operacyjnych (sztabów) - informacje są przekazywane w postaci telegramów dalekopisowych. Radiostacje wykorzystują modulację FM. Reżim pracy - "seanse łącznościowe".

Z przedstawionej charakterystyki wynika wniosek, że w systemie dowodzenia PłSD przekazywana jest informacja w sposób ciągły i w przeważającej części wymagana jest postać mowy. Konsekwencją takiej postaci informacji jest konieczność wykorzystywania w sieciach i kierunkach radiowych modulacji AM i FM - z różnymi jej odmianami np.: A3J, A3 i F3 itp.

Do niewątpliwych *zalet* tego rodzaju łączności jaką jest :

- możliwość przekazywania rozkazów, zarządzeń i sygnałów jednocześnie do wielu respondentów;

- możliwość pracy środków radiowych w dowolnych ogniwach dowodzenia zarówno w górę, jak i w dół.

Istnieje wiele *cech ujemnych* łączności radiowej, do której należą :

- możliwość dezorganizowania pracy systemu radiowego poprzez stosowanie między innymi przez przeciwnika aktywnych zakłóceń;

- możliwość przechwytywania przez przeciwnika promieniowania naszych radiostacji dla określania (namiar) miejsca ich dyslokacji;

- wpływ wysokościowych wybuchów jądrowych na stan łączności radiowej;

- możliwość wzajemnych zakłóceń powodowanych pracą różnych urządzeń radioelektronicznych promieniujących energię elektromagnetyczną, zarówno własnych jak i przeciwnika.

Stosowanymi środkami łączności są radiostacje krótkofalowe R137 i R140, ultrakrótkofalowe R-831 oraz środki radiotelefoniczne typu K1, K-4, L-2422 i L-4422.

W przypadku łączności GPN (PłSD) z naprowadzanymi samolotami myśliwskimi łączność radiowa spełnia podstawowe znaczenie. Żywotność tej relacji łączności jest gwarantem kompleksowego wykorzystania aktywnych środków walki jakimi dysponuje PłSD. Jak wskazują wyniki badań ankietowych (zał.5.2 " Ankieta żywotności") ten rodzaj łączności na stanowisku dowodzenia szczebla taktycznego spełnia rolę dublującą.

Charakterystyka sił i środków radiolokacyjnych batalionu radiotechnicznego.

Kolejnym elementem systemu radiolokacyjnego jest posterunek radiolokacyjny z rozwiniętymi na nim stacjami radiolokacyjnymi. Posterunek ten wykonuje podstawowe zadania wojsk radiotechnicznych jakim jest rozpoznanie obiektów powietrznych oraz radiolokacyjne zabezpieczenie wojsk obrony powietrznej. Analizę działalności posterunku radiolokacyjnego, podstawowej komórki organizacyjnej PłSD, należy rozpatrywać jako łączne wykonanie zadań rozpoznania radiolokacyjnego, radiololacyjnego zabezpieczenia dowodzenia i działań bojowych wojsk rakietowych, lotnictwa myśliwskiego i pododdziałów walki radioelektronicznej.

Zabezpieczenie radiolokacyjne dowodzenia polega na przekazywaniu i zobrazowaniu na stanowisku dowodzenia (PłSD) informacji o sytuacji powietrznej, niezbędnej do dowodzenia podległymi siłami. Informacja ta powinna umożliwić uzyskanie niezbędnych informacji (danych) do podejmowania decyzji w zakresie: wprowadzania WSGB, oceny sytuacji i wpracowania sposobów zwalczania przeciwnika powietrznego.

Informacja o sytuacji powietrznej wykorzystywana do zabezpieczenia dowodzenia powinna odpowiadać wymaganiom w zakresie: terminowości (rubieży wykrycia obiektów powietrznych), wiarygodności (określania przynależności państwowej, typu, składu, ugrupowania i przeznaczenia taktycznego), ciągłości przekazywania informacji i czasu jej opóźnienia, dokładności określania miejsc położenia oraz wiarygodności określania ich charakterystyk.

Zabezpieczenie radiolokacyjne oddziału wojsk rakietowych polega na :

- informowaniu stanowiska dowodzenia BR (pr) o przeciwniku powietrznym. Informacja ta stanowi dla dowódcy podstawę oceny sytuacji powietrznej, podjęcia decyzji o zwalczaniu i stawianiu podległym pododdziałów (dr) w wyższy stopień gotowości bojowej;

- ciągłym przekazywaniu do stanowiska dowodzenia BR (dr) informacji o miejscu położenia, charakterystyce i działaniach środków napadu powietrznego przeciwnika w celu wskazywania i podziału ich dla dywizjonów rakietowych.

Zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych plm polega na :

- informowaniu stanowiska dowodzenia plm (punktów naprowadzania) o środkach napadu powietrznego, w celu postawienia plm w wyższy stopień gotowości bojowej oraz podjęcia decyzji o ich zwalczaniu;

- ciągłym przekazywaniu do stanowiska dowodzenia i punktów naprowadzania informacji radiolokacyjnej o środkach napadu powietrznego i własnym lotnictwie myśkiwskim naprowadzanym na cele powietrzne;

- zabezpieczeniu radiolokacyjnym lotów i przelotów lotnictwa nad obszarem RP;

- przekazaniu informacji radiolokacyjnej do stanowiska dowodzenia i punktów naprowadzania LM o samolotach, których załogi utraciły orientację i wzywają pomoc.

Zabezpieczenie radiolokacyjne BR (pr) i plm organizuje batalion radiotechniczny na podstawie opracowanego planu zabezpieczenia radiolokacyjnego.

Z istoty definicji żywotności wynika, iż do informacji, niezbędnych dla większości szczebli dowodzenia w systemie obrony powietrznej, w procesie dowodzenia aktywnymi środkami walki w czasie działań bojowych należą [2] :

- współrzędne bieżące położenia każdego obiektu w przestrzeni powietrznej (x, y, H lub D, H);

- dane z rozpoznania przynależności obiektów powietrznych;

- skład bojowy danego celu, typ i uwarunkowanie bojowe samolotów w składzie celów;

- charakter działań bojowych celu (manewr kursem, prędkością, wysokością, zmiana ugrupowania, stosowanie zakłóceń radioelektronicznych itp.);

- prędkość lotu celu powietrznego.

Większość spośród wymienionych wiadomości uzyskuje się z pierwotnej informacji radiolokacyjnej, niektóre ujawniają się w czasie opracowania, uogólniania oraz analizy całości otrzymywanych wiadomości, włączając również informacje napływające z powiadamiania i współdziałania.

Z punktu widzenia żywotności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego miejscowy posterunek radiolokacyjny stanowi jeden z czterech posterunków zabezpieczających to stanowisko w informację radiolokacyjną, niezbędną do jego normalnego funkcjonowania. Struktura posterunków radiolokacyjnych zabezpieczających stanowisko dowodzenia w informację radiolokacyjną jest strukturę niezawodnościową o architekturze gwiaździstej - załącznik 2.15.

Wypracowana informacja radiolokacyjna jest podstawą działania podsystemu przetwarzania i zobrazowania sytuacji powietrznej na stanowisku dowodzenia szczebla taktycznego WLOP.

Podsystem przetwarzania i zobrazowania sytuacji powietrznej stanowiska dowodzenia.

Trzecią nie mniej ważną grupę elementów systemu radiolokacyjnego stanowią urządzenia zautomatyzowanego dowodzenia i wspomagania dowodzenia umiejscowione na stanowisku dowodzenia WLOP.

Ciągły wzrost możliwości bojowych współczesnych środków napadu powietrznego, w szczególności ich prędkości i zdolności manewrowych, powoduje niebezpieczne zmniejszenie się czasu dyspozycyjnego systemu obrony powietrznej. W związku z tym przed systemem radiolokacyjnym stawia się coraz wyższe wymagania w szczególności w zakresie terminowości wykrycia, dokładności określania współrzędnych, czasu przekazywania i udostępniania tych danych zainteresowanym osobom funkcyjnym wszystkich stanowisk dowodzenia.

W tym celu stanowiska dowodzenia OP wyposażone są w urządzenia zautomatyzowanego dowodzenia, tworząc system zautomatyzowany. System ten umożliwia kompleksowe zbieranie, opracowanie i przekazywanie informacji od podstawowego źródła informacji (krt), poprzez batalion radiotechniczny i brygadę radiotechniczną do centralnego stanowiska (CSD) WLOP.

Wprowadzenie zautomatyzowanego systemu dowodzenia pozwala na zintensyfikowanie wykorzystania sprzętu bojowego, wyeliminowanie z procesu obiegu informacji operatorów stacji radiolokacyjnych, planszecistów i spikierów oraz zdecydowaną poprawę następujących parametrów systemu konwencjonalnego poprzez :

- zwiększenie ilości przekazywanej w danym czasie informacji;
- skrócenie czasu opóźnienia przekazywania informacji od najniższego do najwyższego szczebla dowodzenia;
- zwiększenie dokładności przekazywania informacji.

W systemie konwencjonalnym operator stacji radiolokacyjnej lub planszecista może przekazać jednym kanałem meldowania 6-8 meldunków w ciągu jednej minuty. Przy przekazywaniu informacji na wyższy szczebel dowodzenia w nanoszeniu jej na planszet powstają opóźnienia, które wynoszą dla brt - 1 minutę. Przy przekazywaniu natomiast współrzędnych w systemie konwencjonalnym powstają znaczne błędy wynoszące dla brt 2-5 km.

Zautomatyzowany system dowodzenia stwarza pod tym względem znacznie lepsze możliwości :

- pozwala na przekazywanie w ciągu jednej minuty do 112 informacji jednym kanałem telegraficznym;

- ogranicza średniokwadratowe błędy przekazywania współrzędnych z kompanii do SD brygady radiotechnicznej w granicach 1,2-2 km;

- eliminuje opóźnienia informacji (dzięki zastosowaniu układów ekstrapolacji współrzędnych obiektów powietrznych).

Zautomatyzowany system pozwala także na określanie współrzędnych zakłóceń aktywnych. Czynność ta jest bardzo czaso - i pracochłonna, a w skomplikowanej sytuacji powietrznej nawet niemożliwa do wykonania w sposób niezautomatyzowany.

Na obecnych stanowiskach dowodzenia szczebla taktycznego daje się zauważyć ujednolicenie sprzętu automatyzacji dowodzenia do obiektów RPT-20.

Obiekt ten może współpracować jednocześnie z :

- czteroma odległościomierzami radiolokacyjnymi dwoma wysokościomierzami radiolokacyjnymi, imitatorem sygnałów radiolokacyjnych, symulatorem naprowadzania, czteroma radionamiernikami, trzema podległymi zkrt wyposażonymi w obiekty RPT-10 lub RPT-11, lub WP-01M, dwoma sąsiednimi brt wyposażonymi w obiekty RPT-20 lub RPT-11, lub WP-02M;

- jednym obiektem OWAL-2A, jednym obiektem RUDNIA, jednym obiektem PORI, jednym obiektem CYBER-W lub WS-11 i dwoma obiektami WP-11.

Obiekt RPT-20 zapewnia :

- półautomatyczne lub automatyczne śledzenie 31 obiektów powietrznych, a w tym maksymalnie 8 namiarów zakłóceń aktywnych szumowych z dyskretnością przekazywania od 10s do 30s w zależności od śledzonych obiektów. W zakresie 300 lub 600 km w odległości oraz 16 km, 32 km lub 64 km w wysokości;

- przesyłanie do szczebla nadrzędnego danych o 31 obiektach powietrznych;

- automatyczny odbiór i zobrazowanie danych o 60 obiektach powietrznych przesyłanych do szczebla nadrzędnego w ramach powiadamiania;

- automatyczny odbiór, zobrazowanie i przetwarzanie danych o 31 obiektach powietrz - nych przesyłanych z krt;

- automatyczne przesyłanie do każdego sąsiedniego batalionu radiotechnicznego danych o 31 obiektach powietrznych;

- automatyczny odbiór i zobrazowanie danych o 31 obiektach przesyłanych od sąsiednich brt;

- automatyczne przekazywanie do każdej z podległych krt oraz obiektów PORI, OWAL-2A, RUDNIA i WP-11 danych o 31 obiektach powietrznych;

- automatyczny odbiór i zobrazowanie zadań bojowych przesyłanych z nadrzędnego SD;

- transmisję danych za pomocą 32 bitowych cykli informacyjnych z szybkością 60 bodów.

Strukturę niezawodnościową obiektu RPT-20 i RPT-21 (obiektu kompanijnego), zapewniających transmisę odpowiednio przetworzonej informacji radiolokacyjnej pomiędzy krt i PISD przedstawiono w załączniku 2.16.

System radiolokacyjny w sensie technicznym stanowi złożony obiekt techniczny. Istotną cechą złożonych obiektów technicznych (N) jest niejednakowa odporność tych obiektów na uszkodzenia poszczególnych części składowych. Z tego względu przy ocenie żywotności niezbędna jest znajomość wpływu uszkodzeń tych części na uszkodzenie całego układu.

Jeżeli rozpatrujemy *niezawodność obiektu*, wyróżniony parametr żywotności (rozdział pierwszy), w którym można wyróżnić takie części, że ich niezawodność rozpatrywana oddzielnie ma wpływ na niezawodność całego obiektu i chcemy ten wpływ zbadać lub opisać, to mówimy wtedy o niezawodności systemu i niezawodnościach jego elementów. Jeżeli stany niezawodnościowe wszystkich elementów określają jednoznacznie stan niezawodnościowy obiektu - systemu, to mówimy, że jest określona struktura niezawodnościowa systemu.

Strukturą niezawodnościową obiektu technicznego nazywa się odwzorowanie wpływu uszkodzeń poszczególnych części składowych (elementów) na uszkodzenie obiektu.

W przypadku modelu niezawodnościowego interesującym nas związkiem jest związek (zależność) między stanami niezawodnościowymi wybranych części obiektu i stanem niezawodnościowym całego obiektu. Wobec tego elementami struktury niezawodnościowej będą stany niezawodnościowe wybranych części obiektu - systemu i stany niezawodnościowe całego systemu.

Najprostszym modelem niezawodnościowym systemu jest po prostu struktura niezawodnościowa. Bardziej rozbudowanym modelem będzie struktura opisana ilościowo, gdzie elementy zbioru (E) i elementy relacji (R) będą opisane odpowiednimi charakterystykami liczbowymi lub funkcyjnymi.

$$S = < E , R > \qquad (2.19)$$

Sama struktura niezawodnościowa nie jest wystarczającym modelem niezawodnościowym systemu, gdyż nie uwzględnia losowego charakteru stanów niezawodnościowych elementów i całego systemu. Adekwatny model niezawodnościowy systemu radiolokacyjnego otrzymamy uzupełniając strukturę (funkcję $f^{(n)}$) odpowiednim opisem probabilistycznym.
Gdy wszystkie wyróżnione części - elementy systemu są dwustanowe w sensie niezawodności i cały obiekt - system też jest dwustanowy w sensie niezawodności, zakłada się zatem, że każdy element systemu może być w jednym z dwu możliwych stanów niezawodnościowych[26]:

[26] Stanami niezawodnościowymi systemu nazywa się wszystkie, rozróżnialne na danym poziomie analizy, skutki zmian zachodzących w systemie pod wpływem zewnętrznych czynników wymuszających, takich jak : uszkodzenia i przełączanie elementów, naprawa i wymiana ele-

w stanie zdatności (oznaczonym przez 1) i w stanie niezdatności (oznaczonym przez 0), funkcja niezawodnościowa systemu $f^{(n)}$ będzie binarną funkcją n - argumentową, o pewnym rozkładzie prawdopodobieństwa:

$$f^{(n)} : X^n \rightarrow x, x = \{0, 1\} \tag{2.20}$$

gdzie :

X^n jest zbiorem wszystkich n - wymiarowych wektorów binarnych. Zauważmy, że:

$$| X^n | = 2^n \tag{2.21}$$

W ogólnym przypadku zmienne losowe X_i mogą być zależne i trzeba dysponować łącznym rozkładem prawdopodobieństwa tych zmiennych losowych, to znaczy rozkładem wektora losowego X. W praktyce jednak najczęściej występuje niezależność zmiennych losowych X_i i dla pewnego określonego probabilistycznego wektora X wystarczają rozkłady brzegowe zmiennych losowych X_i. Oznaczmy

$$p_i = P\{X_i\}, \quad q_i = 1 - p_i = P\{X_i = 0\} \tag{2.22}$$

wtedy oznaczając :

$$x = < x_1, \ldots, x_i, \ldots, x_n >$$

$$P\{X = x\} = \prod_{i=1}^{n} p_i^{x_i} q_i^{(1-x_i)} \tag{2.23}$$

gdzie: x_i należy traktować jako liczby całkowite równe 0 lub 1.

Stan niezawodnościowy systemu jest zmienną losową Y określoną jako funkcja wektora losowego X

$$Y = f^{(n)}(X) \tag{2.24}$$

Rozkład X wyznacza jednoznacznie rozkład Y:

$$P\{Y = 1\} = P\{f^{(n)}(X) = 1\} = 1 - \sum_{x \in X} P\{X = x\}. \tag{2.25}$$

Tak więc adekwatnym dwustanowym modelem niezawodnościowym systemu jest zatem model probabilistyczny, zawierający w sobie strukturę niezawodnościową określoną przez

---

mentów, obsługa profilaktyczna, zmiana warunków pracy [149], s.45.

funkcję $f^{(n)}$ oraz wektorową zmienną losową X lub wektorowy proces stochastyczny X(t) wraz z odpowiednim rozkładem prawdopodobieństwa.

Do analizy niezawodnościowej struktury systemu radiolokacyjnego : systemu łączności i systemu zaopatrywania w informację radiolokacyjną stanowiska dowodzenia zastosowano w pracy rozkład Poissona, w którym proces stochastyczny dla wybranej chwili czasowej t jest zmienną losową typu skokowego, oznaczającą liczbę uszkodzeń (odnowień), które wystąpiły w przedziale czasu $[t_0, t]$. Wartość rozkładu Poissona jest określona zależnością :

$$P\{X(t) = k\} = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \tag{2.26}$$

Prawdopodobieństwo wystąpienia k - uszkodzeń w zadanej strukturze w czasie t zależy zatem od intensywności uszkodzeń elementów struktury ,oraz czasu pracy t struktury (sieci).

Graficzne przedstawianie struktury niezawodnościowej obiektów technicznych.

W praktycznych problemach analizy i syntezy niezawodnościowej powszechne zastosowanie mają graficzne metody opisu struktury niezawodnościowej. Najpopularniejszymi formami opisu graficznego są : blokowy schemat niezawodności, graf przepływowy, oraz drzewo uszkodzeń. Blokowy schemat niezawodności jest to diagram, na którym poszczególne elementy systemu oznaczone są w postaci bloków, których sposób połączenia odpowiada strukturze niezawodnościowej. Do opisu struktur statycznych wykorzystuje się najczęściej :

1. *System o strukturze szeregowej*



Rys. 2.12. Schemat blokowy systemu strukturze szeregowej.

zatem :

$$f^{(n)}(x) = \prod_{i=1}^{n} x_i \tag{2.27}$$

$$P_s(p) = \prod_{i=1}^{n} p_i \tag{2.28}$$

2. *System o strukturze równoległej.*



Rys.2.13. Schemat blokowy struktury równoległej.

Strukturę określa funkcja :

$$f^{(n)}(x) = \sum_{i=1}^{n} x_i = \sim \prod_{i=1}^{n} x_i \tag{2.29}$$

zatem

$$P_s(p) = 1 - \prod_{i=1}^{n} q_i = 1 - q^n = 1 - (1-p)^n \tag{2.30}$$

3. *System o strukturze szeregowo - równoległej.*

Schemat blokowy tej struktury ma postać szeregowo połączonych schematów równoległych (rys. 2.14). Zatem funkcję $f^{(n)}(x)$ można zapisać bezpośrednio na podstawie takiego schematu jako iloczyn sum np. dla struktury jak na rys. 2.14.

$$f^{(4)}(x) = (x_1 + x_2)(x_3 + x_4) \tag{2.31}$$

$$P_{sr}(p) = [1 - (1-p)^2]^2 \tag{2.32}$$



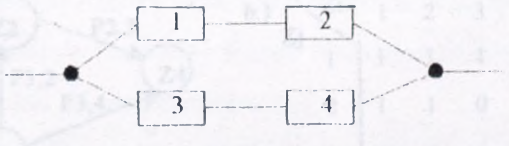
Rys. 2.14. Schemat blokowy struktury szeregowo - równoległej.

4. *System o strukturze równoległo - szeregowej*

Schemat blokowy tej struktury ma postać równoległe połączonych schematów szeregowych (rys.2.15). Zatem funkcje $f^{(n)}(x)$ można zapisać bezpośrednio na podstawie takiego schematu jako sumę iloczynów. Dla struktury jak na rys.2.15 funkcja $f^{(4)}(x)$ będzie miała postać:

$$f^{(4)}(x) = x_1 x_2 + x_3 x_4 \tag{2.33}$$

$$P(p) = 1-(1-p^2)^2 = p^2(2 - p^2) \tag{2.34}$$

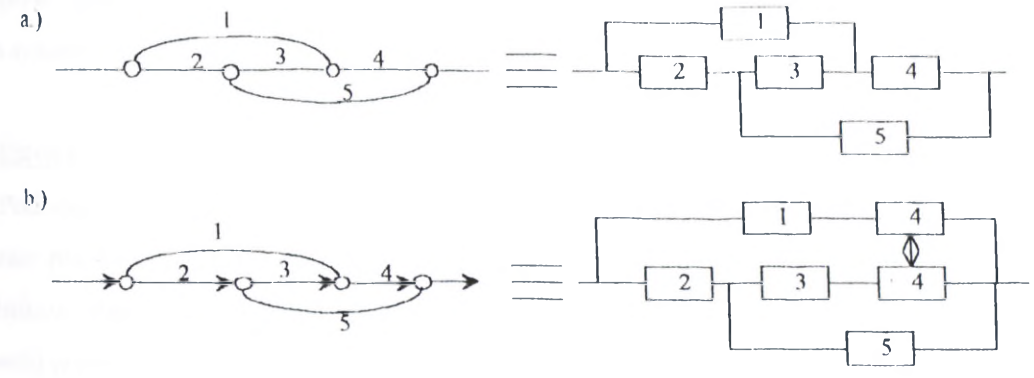


Rys.2.15. Schemat blokowy struktury równoległo - szeregowej.

Metoda powyższego opisu strukturalnego została zastosowana do przedstawienia struktury niezawodnościowej systemu zautomatyzowanego RPT-20 i RPT - 21 - załącznik 2.16.

Inną metodą opisu statycznych struktur niezawodnościowych jest graf przepływowy skierowany lub nieskierowany. Zasady połączeń są takie same jak w schemacie blokowym niezawodnościowym, a łuki przedstawiają przejścia bezpośrednie między stanami niezawodnościowymi.

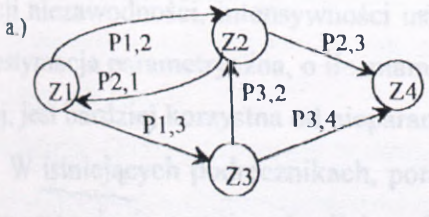
Kierunki łuków grafu skierowanego odpowiadają kierunkowi przepływu medium (informaji, energii) w systemie. Warunkiem sprawności jest istnienie przejścia między węzłem wejściowym i wyjściowym zgodnie z kierunkiem łuków.



Rys. 2.16. Grafy skierowane i nieskierowane oraz odpowiadające im blokowe schematy niezawodnościowe.

Grafy skierowane i nieskierowane nie są sobie równoważne co pokazano na rys.2.16. Metodą stosowaną w pracy to metoda grafów skierowanych, w której funkcję strukturalną opisano tzw. macierzą przejść (algebraiczna postać grafu stanów niezawodnościowych), w której *Zi* odpowiada i - ty wiersz , *Zj* odpowiada j - ta kolumna. Bezpośrednie przejście między stanami Zi oraz Zj oznacza jedynka na przecięiu *i - tego* wiersza oraz *j*

- tej kolumny. Pozostałe elementy macierzy są zerami. Warunki sprawności systemu określa się podając wykaz stanów sprawności - rys.2.17.



b.)

Zj \ Zi	1	2	3	4
1	1	1	1	0
2	1	1	0	1
3	0	1	1	0
4	0	0	0	1

Rys.2.17 Przykładowy graf stanów niezawodnościowych (a) i odpowiadająca mu macierz przejść (b). Zi - stany systemu. Pij - przejścia między stanami.

Problemy rozwiązywane tą metodą to: ocena struktury niezawodnościowej zabezpieczenia informację radiolokacyjną stanowiska dowodzenia za pomocą sieci przewodowej, ocena niezawodnościowa struktury łączności radiowej stanowiska dowodzenia (sieci i kierunki radiowe), a także ocena wykonywania zadań przez zespoły funkcyjne stanowiska dowodzenia.

Szczegółowa analiza przedstawionych problemów rozwiązywanych tą metodą jest zawarta w rozdziale czwartym i piątym.

Ostatnia wyróżniona forma opisu graficznego to "drzewo uszkodzeń", jest to schemat logiczny równoważny funkcji strukturalnej systemu. W schemacie tym, za pomocą logicznych funktorów iloczynu, sumu (lub alternatywy wyłączającej) oraz funktora progowego k - z - n, określa się wpływ uszkodzeń poszczególnych elementów lub grup elementów na powstanie uszkodzenia systemu.

Estymacja wskaźników niezawodności.

Podczas planowania niezawodności określa się: sposób postępowania mający na celu wytworzenie próbki statystycznej (zmienność i liczebność próbki) niezbędnej dla estymaji wartości wskaźników niezawodności, populacji rozpatrywanych obiektów, oraz liczby powtórzeń (I) (losowań) w celu określenia *k* uszkodzeń w strukturze.

W statystyce matematycznej wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje metod statystycznych (w tym metod estymacji): metody nieparametryczne i metody parametryczne.

Metody nieparametryczne stosowane są wtedy gdy nie są znane rozkłady prawdopodobieństwa występujące w populacji. Ogólnie można powiedzieć, że w przypadku estymacji nieparametrycznej wymagana objętość danych statystycznych jest bardzo duża.

Zastosowaną w pracy metodą jest *metoda parametryczna,* gdyż zastosowany rozkład prawdopodobieństwa jest jest znany (w przypadku badania struktur niezawodnościowych - rozkład Poissona; w przypadku badania realizacji zadań przez zespoły stanowiska dowodzenia - rozkład równomierny). W takim przypadku wystarczy estymować punktowo i przedziałowo wartości parametrów tych rozkładów, a wartości określonych wskaźników niezawodności można obliczać na podstawie uzyskanych wartości parametrów i znanych zależności np.: dystrybuanty rozkładu, funkcji niezawodności, intensywności uszkodzeń pojedynczego elementu czy też wariancji. Zatem estymacja parametryczna, o ile znamy postać funkcyjną rozkładu odpowiedniej zmiennej losowej, jest bardziej korzystna od nieparametrcznej.

W istniejących podręcznikach, poradnikach i normach niezawodności można znaleźć obszerne zestawienia wzorów określających estymatory i granice przedziałów ufności dla różnych wskaźników niezawodności i czasów badań. We wzorach tych najczęściej występują rozkłady : t - Studenta, chi - kwadrat, F - Secondera i rozkład normalny.

Zgodnie z przyjętym rozkładem norma PN- 79/N - 04031 podaje zalecane metody estymacji parametrów rozkładu oraz wzory dla granic przedziałów ufności. I tak dla rozkładu Poissona liczbę losowań dla określonej wariancji rozkładu, poziomu ufności β i kwantylu rzędu β rozkładu t - Studenta o $n - 1$ stopniach swobody można wyrazić następującą zależnością :

$$I = \frac{s^2}{d} t_\beta^2 \tag{2.35}$$

gdzie :

- d - dokładność oszacowania wyrażona procentem całkowitej liczby komunikujących się w zadanej strukturze par węzłów (np. środków łączności) ;

- s - wariancja z próby

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_1^n \left(x_i - x_s \right) \tag{2.36}$$

gdzie :

- n - liczba powtórzeń (liczność próby) ;
- x_i - wartość mierzonej wielkości ;
- x_{sr} - wartość średnia z n powtórzeń ;
- t_β^2 - kwantyl rozkładu t - Studenta $P (t < t_\beta) = \beta$

Wybór miary niezawodności

W praktycznej ocenie niezawodności obiektów technicznych najważniejszym problemem jest wybór miary niezawodności adekwatnej do wymagań eksploatacyjnych stawianych obiektowi

Wyróżnia się dwie grupy metod wyznaczania wskaźników niezawodności obiektów :

- metody, których stosowanie wymaga znajomości postaci analitycznej i parametrów danego wskaźnika niezawodności;

- metody, których stosowanie wymaga znajomości danych, uzyskanych z badań statystycznych procesu powstawania uszkodzeń obiektów lub procesu obsługiwania technicznego obiektów.

Metody pierwszej grupy bazują na osiągnięciach teorii prawdopodobieństwa i znanych analitycznych związkach pomiędzy poszczególnymi wskaźnikami niezawodności. Metody drugiej grupy wykorzystują aparat statystyki matematycznej i stąd też uzyskiwane wyniki są estymatorami analizowanych wskaźników. W zależności od rodzaju wskaźnika, jego wartości mogą być mianowane lub nie.

Metodą wiodącą stosowaną w naszych badaniach niezawodnościowych jest metoda grupy drugiej wykorzystującej aparat statystyki matematycznej.

Żywotność jest własnością charakteryzującą między innymi ich odporność na oddziałaływanie niszczących czynników otoczenia o charakterze katastroficznym. Czynniki te

można podzielić na dwie klasy: żywiołowe (naturalne) i celowe. Do czynników żywiołowych zalicza się: wichury i trąby powietrzne, powodzie, szkody górnicze i trzęsienia ziemi, wyładowania i opady atmosferyczne. Czynniki celowe są związane z wojną i zalicza się do nich : rażenia ogniowe, oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego przy wybuchach jądrowych w stratosferze, dywersję i częściową utratę terytorium.

Pojęcie żywotności określone w rozprawie jednoznacznie wskazuje, iż urządzenia systemu radiolokacyjnego stanowiska dowodzenia zakwalifikowane zostaną do obiektów nienaprawialnych. Jako obiekty nienaprawialne rozumie się taki obiekt, którego praca po wystąpieniu uszkodzenia jest niemożliwa lub niecelowa. Jednakże do obiektów nienaprawialnych zalicza się nie tylko te, które ze względu na nieprzystosowanie lub niecelowość nie mogą być naprawiane. Decyduje o tym nie tylko przystosowanie lub nieprzystosowanie i celowość rozumiana w sensie techniczno - ekonomicznym, lecz przeznaczenie obiektu, jego cel stosowania, użytkowanie.

Do podstawowych wskaźników nieuszkadzalności obiektów nienaprawialnych zalicza się:

- prawdopodobieństwo poprawnej pracy obiektu w zadanym czasie R(t);
- prawdopodobieństwo poprawnej pracy obiektu w zadanym czasie od t do $t + t_o$;
- prawdopodobieństwo uszkodzenia obiektu Q(t) = (F(t) - dystrybuanta);
- częstość uszkodzeń f(t);
- intensywność uszkodzeń obiektu $\Lambda(t)$ i elementu $\lambda(t)$;
- średni czas poprawnej pracy do wystąpienia uszkodzenia - Θ.

Znajomość jednej z wyżej wymienionych funkcji daje możliwość określenia pozostałych funkcji. Oprócz znajomości wskaźników niezawodności obiektów nienaprawialnych należy znać również najczęściej stosowane rozkłady zmiennej losowej tych obiektów. Dla obiektów nienaprawialnych stosowanymi rozkładami są: wykładniczy (Poissona), gamma i Weibulla.

Dla celów pracy, przy rozwiązywaniu problemów niezawodnościowych, zastosowano rozkład Poissona.

Żywotność podsystemu łączności.

Stan elementów stacjonarnego systemu łączności jest zależny od wielu czynników o charakterze zdeterminowanym jak i losowym. Poznanie własności niezawodności i żywotności eksploatowanego i przyszłościowego systemu łączności jest celem tej części rozprawy. Żywotność sieci łączności jest własnością charakteryzującą ich odporność na oddziałaływanie niszczących czynników otoczenia o charakterze katastroficznym.

Uszkodzenia katastroficzne zniszczenia sieci charakteryzują się następującymi cechami :

- równoczesnym uszkodzeniem, zniszczeniem lub zablokowaniem wielu obiektów sieci telekomunikacyjnej na pewnym jej obszarze;

- charakter czynników umyślnych, a więc i uszkodzeń nimi spowodowanych nie jest losowy, *chociaż z uwagi na brak danych o zamierzeniach przeciwnika można założyć losowość uszkodzeń.* Z zalecanych rozkładów statystycznych charakteryzujących tego typu uszkodzenia to: rozkład gamma oraz Weibulla;

- uszkodzenia mogą być nieusuwalne lub czas naprawy urządzeń może byc stosunkowo długi - warunek ten spełnia również rozkład Poissona z procesem odnowień, gdzie czas odnowy (naprawy) nie może być pominięty, gdyż jest porównywalny z czasem trwania zdatności sieci w tym urządzeń łączności.

Miarą żywotności podsystemu łączności jest prawdopodobieństwo przeżycia, tj. prawdopodobieństwo tego, że w przypadku oddziaływania przeciwnika zachowa on zdolność do pracy. Parametrem żywotności jest również gotowość sieci do przesłania wiadomości w warunkach katastroficznego oddziaływania otoczenia.

W głównej mierze o prawdopodobieństwie przeżycia podsystemu łączności decyduje prawdopodobieństwo przeżycia: obiektu technicznego (PłSD), w którym znajduje się węzeł łączności, obiektów RCO i RCN, w dalszej kolejności prawdopodobieństwo przeżycia linii teletransmisyjnych i kablowych. Prawdopodobieństwo przeżycia obiektu technicznego jest wyznaczone prawdopodobieństwem przeżycia obiektu punktowego. Ocena wartości prawdopodobieństwa przeżycia kierunków łączności możne być dokonana przez: określenie wartości prawdopodobieństwa niezawodnej struktury podsystemu łączności, porażenia teleransmisyjnych linii łączności zorganizowanych na danych kierunkach łączności przy wykorzystaniu następujących zależności :

1. W przypadku połączenia szeregowego teletransmisyjnych linii łączności

$$P_{ZKL} = \prod_{i=1}^{k} P_{ZLLi} \tag{2.37}$$

$$P_{ZLLi} = 1 - P_{porLLi} \tag{2.38}$$

gdzie :

- P_{porLLi} - prawdopodobieństwo porażenia " i " teletransmisyjnych linii łączności;
- $P_{ŻKL}$ - prawdopodobieństwo przeżycia kierunku łączności;
- $P_{ŻLLi}$ - prawdoodobieństwo przeżycia " i " teletransmisyjnych linii łączności.

2. W przypadku połączeń równoległych teletransmisyjnych linii łączności:

$$P_{ZKL} = 1 - \prod_{i=1}^{k}(1 - P_{ZLLi}) \qquad (2.39)$$

Wartości prawdopodobieństwa porażenia teletransmisyjnych linii łączności umożliwiające uzyskanie oceny ich żywotności przedstawia tabela 2.1.

Prognozowanie żywotności teletransmisyjnych linii łączności [60].

Tabela 2.1

Teletransmisyjne linie łączności	parametr	długość linii [km]							
		10	20	40	60	80	100	120	150
Radiowe KF	P_{porLL}	0,56	0,56	0,56	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Radiowe UKF	P_{porLL}	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Przewodowe	P_{porLL}	0,50	0,51	0,52	0,525	0,6	0,61	0,66	0,70

Prawdopodobieństwo przetrwania elementu punktowego (P_u) charakteryzujące jego żywotność w ciągu określonego czasu można wyrazić zależnością:

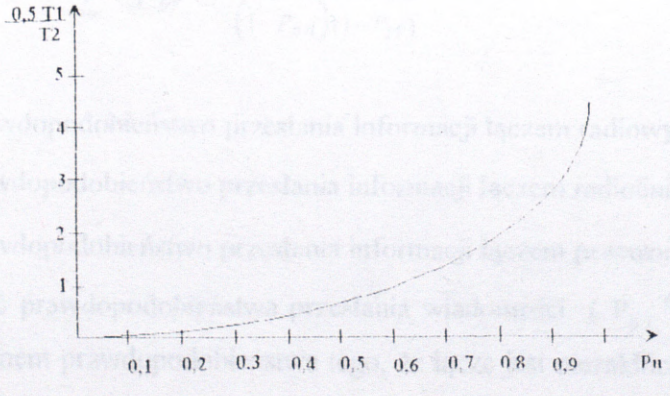
$$P_u = 1 - e^{\frac{-0,5 * T_1}{T_2}} \qquad (2.40)$$

gdzie :

T_1 - czas przebywania stanowiska dowodzenia w danym rejonie;

T_2 - łączny czas niezbędny na rozpoznanie, opracowanie i przekazanie danych o stanowisku dowodzenia oraz na przygotowanie i wykonanie uderzenia.

Analiza czynników czasowych zależności (2.40) pozwala wykreślić funkcję P_u.



Rys.2.18. Funkcja prawdopodobieństwa wykonania uderzenia na stanowisko dowodzenia w zależności od czasu przebywania w danym rejonie.

Z przedstawionej funkcji wynika, że :

- dla prawdopodobieństwa $P_{11} = 0,5$ i czasu $T_z = 5$ min (np. dla systemów uderzeniowych wykorzystujących rozpoznanie radiowe i radiolokacyjne) czas przebywania stanowiska dowodzenia w danym rejonie nie powinien przekraczać 7minut.

Im zatem czas wykrywania stanowiska dowodzenia będzie dłuższy, tym dłużej może ono pracować (funkcjonować) w jednym rejonie.

Prawdopodobieństwo przesłania wiadomości (P_{pw}) przez stanowisko dowodzenia (węzeł łączności), gdy możemy korzystać z kilku rodzajów łącz w relacji łączności możemy określić za pomocą wyrażenia :

$$P_{pw} = 1 - \prod_{i=1}^{n}(1 - P_{pi}) \geq P_w \qquad (2.41)$$

gdzie :

- P_{pw} - prawdopodobieństwo przesłania wiadomości;
- P_{pi} - jest to prawdopodobieństwo przesłania informacji bądź to za pomocą łącza radiowego (P_{pr}) , bądź też za pomocą łącza przewodowego;
- n - ilość możliwości relacji łączności między abonentami;
- P_w - wymagane prawdopodobieństwo, aby system dowodzenia w istniejących relacjach łączności przesłał informację z określonym prawdopodobieństwem np. $P_w \geq 0,92$.

Jak zatem widać z zależności tej można obliczyć prawdopodobieństwo przesyłania informacji za pomocą łączności przewodowej i dowolnej łączności radiowej, tak aby była spełniona zależność P_w .

$$1 - P_{pr} \geq \frac{1 - Pw}{(1 - P_{prl})(1 - P_{pp})} \qquad (2.42)$$

gdzie :

- P_{pr} - prawdopodobieństwo przesłania informacji łączem radiowym;
- P_{prl} - prawdopodobieństwo przesłania informacji łączem radioliniowym;
- P_{pp} - prawdopodobieństwo przesłania informacji łączem przewodowym.

Dopuszczalna wartość prawdopodobieństwa przesłania wiadomości (P_{pr}^{d}) za pomocą łącza radiowego jest iloczynem prawdopodobieństwa tego, że łącze jest niezakłócone, nadajniki są zdatne oraz niezniszczone.

$$P_{pr}^{d} = (1 - P_z) * R_n * (1 - P_{zn}) \geq P_{pr} \qquad (2.43)$$

gdzie :

- $P_{p.t}^{d}$ - dopuszczalna wartość prawdopodobieństwa przesłania wiadomości drogą radiową;
- P_z - prawdopodobieństwo zakłócenia relacji łączności;
- R_n - funkcja zdatności. Dla urządzenia naprawialnego $R_n = K_{gn}$, jest równa współczynnikowi gotowości urządzenia.

Tak więc dysponując sumaryczną intensywnością uszkodzeń, lub czasem poprawnej pracy urządzeń łączności o zadanym rozkładzie prawdopodobieństwa jesteśmy w stanie, na zadanym poziomie ufności statystycznej, określić niezbędną ilość środków łączności radiowej zapewniających wymagane prawdopodobieństwo transmisji informacji. Dla rozkładu Poissona liczbę radiostacji (n) określamy z zależności:

$$n = 2\lambda t \tag{2.44}$$

Liczbę radiostacji zapasowych L określamy na podstawie obliczonej liczby uszkodzeń z warunku:

$$P\{N_u(t) \le n\} \angle p \tag{2.45}$$

gdzie :

- t - czas wykonywania zadania;
- p - zadane prawdopodobieństwo, że będzie istniała ciągłość użytkowania linii transmisji radiowej.

Rozkład czasu poprawnej pracy jest wykładniczy co oznacza, że N_u (t) ma rozkład Poissona, czyli:

$$P\{N_u(t) \le n\} = e^{-\lambda t} \sum_{k=0}^{n} \frac{(\lambda t)^k}{k!} = P_n(t) \tag{2.46}$$

gdzie :

- $\lambda = \frac{1}{T}$ - intensywność uszkodzeń;
- T - średni czas poprawnej pracy;
- t - czas wykonywania zadania.

Liczbę *n* wyznacza się obliczając kolejno, dla coraz większych *n* wielkość P_n (t). W ten sposób określa się wartość *n* dla której P_n (t) po raz pierwszy przekroczyła wartość zadaną *p*.

Jako liczbę elementów zapasowych przyjmuje się wartość:

$$L = n - 1. \tag{2.47}$$

Niezawodność techniczna środków łączności przewodowej i radiowej, środków radiolokacyjnych i automatyzacji dowodzenia oraz ich struktura niezawodnościowa jest drugim czynnikiem po niezawodności człowieka, która warunkuje żywotność stanowiska dowodzenia. Właściwy opis niezawodnościowy obiektów technicznych, zaproponowanymi w rozprawie technikami opisu stwarza możliwość określenia niezawodności elementów składowych obiektów technicznych jak i ich struktury.

Stworzony model strukturalny sieci łączności oraz model zaopatrywania w informację radiolokacyjną stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego umożliwi zgodnie z algorytmem umieszczonym w rozdziale czwartym przebadać symulacyjnie określone wcześniej struktury.

2.2.3. Rozbudowa inżynieryjna stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego.

Główną częścią składową rozbudowy inżynieryjnej batalionu radiotechnicznego jest umocniony budynek parterowy, półzagłębiony w ziemi, odpowiednio zamaskowany przeznaczony do pracy ciągłej. Budowlę tę nazywa się także budynkiem głównym stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego.

Występują dwa typy tego rodzaju budowli oznaczone odpowiednio symbolami B - 600/A (prefabrykowane) oraz B - 600/B (monolityczne). Budynki te mają podobny wewnętrzny układ organizacyjno - architektoniczny (załącznik 2.4).

Kubatura budynku wynosi:

- bez obwałowań 4996,8 m^3;
- użytkowa 3932,8 m^3;
- z obsypanym stropodachem 5891,1 m^3.

Powierzchnia budynku wynosi:

- zabudowy bez obwałowań 1117,9 m^2;
- użytkowa (w tym część hermetyczna) 982,5 m^2.

Budynek funkcjonalnie podzielony jest na dwie części:

1.Części hermetycznej w której znajdują sie pomieszczenia dla urządzeń i obsługi. Hermetyczność uzyskano w stopniu jaki można osiągnąć przy zastosowaniu elementów prefabrykowanych. Pomieszczenia te umożliwiają pracę w warunkach skażeń przy zastosowaniu urządzeń filtrowentylacjnych.

2. Części drugiej nie podlegającej hermetyzacji, w której znajdują się pomieszczenia między innymi dla agregatów prądotwórczych.

Zgodnie założeniami w budynku mogą przebywać ludzie przez całą dobę. W okresie pokojowym, kiedy nie występuje skażenie atmosfery w rejonie schronu, całodzienne żywienie pełniącego dyżur stanu osobowego odbywa się poza pomieszczeniami schronu[27]. W okresie ostatnich kilku lat niektóre obiekty rozbudowano o tzw. część socjalną, gdzie stan osobowy schronu może między innymi spożywać posiłek.

Obiekt chroni znajdujących się w nim ludzi przed bronią pokładową i odłamkami pocisków artyleryjskich. Nie jest natomiast przewidziany jako obrona przed bezpośrednim uderzeniem środkami klasycznymi (bomby lotnicze, pociski artyleryjskie, skutkami bliskiego wybuchu jądrowego).

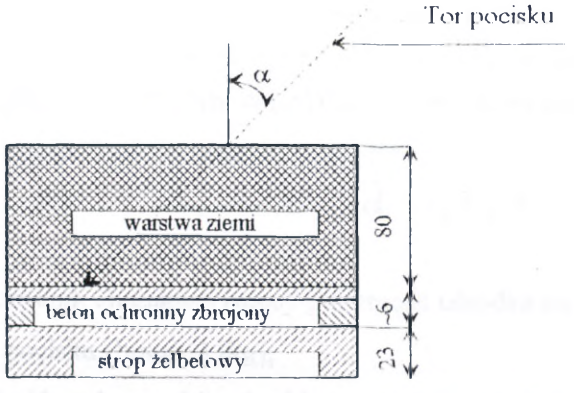
Do obliczeń wtrzymałości schronu przed bronią pokładową przyjęto parametry broni typu *Falcon* zakładając :

kąt padania pocisków $\alpha = 45^0$ $\cos\alpha = 0,707$

ciężar pocisku $p = 0,36$ kg.

średnica pocisku $d = 0,03$ m.

Szybkość końcowa $V = 600$ m/sek.



Rys. 2.19 Przekrój dachu schronu.

Stropodach schronu stanowi (rys.2.19):

- nadkład gruntu;
- beton ochronny zbrojony:
- strop żelbetowy.

Nakład gruntu nad stropem schronu stanowi warstwę ochronną. Zadaniem jego jest:

- zatrzymanie pocisku przenikającego grunt;

---

[27] Wojskowe Biuro Studiów i Projektów Lotniskowych Warszawa, Projekt techniczny budynku Nr 6/T "SD - brt".

- przejęcie na siebie bezpośredniego oddziaływania wybuchu ładunku wybuchowego zawartego w pocisku czy bombie oraz wytłumienie w znacznym stopniu fali powstałej przy wybuchu.

Bezpieczna wysokość nadkładu nad stropem schronu (h_n) jest funkcja gęstości przenikania pocisku (h_p) i zasięgu oddziaływania burzącego materiału wybuchowego, wyrażonego wartością promienia burzenia (r_b).

$$h_N = f(h_p, r_p) \tag{2.48}$$

Głębokość przenikania pocisku w ośrodku jednorodnym można obliczyć korzystając z zależności:

$$h_p = \lambda_1 \lambda_2 k_p \frac{Q}{d^2} V_k \cos\alpha \quad [m] \tag{2.49}$$

gdzie:

α_1 - współczynnik charakteryzujący wpływ długości ostrołuku pocisku lub bomby na głębokość przenikania. Przyjmuje się:

1,0 - dla pocisków, których długość ostrołuku wynosi 1- 1,5 kalibra oraz bomby;

1, 3 - dla pocisków, których długość ostrołuku wynosi 2 - 2,5 kalibra;

α_2 - współczynnik określający wpływ średnicy przekroju poprzecznego pocisku, bomby (d - wyrażony w [m]) na głębokość przenikania, zwany współczynnikiem kalibru, wyrażony wzorem:

$$\lambda_2 = 2,8 \sqrt[3]{d} - 1,3 \sqrt{d} \tag{2.49}$$

gdzie:

k_p - współczynnik charakteryzujący podatność ośrodka na przenikanie;

Q - masa pocisku (bomby) [kg];

V_k - prędkość ruchu pocisku (bomby) w chwili zetknięcia się z powierzchnią terenu, dla bomb można obliczyć z dość dużą dokładnością z zależności:

$$V_k = \sqrt{2H} - \frac{H}{100} \quad [m/s] \tag{2.50}$$

gdzie:

H - wysokość zrzucenia bomby wyrażona w metrach.

Głębokość przenikania pocisku w ośrodku dwuwarstwowym obliczyć można ze wzoru:

$$h_{pII} = \lambda_1 \lambda_2 k_{pII} \frac{Q}{d^2} V_k \cos\alpha - \frac{k_{pII}}{k_{pI}} * H_I \tag{2.51}$$

gdzie:

k_{pI} - współczynnik przenikania warstwy pierwszej;

k_{pII} - współczynnik przenikania warstwy drugiej;

H_1 - grubość warstwy pierwszej.

Łączna grubość przenikania w dwie warstwy (h_{p2}) wynika z zależności:

$$h_{p2} = h_{pII} + H_1 \tag{2.52}$$

Głębokość przeniknięcia pocisku typu Falcom w warstwę ochronną stropu (rys. 2.19) przy założeniach jak wyżej oraz dla :

$k_{pI} = 130 * 10^{-7} \left[\frac{m^2 s}{kg}\right]$ - współczynnik przenikania (oporu) dla ziemi;

$k_{pII} = 12 \cdot 10^{-7} \left[\frac{m^2 s}{kg}\right]$ - współczynnik przenikania żelbetu;

$H_1 = 0{,}8$ m - grubość nadkładu ziemi.

wynosi:

$$h_{pII} = 1 * 0{,}645 * 12 * 10^{-7} * \frac{0{,}36}{0{,}03^2} * 600 * 0{,}707 - \frac{12*10^{-7}}{130*10^{-7}} * 0{,}8 \tag{2.53}$$

$$h_{pII} = 0{,}131 - 0{,}074 = 0{,}057 \ [m] \tag{2.54}$$

Grubość przenikania w dwie warstwy wynosi :

$$h_{p2} = 0{,}057 + 0{,}8 = 0{,}86 \ [m] \tag{2.55}$$

Wynika stąd wniosek, że pocisk typu Falcom przebije całkowicie warstwę nakładu ziemi grubości 80 cm i zagłębi się w warstwie ochronnej stropu na głębokość około 6 cm.

Wpływ warstwy nadkładu ziemi na głębokość przenikania pocisku broni pokładowej typu Falcom w warstwę ochronną stropu jest dość znaczna (6 cm zamiast 13cm).

Gdyby warstwa nadkładu ziemi była większa od 1,43 m (wzór.2.49), wówczas pocisk zatrzymałby się w warstwie nadkładu, wynik obliczenia uzyskany ze wzoru 2.52 miałby wartość ujemną.

Dla porównania zobaczmy jak zachowa się schron przy trafieniu go bombą lotniczą np. amerykańską typu Mk 82 o następujących parametrach:

- masa bomby 227 kg;
- średnica bomby 271 mm;
- długość bomby 2220mm.

Do obliczeń przyjmuje się zwykle maksymalną prędkość bomby [120], równą 340 m/s oraz kąt uderzenia około 15^0 (0,2618 rad.).

W celu obliczenia głębokości przenikania w warstwę dolną (wzór 2.51), należało wyznaczyć współczynnik kalibru λ_2 (wzór 2.49).

$$\lambda_2 = 1{,}14 \tag{2.56}$$

Głębokość przenikania w warstwę dolną (wg.wzoru 2.51) wynosi:

$$h_{p\,II} = 1{,}36 - 0{,}074 = 1{,}286 \qquad (2.57)$$

Wpływ warstwy gruntu jest minimalny (1,29 zamiast 1,36). Z tego też powodu przy obliczeniach w tego typu można go pominąć.

Jak wynika z obliczeń obiekt nie stanowi zabezpieczenia przed bezpośrednim trafieniem bombą lotniczą o wadze 230 kg.

Podobne obliczenia wykonano dla granatu haubicznego kalibru 155 mm, masie 43 kg i prędkości końcowej równej 300 m/s. Dla tych założeń głębokość przenikania warstwy drugiej wynosi około 0,66 m.

Reasumując należy podkreślić, że obiekt zgodnie z założeniem konstrukcyjnym może chronić stan osobowy, tylko przed bronią pokładową i odłamkami pocisków artyleryjskich. Natomiast nie stanowi żadnej ochrony przed uderzeniem bezpośrednim klasycznych środków rażenia takich jak bomby czy pociski artyleryjskie. W celu zabezpieczenia składu osobowego nie pracującego w pomieszczeniach schronu, przewiduje sie budowę odpowiedniej liczby schronów z blachy falistej typu SB - 130, SBF - 220.

Instalacja wentylacyjna.

Niezbędną instalacją w schronie umożliwiającą stanowi osobowemu stanowiska dowodzenia pracę w warunkach działań bojowych jest instalacja wentylacyjna.

Wykonana instalacja wentylacyjna pozwala stworzyć załodze odpowiednie dopuszczalne warunki sanitarno-higieniczne. Zastosowanie urządzeń filtrowentylacyjnych umożliwia także doprowadzenie do pomieszczeń schronu powietrza oczyszczonego ze środków i dymów trujących, ciał promieniotwórczych pyłów środków biologicznych oraz stwarza odpowiednie nadciśnienie potrzebne do zapewnienia szczelności schronu i zabezpieczenia pomieszczeń przed przedostawaniem się do nich skażonego powietrza z zewnątrz obiektu.

Instalacja wentylacyjna pozwala stanowi osobowemu załogi, podczas użycia przez przeciwnika broni masowego rażenia, na przebywanie w pomieszczeniach schronu bez indywidualnych środków ochrony przed skażeniami (maska przeciwgazowa, odzież ochronna).

Zastosowanie układu trzech przedsionków, wentylowanych powietrzem wychodzącym z pomieszczeń, stwarza możliwości zabezpieczenia pomieszczeń schronu przed przedostawaniem się skażonego powietrza w niebezpiecznych ilościach i podczas opuszczania schronu.

Użytkowanie schronu może odbywać się w trzech wariantach sytemu wentylacji :

- wariant I (wentylacja czysta) eksploatacja wyłącznie w czasie pokoju, obejmuje wentylację mechaniczną z wykorzystaniem filtrów wstępnego oczyszczania powietrza z pyłów;

- wariant II (filtrowentylacja) eksploatacja wyłącznie w okresie zagrożenia, obejmuje wentylację mechaniczną z pełnym oczyszczaniem powietrza w urządzeniach filtrowentylacyjnych;

- wariant III (pełnej izolacji), czyli odcięcia się na pewien czas od atmosfery zewnętrznej.

W warunkach pokojowych (wariant pierwszy) urządzenia filtrowentylacyjne spełniają rolę wentylacji nawiewowo - wyciągowej.

Nawiewne powietrze przepływające kanałem wentylacyjnym zainstalowanym na obejściu filtropochłaniaczy i przedfiltrów jest oczyszczane tylko z pyłów na filtrze wstępnym.

Filtropochłaniacze i przedfiltry w tym czasie są wyłączone. Dla uzyskania korzystniejszego obiegu powietrza w schronie wykonano dodatkowo oddzielną wentylację wyciągową pracującą wyłącznie w okresie pokojowym (wydajności 600 m^3/h), a także wykorzystano pewną ilość powietrza z recyrkulacji nawiewu.

W okresie zagrożenia (wariant drugi) urządzenia filtrowentylacyjne dostosowane są do pełnego oczyszczania powietrza zewnętrznego w wysokości 1800 m^3/h.

Ilość ta związana jest z przepustowością zainstalowanych urządzeń oraz niezbędną ilością powietrza potrzebnego dla załogi. Polskie przepisy[28] narzucają normę 15 m^3/h na osobę pracującą. Ze względu na konieczność odprowadzenia ciepła, wydzielanego przez ludzi i sprzęt, a także konieczność usunięcia pary wodnej, potrzebna ilość dostarczanego powietrza wynosi na osobę według Smuchnina[29] 17 m^3/h przy temperaturze zewnętrznej 15 ^{0} C.

Zasadą filtrowentylacji jest utrzymanie w schronie nadciśnienia w wysokości około 20 mm słupa wody w stosunku do powietrza zewnętrznego. Filtrowentylację realizuje zestaw dwóch kompletów urządzeń filtrowentylacyjnych o wydajności każdy 900 m^3/h.

Dla usunięcia nadmiaru powietrza z pomieszczeń służą klapy nadciśnieniowe WKS-200 umieszczone w przedsionkach schronu.

Do podstawy obliczeń ilości powietrza nawiewnego dla każdego pomieszczenia, przyjęto jego kubaturę, a także założenie, że w ciągu godziny nastąpi 2 do 2,5 krotna wymiana powietrza. Obliczona[30] tak całkowita ilość powietrza wynosi 4160 m^3/h.

Ilość dprowadzonego świeżego powietrza w tej objętości wynosi 1800 m^3/h co przy ilości osób 114 (taki stan osobowy przyjęto do obliczeń) wynosi około 17 m^3/h na osobę w okresie zagrożenia.

[28] Ministerstwo Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych, Szczegółowe zasady projektowania i wykonywania schronów, Warszawa 1977 r.

[29] Dzendzel : Wentylacja obiektów wojskowych, Warszawa 1957r.

[30] Wojskowe Biuro Studiów i Projektów Lotniskowych, Projekt techniczny sieci wodno- kanalizacyjnych i wentylacyjnych.

Zainstalowany układ wentylacyjny ma wydajność 4200 m^3/h, w tym 1800 m^3/h powietrza świeżego i 2400m^3/h powietrza obiegowego z recyrkulacji.

Do nawiewu zastosowano dwa wentylatory o wydajności 4200 m^3/h z czego jeden stanowi rezerwę. W okresie zimy, przy niskich temperaturach, czy też wysokiej wilgotności powietrza zewnętrznego włączane są nagrzewnice na wlocie do instalacji filtrowentylacyjnej. Urządzenia zasadnicze filtrowentylacji pomieszczeń rozmieszczono w pomieszczeniu nr 8 (zał. 2.4).

Zanieczyszczenie powietrza na zewnątrz schronu pyłem podniesionym z ziemi czy też z burzenia budynku, produktami pożaru najbliższego otoczenia, awarii podzespołów instalacji filtrowentylacyjnej w czasie działań bojowych spowoduje konieczność odcięcie na pewien czas pobierania powietrza z zewnątrz - przechodząc do tzw. pełnej izolacji (wariant trzeci wentylacji). W okresie tym konieczna dla ludzi ilość powietrza pokrywana jest z :

- z zapasu znajdującego się w pomieszczeniach schronowych, wystarczająca na 2 - 3 [31] godzin;
- z recyrkulacji i regeneracji powietrza zużytego.

W obiekcie oprócz systemu wentylacji pomieszczeń znajduje się system wentylacji nawiewnej dla chłodzenia urządzeń. System ten dostosowany jest do pracy w następujących warunkach:

- chłodzenie urządzeń powietrzem zewnętrznym;
- chłodzenie urządzeń powietrzem zewnętrznym z recyrkulacją i chłodnicą na recyrkulacji.

System chłodzenia urządzeń wykonano dla następujących założeń :

- ilość powietrza do chłodzenia przyjęto, jak porzednio, zależnie od kubatury pomieszczeń, w których sprzęt jest rozmieszczony - 13884 m^3/h;
- ilość ciepła wydzielanego przez urządzenia przyjęto z mocy zamontowanych urządzeń w rozpatrywanych pomieszczeniach - 39,35 kW - 33,8 kcal/h[32].

Przyjmując straty ciepła w pomieszczeniach w okresie letnim oraz ciepło przejmowane przez 1800 m^3 powietrza świeżego ilość ciepła jaką należy odprowdzić przez chłodnicę wynosi 26,56 kcal/h. Do odprowadzenia powyższej ilość ciepła zastosowano chłodnicę 5 - częściową chłodzoną wodą.

Dla doprowadzenia świeżego powietrza zastosowano 2 typowe układy filtrowentylacyjne, z filtrami wstępnymi, przedfiltrami i pochłaniaczami o wydajności 900 m^3/h. Do usunięcia nadmiaru powietrza zastosowano wentylatory wyciągowe o wydajności 1800 m^3/h.

---

[31] Projekt techniczny budynek nr 6/T część technologiczna. Wojskowe Biuro Studiów i Projektów Lotniskowych, Warszawa.

[32] jak wyżej.

Urządzenia do wentylacji nawiewnej znajdują się w pomieszczeniu nr 34 (zał.2.4), rozmieszczone podobnie jak urządzenia filtrowentylacji pomieszczeń.

Sprawność urządzeń filtrujących dokonuje się poprzez mierzenie różnicy ciśnień przed i za urządzeniami z pomocą przepływomierza UWP oraz manometrów szklanych typu "U".

Charakter pracy w poszczególnych pomieszczeniach oraz konieczność stworzenia odpowiednich warunków pracy i wypoczynku dla stanu osobowego SD wymagał zastosowania odpowiedniej ochrony przeciwdźwiękowej.

Ponieważ w obiekcie działa rozległa instalacja filtrowentylacyjna przy instalacji ochrony przeciwdzwiękowej uwzględniono wytłumienie hałasów przenoszonych drogą powietrzną i materiałową zarówno w samych pomieszczeniach wentylatorni jak również w pomieszczeniach przez które przechodzą kanały blaszane.

Ograniczenie hałasu w wentylatorniach uzyskano stosując izolację przeciw drganiową agregatów wirujących, tłumików akustycznych oraz przez wyłożenie ścian i stropów pomieszczenia wentylatorni płytkami dzwiękochłonnymi.W celu uniknięcia przenoszenia hałasów drogą powietrzną i materiałowa zastosowano w pomieszczeniach izolację akustyczną.

Jako średni dopuszczalny poziom dzwięku pochodzący od instalacji powietrznych dla wszystkich pomieszczeń w obiekcie przyjęto 40 dB.

Wybudowane w latach siedemdziesiątych obiekty typu B - 600/A/B projektowane były z uwzględnieniem przedstawionych powyżej norm i założeń.

W 60 % badanych obiektów nie posiada zaworów przeciwwybuchowych, stosowano w tym wypadku zmodifikowane czerpnie powietrza w formie komory rozprężnej (zał.2.17).

W obiektach, które posiadały zawory przeciwwybuchowe w 50 % nie były one konserowane w ostatnich pięciu latach.

Rozwój urządzeń wspomagających proces obróbki informacji radiolokacyjnej i dowodzenia wymuszał zmiany w wyposażeniu technicznym schronu. Zestawy ASPD zastąpiono RPT21, a następnie RPT20. Wyłączono z eksploatacji zestawy WISŁOK, REGA-SKAŁKA. Zmodernizowano wyposażenie GPN i węzła łączności. Nowe zestawy urządzeń niejednokrotnie przewyższały "stare" swoją energochłonnością jak i liczbą urzadzeń np. zamiana RPT 21 na RPT 20 spowodowała wzrost poboru mocy około 9 kW, a liczby urządzeń o 14.

Każda zmiana wyposażenia schronu pozostawiła swój ślad na instalacji filtrowentylacyjnej pomieszczeń jak i wentylacji nawiewnej dla chłodzenia urządzeń. Jak wynika z badań niejednokrotnie "modernizacja" instalacji wentylacyjnej przeprowadzana była sposobem gospodarczym, naruszając bardzo często bilans wymiany powietrza. Prowadziło to do wzrostu temperatury powietrza w schronie jak i zmniejszenia jego wilgotności.

Uwzględniając ilość wody do chłodzenia w wysokości 4,4 m^3/h całkowite zapotrzebowanie na wodę wynosi 5,6 m^3/h.

Ze względu na niebezpieczeństwo skażenia wody, wykonano w badanych obiektach ujęcia w postaci dwóch lub jednej studni wierconej. Inne sposoby uzyskiwania wody dla potrzeb schronów, a więc pobieranie z rzeki, jeziora, współcześnie nie jest wskazane.

Zdaniem niektórych specjalistów warstwa gruntu grubości 2 m stanowi dobry filtr, stąd woda wydobywana z głębokości ponad 2 m jest godna polecenia.

Woda wydobywana jest z odwiertu najczęściej za pomocą pompy głębinowej.

Sposób uzdatniania wody uzależniony jest od rodzaju związków i zanieczyszczeń, które mają być z wody usunięte. Proces uzdatniania wody wymaga :

- odpowiednich urządzeń (filtrów);
- dodatkowej pompy z silnikiem;
- dodatkowej przestrzeni.

Proces uzdatniania wody zwiększa koszty inwestycyjne jak i eksploatacyjne schronu. Stąd też wszędzie, gdzie było to możliwe dążono do pozyskiwania wody nie wymagającej jej uzdatniania.

W ostatnim okresie czasu obserwuje sie zjawisko pogarszania jakości wody, ujmowanej w dostępnych źródłach. Uzdatnianie wody staje się więc koniecznością dla tych obiektów, które do tej pory jej nie posiadały.

Ścieki z obiektów technicznych odprowadza się w większości stanowisk do sieci kanalizacyjnej z oczyszczalnią, bądź szamba na terenie zabudowy koszarowej.

W obiekcie technicznym wyróżnia się ścieki pochodzące z :

- indywidualnych potrzeb ludzi;
- zabiegów sanitarnych i specjalnych;
- potrzeb technicznych.

Ścieki z zabiegów sanitarnych i specjalnych są skażone, a ścieki z wód technicznych mają zwykle wyższą temperaturę, zaistaniała więc konieczność oddzielenia tych ścieków. Ponadto woda używana na potrzeby ludzi, jak i na zabiegi sanitarne i specjalne, wykorzystywana może być tylko jednokrotnie, po czym jest usuwana w postaci ścieków. Woda dla potrzeb technicznych może być wykorzystywana w obiegu zamkniętym, podnosi to jednak znacznie koszty inwestycyjne jak i eksploatacyjne obiektu. Stąd też w niektórych obiektach woda z chłodzenia urządzeń odprowadzana jest po przez specjalne studzienki spustowe do rowów odwadniających.

Usuwania ścieków z obiektu wykonuje się sposobem:

- odpływu grawitacyjnego;
- odpływu wymuszonego (przepompownie).

W obiektach gdzie nie ma pewności niezakłóconego odprowadzenia wody zużytej (istnieje możliwość uszkodzenia kanalizacji zewnętrznej) zastosowano zbiorniki ścieków.

W obiektach, w których woda dla potrzeb technicznych wykorzystywana jest w obiegu zamkniętym, oprócz zbiornika ścieków wykonano oddzielny zbiornik lub zbiorniki wody technicznej. Pojemność zbiorników określono tak, aby można było pomieścić pełną ilość wody zużytej jak może powstać w czasie pobytu ludzi w schronie przez co najmniej trzy dni. Przyjmując przy tym, że zabiegom specjalnym w założonym okresie czasu, poddanym będzie około 30 % stanu załogi, ilość płynów odkażających do przeprowadzenia jednego zabiegu przyjęto do 30 m^3.

W obiektach, w których nie było możliwości odprowadzenia grawitacyjnego ścieków, zastosowano przepompownie. Przepompownie takie posiadają:

- zespół pompa - silnik;
- pompę ręczna na wypadek awarii zasilania;
- konstrukcję o odpowiedniej odporności (co najmniej taką jak schron).

Gospodarka ściekami znajduje się obecnie pod szczególnym, nadzorem służb ochrony środowiska. Niesprawne oczyszczalnie, dziurawe szamba, czy też odprowadzanie wody technicznej do gruntu spotyka sie ze zdecydowanym sprzeciwem społeczności nie tylko miejscowej. W ostatnim okresie widać więc poprawę w tym zakresie.

System energetyczny .

Obiekty techniczne zasilane są w energię elektryczną z Krajowej Sieci Energetycznej z szyny rozdzielnicy 380/220 / 50 Hz wybudowanej najczęściej na terenie wojskowym stacji transformatorowej oraz własnych zespołów spalinowo - elektrycznych.

Stacja transformatorowa stanowi źródło zasilania podstawowego, natomiast etatowe zespoły spalinowo - elektryczne - zasilania rezerwowego.

Stacje transformatorowe posiadają zainstalowane blokady uniemożliwiające podanie napięć z własnych źródeł energii elektrycznej do Krajowej Sieci Energetycznej.

Urządzenia transformatorowo-rozdzielcze obejmują zestaw rozdzielnic skrzynkowych oraz od 1do 2 transformatorów o mocy rzędu 100 kVA obniżające napięcie z 380/220 na 3 * 220 V.

Powyższe urządzenia połączone są w system elektroenergetycznych służący do zasilania podstawowych urządzeń obiektu SD oraz instalacji pomocniczych, w które jest on wyposażony.

Instalacje pomocnicze w obiekcie SD obejmują:

- instalację oświetlenia ogólnego 220V;
- instalację oświetlenia miejscowego 220V;
- instalację oświetlenia remontowego (bezpieczeństwa) - 24V;
- instalację oświetlenia zapasowego (ewakuacyjnego) - 24V;

- instalację oświetlenia zapasowego (ewakuacyjnego) - 24V;

- instalację siły pomocniczej (wentylacja, pompa głębinowa);

- instalację zasilania ogrzewaczy elektrycznych.

Instalacje pomocnicze w obiekcie technicznym zasilane są energią elektryczną z dwóch niezależnych źródeł:

- zasilanie podstawowe - ze stacji transformatorowej;

- zasilanie rezerwowe - zwłasnej elektrowni zapasowej.

We wszystkich pomieszczeniach schronu wykonano instalację oświetlenia ogólnego. W zależności od wymaganego natężenia oświetlenia (zgodnie z normą PN-68/E- 02033) i od charakteru pomieszczeń zainstalowano świetlówki lub żarówki.

W boksach oraz pomieszczeniach wentylatorni umieszczono gniazdka wtykowe 24V dla podłączenia przenośnych opraw oświetleniowych. Obwody gniazdek zasilane są z transformatorów ochronnych 220/24V.

W pomieszczeniach ważniejszych oraz na szlakach komunikacyjnych zainstalowano oświetlenie zapasowe (ewakuacyjne) zasilane napięciem 24V z baterii akumulatorów kadmowo-niklowych (2 * 10 - 6G80, 24V,80Ah). Bateria ta umieszczona jest w rozdzielni budynku głównego.

Załączenie lamp oświetlenia zapasowego odbywać się mogą samoczynnie w przypadku zaniku napięcia przemiennego, ponowne pojawienia się napięcia powoduje wyłączenie tego oświetlenia.

Prawie we wszystkich pomieszczeniach schronu zamontowane są gniazdka wtykowe 220V dla podłączenia drobnych odbiorników przenośnych jak lampy stołowe, radioodbiorniki, narzędzia ręczne itp.

Instalacje siłowe obejmują zasilanie wentylatorów i nagrzewnic oraz odbiorników specjalnych, węzła łączności (prostowniki, przetwornice). Wykonane układy sterowania wyżej wymienionymi odbiornikami umożliwiają załączenia nagrzewnic w przypadku pracy jednego lub dwóch wentylatorów. W przypadku gdy żaden z wentylatorów nawiewu nie jest włączony załączenie nagrzewnic nie jest możliwe.

Silniki zabezpieczone są od zwarć za pomocą bezpieczników topikowych oraz od przeciążeń za pomocą nadmiarowych przekaźników termobimetalowych.

Pomieszczenia stanowiska dowodzenia realizuje się za pomoca grzejników elektrycznych o mocy od 0,8 - 1,6 kW na napięcie 220V.

System ochrony stanu osobowego od porażeń w sieci 380/220 stanowi *zerowanie*, natomiast w sieci 3 *220V, w której stosuje się transformatory obniżające - *uziemienie ochronne*.

2.2.4. Procesy informacyjno - decyzyjne.

Istotnym, kolejnym, czynnikiem decydującym o żywotności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego jest proces informacyjno - decyzyjny realizowany w warunkach walki. Informacja o sytuacji powietrznej jest zbiorem wiadomości o działalności obiektów powietrznych nad określonym obszarem; po obróbce są one przekazywane adresatom w postaci sformalizowanych komend i meldunków. Informacja ta stanowi dla dowódców podstawę do podjęcia decyzji o użyciu sił i środków, dowodzenia nimi w działaniach bojowych oraz wprowadzania stanów i stopni gotowości bojowej.

Tak więc istota pracy stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego WLOP sprowadza się w części zasadniczej do decydowania o użyciu zarówno aktywnych środków walki jak i radioelektronicznych środków zakłócających. Decydowanie polega tu na świadomym akcie wyboru jednego z przynajmniej dwóch rozpoznanych i dostępnych wariantów postępowania.[34] Decyzja interpretowana jest też jako postanowienie, rozstrzygnięcie, wybór rozwiązania jakiegoś problemu. Jej istota jest rozumiana jako akt wyboru celu i sposobu jej osiągnięcia zgodnie z potrzebami systemu organizacyjnego w ramach którego wybór jest dokonywany. Warto w tym miejscu przypomnieć, iż w siłach zbrojnych w świetle zasad jednoosobowej odpowiedzialności, praktyczne zastosowanie, w tym również na PISD, ze względu na kryterium obsady osobowej uczestniczącej w procesie decyzyjnym, mają dwa przypadki:

- decyzje przygotowywane i podejmowane są jednoosobowo, czyli te, które dotyczą głównie małych systemów organizacyjnych, nie wymagają dokładnej i wszechstronnej oceny problemu decyzyjnego, muszą być podjęte możliwie szybko oraz przeważnie nie wywołują negatywnych skutków;
- decyzje przygotowywane zbiorowo, a podejmowane jednoosobowo, czyli te, które ze względu na ilość, jakość i rodzaj informacji przeddecyzyjnych jak też ponoszone ryzyko wymagają zbiorowego rozpoznania problemu, rozważania możliwości wykonawczych i opracowania projektów rozwiązań przez odpowiednie grono ekspertów z zachowaniem jednoosobowego prawa wyboru sposobu postępowania.

Decydowanie w walce obejmuje bardzo szeroki wachlarz problemów decyzyjnych. Zalicza się tu: rozpoznanie, obronę przed bronią masowego rażenia, obronę przeciwlotniczą, zabezpieczenie inżynieryjne, maskowanie, kierowanie aktywnymi środkami walki, przeciwdziałanie radioelektroniczne, zabezpieczenie hydrometeorologiczne, zabezpieczenie materiałowe, techniczne, medyczne oraz współdziałanie.

[34] Proces decyzyjny w sytuacjach złożonych, Szt. Gen. WP, Warszawa 1988, s. 10.

Proces decyzyjny w warunkach walki odbywa się przy niedoborze informacji, które nie zawsze można zastąpić wiedzą, doświadczeniem i talentem dowódczym. Luki informacyjne dotyczą zwłaszcza przeciwnika, chociaż mogą wystąpić i w stosunku do własnych zasobów. Racjonalnym jest więc takie postępowanie, które zapewnia stałe wypełnienie luk informacyjnych o przeciwniku i o własnych możliwościach, tak ażeby maksymalnie ograniczać niepewność podejmowanych decyzji.

Wśród wielu zaleceń dotyczących procesu decyzyjnego, przebiegającego w sytuacjach złożonych, poczesne miejsce zajmuje pogląd na celowość stosowania modelowych zasad postępowania. Łatwiej bowiem w konkretnej sytuacji decyzyjnej dostosować się, lub przynajmniej zbliżyć, do przyjętego wzorca, niż poszukiwać nowych, nie sprawdzonych sposobów działania - taki model postępowania istnieje w badanych stanowiskach dowodzenia szczebla taktycznego OP. Ponadto opracowane modele dotyczą przeważnie złożonych sytuacji decyzyjnych, które występują częściej i w większym stopniu absorbują decydenta oraz podległe jemu organy kierowania. Celowo więc pomija się sytuacje proste, w których występuje wprawdzie akt świadomego rozpoznania i wyboru postępowania, nie musi on być jednak oparty na wynikach dokładnych prac przygotowawczych, lecz na zwyczajowo przyjętych lub wyznaczonych sposobach działania.

Istotna rola w przygotowaniu decyzji informacyjnej [9][35] na stanowisku dowodzenia szczebla taktycznego przypada funkcyjnym grup dowodzenia SD, a także obsługom bojowym stacji radiolokacyjnch - od ich działalności zależy jakość i terminowość wydawanej informacji o przeciwniku powietrznym. Zadaniem funkcyjnych grup dowodzenia jest systematyczne zbieranie niezbędnych danych o sytuacji powietrznej, poddanie analizie i ocenie, odrzucenie fałszywych i niewiarogodnych, sprawdzenie wątpliwych, selekcjonowanie najważniejszych, konfrontowanie aktualnych z poprzednimi. Dopiero na takiej podstawie mogą oni przygotować odpowiednio do szczebla dowodzenia całość danych do podjęcia decyzji.

Sprawność obiegu informacji o sytuacji powietrznej oraz kierowanie jej zbieraniem i opracowaniem w dużej mierze zależy od organizacji i funkcjonowania systemu łączności wewnętrznej i zewnętrznej - dla stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego zagadnienie to zostało omówione w rozdziale drugim. System ten musi zapewnić jednoczesne dowodzenie środkami wykrywania obiektów powietrznych, kierowanie zbieraniem opracowaniem informacji o sytuacji powietrznej, a także przekazanie jej z określoną dyskretnością na nadrzędne stanowisko

[35] Decyzja informacyjna - decyzja, która z pośród ogółu ma określić te informacje, które w rozpatrywanej sytuacji uważa się za prawdziwe, odzwierciedlające rzeczywisty model sytuacji powietrznej. Podstawy dowodzenia wojskami w systemie obrony powietrznej. AON,Warszawa 1993r.

dowodzenia. Szczególną rolę w tym systemie odgrywają kanały meldowania o sytuacji powietrznej; od ich liczby zależy sprawność obiegu informacji powiadamiania o przeciwniku powietrznym oraz wymiana informacji między współdziłającymi ogniwami.

Wymiana i obieg informacji radiolokacyjnej o sytuacji powietrznej w wojskach radiotechnicznych odbywa się według ustalonego jednolitego systemu. Dzięki wyposażniu stanowisk dowodzenia WRt w urządzenia (obiekty) zautomatyzowanego dowodzenia podstawowa wymiana i obieg informacji odbywa się w sposób zautomatyzowany. Niezależnie od tego wszystkie stanowiska dowodzenia WRt mogą także wymieniać informacje w sposób niezautomatyzowany (planszetowy). Jest to zapasowy system wymiany informacji, na który mogą przejść te stanowiska w razie unieruchomienia systemu zautomatyzowanego. Ponadto system planszetowy jest stosowany do wymiany informacji z punktami dowodzenia innych rodzajów wojsk, które nie posiadają urządzeń zautomatyzowanego systemu dowodzenia lub i obiekty zautomatyzowanego dowodzenia nie są kompatybilne, oraz z posterunkami obserwacyjnymi.

Informacja radiolokacyjna w systemie zautomatyzowanym o sytuacji powietrznej w najprostrzej postaci (impulsów elektronicznych) rozpoczyna swój obieg od podstawowego ogniwa wyposażonego w środki rozpoznania radiolokacyjnego, to jest posterunku radiolokacyjnego (RLS) i dociera do stanowiska dowodzenia kompanii radiotechnicznej. Tutaj poddawana jest pierwszej obróbce, której sposób i zakres zależą w dużej mierze od rodzaju obiektu zautomatyzowanego systemu dowodzenia danej krt, a następnie przekazywane automatycznie do obiektu wyższego szczebla (SD brt).

Z uwagi na to, iż generalnie obiekty PłSD są wyposażone lub będą wyposażone w obiekty RPT-20, poniżej zostanie omówiony dalszy obieg informacji i obróbki informacji radiolokacyjnej dla tegoż obiektu.

Informację pierwotną obrazują wskaźniki WPS-11 zestawu RPT-10, na szczeblu kompanii radiotechnicznej i RPT - 20 brt, na których jednocześnie określa się współrzędne prostokątne (x, y) położenia obiektów powietrznych, a na wskaźnikach WRH-12 w sposób zautomatyzowany mierzy się wysokość położenia tych obiektów. Informacja radiolokacyjna po opracowaniu na SD brt jest równolegle przekazywana na SD BRt i stanowiska pracy dowódców oddziałów lotnictwa myśliwskiego i wojsk rakietowych oraz na blok współpracy aparatury przyrządowego naprowadzania (APN) - załącznik 2.18.

W systemie niezautomatyzowanym informacja ze stacji radiolokacyjnej jest przekazywana przez operatorów wskaźników na planszety brt. Na planszet pierwszej warstwy (I) nanosi się informacje o sytuacji powietrznej napływające z krt terenowych, RLS małych wysokości miejscowej krt i powiadamiania powietrznego (POW). Na planszet drugiej warstwy (II) nanosi się uogólnioną informację z planszetu I warstwy i informacje z RLS miejscowej krt. Po

zweryfikowaniu (identyfikacji) tej informacji przez starszego oficera operacyjnego spiker przekazuje ją na planszet sytuacji ogólnej brt, planszet PN i planszet sektora SD BRt.

Na planszet sytuacji ogólnej SD brt nanosi się również informację o sytuacji powietrznej z sieci powiadamiania korpusu.

Przy pracy RLS miejscowej krt wysokość obiektów powietrznych określa operator wydzielonego wysokościomierza i przekazuje ją na tablicę wysokości SD brt, skąd spiker przekazujący informację na planszet sytuacji ogólnej odczytuje ją na głos i włącza do meldunków o sytuacji powietrznej.

W złożonej sytuacji powietrznej oraz na polecenie nadrzędnego SD BRt w dwóch przewodowych kanałach meldowania, w jednym - informację o celach powietrznych, w drugim - informację o samolotach własnych.

W rozdziale piątym omówiona zostanie analiza badania obiegu informacji radiolokacyjnej, za pomocą programu GRAF 2, na stanowisku dowodzenia szczebla taktycznego na potrzeby aktywnych środków walki. W badaniach tych uwzględnia się poziom wykonywania zadania przez poszczególne osoby funkcyjne zespołów i grup funkcyjnych, jak również procentowy poziom strat ludzkich w tych zespołach.

Wnioski końcowe do rozdziału drugiego.

1. Stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego OP funkcjonując w hierarchicznej strukturze dowodzenia OP posiada zdolność do autonomicznej pracy.

2. Żywotność stanowiska dowodzenia w głównej mierze jest zdeterminowana przez strukturę funkcjonalną. Elementami tej struktury zasługującymi na szczególną uwagę są: zespoły dowodzenia i zespół planowania, gdyż są one głównymi realizatorami procesu przetwarzania informacji sytuacyjnej w decyzyjną.

Częściami składowymi elementów struktury funkcjonalnej od których zależy jej żywotność są ludzie i narzędzia.

3. Na żywotność stanowiska dowodzenia decydujący wpływ ma odporność fizyczna, psychiczna i umiejętności jego stanu osobowego. Mimo iż coraz częściej wysiłek fizyczny, umysłowy operatorów zastępowany jest przez urządzenia i systemy techniczne to człowiek jednak stanowi w tym układzie rolę dominującą.

4. Niezawodność infrastruktury technicznej, a w szczególności środków łączności, radiolokacji i automatyzacji dowodzenia jest kolejnym czynnikiem, który warunkuje możliwość pozyskiwania, przetwarzania i wydawania informacji.

5. O żywotności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego decyduje jego rozbudowa inżynieryjna, umożliwiająca jego funkcjonowanie w warunkach działań bojowych.

3. Stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego jako obiekt aktywnego oddziaływania przeciwnika.

Stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego funkcjonuje w otoczeniu systemowym - określonym w rozdziale drugim. Elementem tego otoczenia, które w decydujący sposób wpływa na jego żywotność jest przeciwnik.

Oddziaływanie przeciwnika na stanowisko dowodzenia, z punktu widzenia żywotności, jest działalnością złożoną, w której daje się wyróżnić: podsystem rozpoznania (R); podsystem oddziaływania ogniowego (O_o); podsystem oddziaływania radioelektronicznego (O_{re}).

Zależność tą można przedstawić w postaci uporządkowanej trójki:

$$D_p = < R, O_0, O_{re} > \qquad (3.1)$$

Celem rozważań w nimniejszym rozdziale jest określenie faktycznych zagrożeń żywotności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego, wynikających z działań wyżej wyróżnionych podsystemów. W rozdziale tym analizę możliwości oddziaływania sił i środków walki potancjalnego przeciwnika na SD przeprowadzono w oparciu o potencjały państw NATO i WNP, gdyż są one wyznacznikiem postępu myśli wojskowej.

3.1 Ocena podsystemu rozpoznania przeciwnika.

Zasadniczym celem rozpoznania wojskowego jest zbieranie, ocenianie, analizowanie danych, które są lub będą w przyszłości niezbędne do planowania działań wojennych [44].

Doświadczenia wynikające z ostatnich konfliktów zbrojnych wykazują, że wielką uwagę strony przywiązują do wcześniejszego rozpoznania obrony powietrznej strony przeciwnika. Rozpoznanie w czasie pokoju dyslokacji pododdziałów obrony powietrznej, pola radiolokacyjnego, parametrów technicznych urządzeń radioelektronicznych potencjalnego przeciwnika, umożliwia zdobycie panowania w powietrzu już w początkowym okresie działań wojennych.

Przeciwnik może uzyskiwać dane o dyslokacji elementów obrony powietrznej na podstawie ich cech rozpoznawczych, które są zarazem cechami demaskującymi te elementy.

W oparciu o spostrzeżenia własne, a także analizę literatury [18, 44] określono zbiór cech demaskujących stanowisko dowodzenia obrony powietrznej. Zbiór ten można podzielić na dwa podzbiory: podzbiór cech technicznych, podzbiór cech operacyjno - taktycznych.

Do podzbioru *technicznych* cech demaskujących stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego można zaliczyć wszystkie właściwości urządzeń radiolokacyjnych, radioliniowych i radiostacji wynikające z ich działania lub będące konsekwencją ich pracy.

Najważniejszą cechą demaskującą pracę urządzeń wyżej wymienionych jest promieniowanie energii elektromagnetycznej. Cecha ta pozwala przeciwnikowi ustalić nie tylko fakt pracy tych środków, ale równocześnie ustalić miejsce ich dyslokacji, a na podstawie analizy ich pracy także typ urządzenia, przeznaczenie, przynależność do rodzaju wojsk, oddziału i pododdziału.

Cechy demaskujące związane z konsekwencją pracy urządzeń emitujących energię elektromagnetyczną to promieniowanie cieplne i podczerwone.

Stanowiska dowodzenia są szczególnie podatne na rozpoznanie wizyjne[36] ze względu na :

- geometrycznie regularnie ustawienie elementów stanowiska dowodzenia na pozycji;
- drogi dojazdowe do ogrodzonej pozycji;
- obecność samochodów specjalnych na wzniesieniach i w obwałowaniach;
- charakterystyczne anteny stacji radiolokacyjnych, radiowych i radioliniowych.

Cechy *operacyjno - taktyczne* demaskujące stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego związane są z rozmieszczeniem środków radiolokacyjnych, radiostacji i radiolinii na określonym obszarze. Rozmieszczenie tych środków nie jest przypadkowe. Zależy od wymagań operacyjno - taktycznych, technicznych i organizacyjnych.

Znając ich dyslokację, parametry techniczne i normy organizacyjno - taktyczne tworzenia ugrupowania, przeciwnik łatwo określi położenie stanowiska dowodzenia.

Do podzbioru cech *operacyjno-taktycznych* demaskujących stanowisko dowodzenia zaliczyć można :

- stan ilościowy i sposób rozmieszczenia środków emitujących energię elektromagnetyczną na pozycjach bojowych;
- sposób i czas pracy tych środków.

Biorąc pod uwagę cechy demaskujące stanowiska dowodzenia, można przypuszczać że przeciwnik do dyslokacji, identyfikacji czy też szczegółowego jego opisu będzie wykorzystywał rozpoznanie radioelektroniczne, wizyjne i agenturalne, wykorzystując środki satelitarne, lotnicze, lądowe i morskie (rys.3.1).

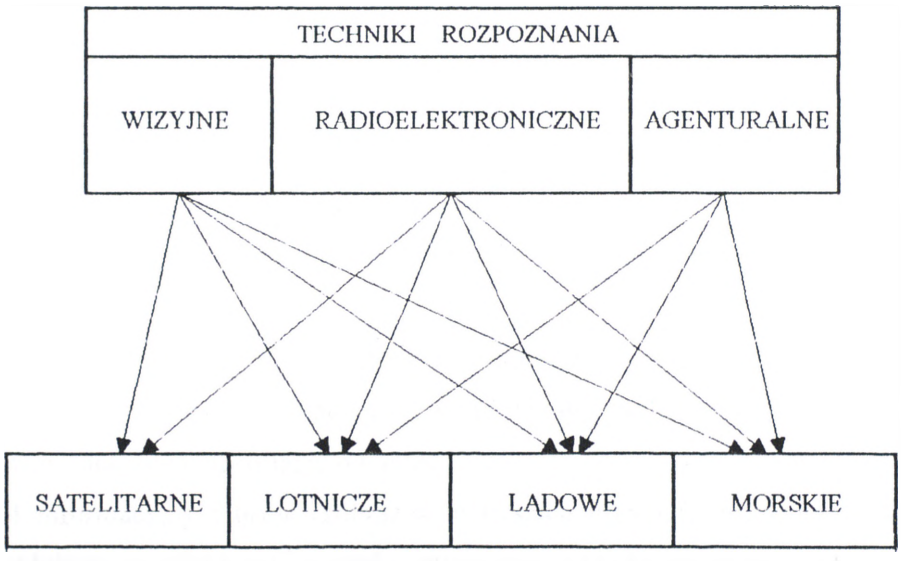
---

[36] Rozpoznanie wizyjne - nazwą tą zwykło się określać rodzaj rozpoznania, gdzie wykorzystuje się oprócz tradycyjnej techniki fotografowania, techniki obrazowego rozpoznawania terenu. James W. Rawles: Modernizacja rozpoznania wojskowego w armii amerykańskiej. WPZ 4(186) 1989.

3.1.1. Możliwości wizyjnego rozpoznania stanowiska dowodzenia.

Wśród wyróżnionych technik rozpoznania jedną z wiodących jest rozpoznanie wizyjne traktowane jest jako najważniejsza dziedzina rozpoznania zarówno strategicznego jak i taktyczno - operacyjnego. Rozpoznanie to obejmuje techniki fotograficznego jak i niefotograficznego zbierania informacji o terenie - te ostatnie bazują na teledetekcji jak i radiolokacji obrazowej.

Rozpoznanie wizyjne realizowane jest za pomocą środków satelitarnych, lotniczych, lądowych i morskich.



Rys.3.1. Techniki i środki rozpoznania.

Rozpoznanie wizyjne realizowane przez systemy satelitarne jest jednym z najważniejszych sposobów rozpoznania strategicznego. Prowadzone jest ono zarówno w czasie pokoju, gdyż ten sposób rozpoznania nie narusza prawa międzynarodowego, jak i w czasie wojny.

Najdłużej, bo od początku lat 60-tych, zajmują się nim Stany Zjednoczone i Związek Radziecki (obecnie Rosja). W 1986r. dołączyła Francja, a sporadycznie z tej formy zdobywania informacji korzystają Chiny, Kanada i Japonia.

Rozpoznanie to prowadzone jest przez satelity rozpoznawcze różnego przeznaczenia i realizujące różne programy badawcze (załącznik 3.1 tabela 1).

Ze względu na sposób wykonywania zadań wyróżnia się satelity rozpoznania fotograficznego, obrazowego i radioelektronicznego, ze względu na zakres rozpoznania dzielą się one na satelity wstępnego oraz szczegółowego rozpoznania.

Obecnie satelity są jednocześnie nośnikami aparatury zarówno rozpoznania fotograficznego, obrazowego i radioelektronicznego. W zależności od programu badawczego (zadań) występuje kombinacja wyżej wymienionej aparatury. Cel programu badawczego określa najczęściej typ satelity.

Satelity rozpoznania fotograficznego posiadają obecnie możliwość wykonywania zdjęć jednocześnie w kilku pasmach widma elektromagnetycznego (fotografia wielospektralna). Technika ta polega na jednoczesnym fotografowaniu rozpoznawanego rejonu zestawem sprzężonych kamer, z których każda rejestruje inną długość fali promieniowania elektromagnetycznego. Na podstawie tak otrzymanych zdjęć można uzyskać szczegółowe informacje o ugrupowania wojsk, bazach morskich i lądowych, stanowiskach dowodzenia, magazynach, składach oraz ukształtowaniu terenu (wysokości drzew, roślin, głębokości zbiorników wodnych czy też nawierzchni dróg).

Satelity rozpoznania obrazowego stosują metody niefotograficznego zbierania informacji o terenie, wykorzystując techniki i urządzenia: holografii mikrofalowej, skanerów szerokopasmowych, spektrometrów absorbcyjnych, ultrafioletowych, podczerwieni, radarów obrazowych i inne.

Materiały fotograficzne i obrazowe otrzymane za pomocą satelitów rozpoznawczych mają obecnie największe zastosowanie w badaniach wojskowo-geograficznych. Zawierają one najpełniejszą i w miarę dokładną informację o terenie.

Potencjał informacyjny zdjęcia (zobrazowania) satelitarnego (lotniczego) zależy przede wszystkim od zdolności rozdzielczej [37] nośnika informacji, na którą natomiast ma wpływ rodzaj i typ aparatury obrazowej.

Współczesne zdjęcia fotograficzne mają na ogół zdolność rozdzielczą rzędu kilkudziesięciu linii na milimetr. Duże możliwości wyboru aparatury fotograficznej, szczególnie ogniskowej kamer oraz manewr wysokością sprawiają, że rozdzielczość zdjęć może być dowolnie wysoka i na ogół zgodna z potrzebami.

W tych samych warunkach rozdzielczość aparatury obrazowej (termalnej, radiolokacyjnej) jest kilka razy gorsza w porównaniu z fotografowaniem w paśmie fal widzialnym. Zaletą jednak aparatury obrazowej jest możliwość otrzymania informacji w gorszych warunkach optycznych (np. przy zamgleniu, zachmurzeniu, w nocy).

W tabeli 3.1 przedstawiono możliwości pozyskiwania informacji operacyjnego przygotowania terenu za pomocą aparatury fotograficznej, obrazowej i innej. Z wyników przedstawionych w tabeli wynika, że wśród nowoczesnych sposobów zobrazowania terenu metody

[37] Rozdzielczość - równolegle z tym terminem używa się terminu rozróżnialność, który wyraża, jakie najmniejsze obiekty w terenie będzie można odczytać ze zdjęcia.

fotograficzne są w dalszym ciągu najbardziej uniwersalne i charakteryzują się największą skutecznością.

Tabela 3.1

Możliwości zastosowania aparatury fotograficznej i obrazowej w badaniach wojskowych.

	Zakłady przemysłowe	Zalesienie	Bazy lądowe, lotnicze	Bazy morskie	Sieć kolejowa	Stanowiska dowodzenia	Magazyny, składy	Mosty, przeprawy
Kamera pomiarowa z filmem: - panchromatycznym	****	****	****	****	****	****	****	****
Kamera panoramiczna	****	****	****	****	****	***	***	**
Kamera wielospektralna	****	****	****	****	****	***	****	***
Skaner szerokopasmowy	****	****	****	****	***	***	***	***
Radiometry mikrofalowe Radar obrazowy	****	****	****	**** ****	***	***	***	**
Spektrometr absorbcyjny				****				

Stany Zjednoczone do rozpoznania fotograficznego i obrazowego wykorzystują cztery programy (załącznik 3.1) :

1. Program *Big Bird*, zwany również LASP (Low Altitude Space Program) posiada dwa rodzaje kamer:

- kamerę o ogniskowej 61 cm - rozdzielczość otrzymywanych zdjęć wynosi 1m. Zdjęcia są przetwarzane za pomocą aparatury fototelewizyjnej do postaci cyfrowej i przesyłane drogą radiową do ośrodka naziemnego;

- kamerę o ogniskowej 244 cm - rozdzielczość otrzymywanych zdjęć w terenie wynosi 30 - 50 cm (stosuje się błony fotograficzne o rozdzielczości 400 linii /mm). Naświetlone filmy są zrzucane z pokładu satelity i przechwytywane na morzu w rejonie Hawajów.

Satelita *Big Bird* jest wyposażony w skaner podczerwieni z liniowym wybieraniem obrazu, który umożliwia zbieranie informacji o powierzchni Ziemi w porze nocnej. Rozdzielczość tych obrazów jest jednak kilkakrotnie mniejsza niż aparatury fotograficznej.

2. Satelity *Key Hole - 9* są kontynuacją programu satelitarnego Samson. Mają kamery wielospektralne dające obraz o rozdzielczości rzędu 15 cm . Naświetlone materiały fotograficzne są dostarczane na Ziemię w zasobnikach zrzucanych z pokładu i również przechwytywanych w rejonie Hawajów. Satelity te wykonują głównie zadania strategicznego rozpoznania szczegółowego.

3. Satelity *KH-11* dokonują rozpoznania obrazowego za pomocą aparatury wyposażonej w czujniki elektrooptyczne. Obrazy rejestrowane w postaci impulsów elektrycznych są przesyłane drogą radiową do ośrodka naziemnego w czasie prawie rzeczywistym. Rozdzielczość obrazów

wynosi 1,5 - 3,0 m. Nową generacją tego typu satelity jest KH -12, dysponujący doskonalszymi czytnikami optycznymi. Większa ilość paliwa, w porównaniu z KH - 11, pozwala wykonać manewr zmiany orbity w celu dokładnej obserwacji określonych stref. Ponadto ma on możliwość przekazywania obrazów bezpośrednio do sił lądowych i na jednostki pływające.

4. Satelity *Landsat* są obiektami cywilnymi, prowadzą rozpoznanie obrazowe Ziemi za pomocą:

- aparatury telewizyjnej o rozdzielczości 80 m, pracującej w trzech pasmach (satelita Landsat -3 posiada aparaturę o rozdzielczości 40 m);

- aparatury wielospektralnej MSS (Multi Spektra Scaner) pracującej w czterech pasmach widma i dający obraz o rozdzielczości 70 m, który jest przesyłany na Ziemię kanałami radiotelemetrycznymi.

W kolejnych wariantach satelitów Landsat zwiększono liczbę kanałów skanera MSS, a w satelitach o nr 4, 5 aparaturę telewizyjną zastąpiono urządzeniami TM (Thematic Mapper) posiadającymi teleskop o ogniskowej 2,4 m, który umożliwia otrzymywanie obrazów o rozdzielczości rzędu 25 - 30 m.

W przypadku zagrożenia przewiduje się przeniesienie satelitów Landsat na niskie orbity, aby mogły spełniać rolę wojskowych obiektów rozpoznawczych.

Rosyjskie programy rozpoznawcze są realizowane przez niektóre z satelitów serii *Kosmos* i *Metor* oraz przez laboratoria satelitarne *Sojuz-Salut.*

Satelity te wyposażone są w następującą aparaturę :

- kamerę wielospektralną MKF - 6 pracującą w sześciu pasmach widma, obiektywy kamery mają ogniskową 125 mm - rozdzielczość obrazu wynosi 15 - 40 m;

- kamerę fotograficzną KATE - 140 o ogniskowej 1 m - rozdzielczość obrazu jest rzędu 5 - 10 m;

- kamerę o ogniskowej 10 m (według źródeł amerykańskich[38]) - rozdzielczość rzędu 30 cm.

Zadania podobne do tych jakie wykonują satelity *Landsat* realizują satelity *Meteor* (Rosja).

Prawie każdy satelita *Meteor* z serii eksperymentalnej ma inny zestaw aparatury dodatkowej. Na przykład satelita Meteor - 30 oprócz standardowego wyposażenia posiadał dodatkową aparaturę :

- skaner wielospektralny MSU-E o rozdzielczości rzędu 60 m, pracujący w trzech pasmach widma;

---

[38] Płk dr hab. inż. St. Wójcik : Zobrazowania lotnicze i satelitarne w badaniach wojskowo - geograficznych przyszłych teatrów działań.

- skaner wielospektralny MSU - SE o rozdzielczości 170 m, pracujący w trzech pasmach widma;

- skaner wielospektralny FRAGMENT o rozdzielczości 80 m, pracujący w ośmiu pasmach widma, informacje z tego skanera przesyłane są na Ziemię w postaci cyfrowej.

W 1986r. Francja umieściła na orbicie satelitę SPOT (Satellite Probaterie d'Observation de la Terre). Jest on wyposażony w literaturę obrazową HRV (Haute Resolution Visible), dzięki której można otrzymać obrazy o rozdzielczości 20 m w wariancie wielospektralnym i 10 m w wariancie panchromatycznym. Obraz zapisany elektronicznie jest przesyłany do ośrodka naziemnego w czasie prawie rzeczywistym.

Satelita ten realizuje zadania podobne do programów Landsat czy Meteor - przewiduje się skonstruowanie wojskowego wariantu tego satelity.

Oprócz sztucznych satelitów informację fotograficzna i obrazową o powierzchni Ziemi pozyskuje się z pomocą *promów kosmicznych*. W czasie lotów amerykańskich promów kosmicznych serii *Shuttle* wielokrotnie wykorzystywano radar z anteną syntetyczną SIR (Shuttle Imaging Radar). Za pomocą udoskonalonej wersji tej aparatury (SIR-8) uzyskano z wysokości 250 km obrazy radarowe o rozdzielczości 38 m.

Na pokładzie promu montowano również szerokoformatową kamerę fotograficzną LFC (Large Format Camera) do fotografowania pomiarowego. Zdjęcia robione z wysokości 268 km miały rozdzielczość 18 m.

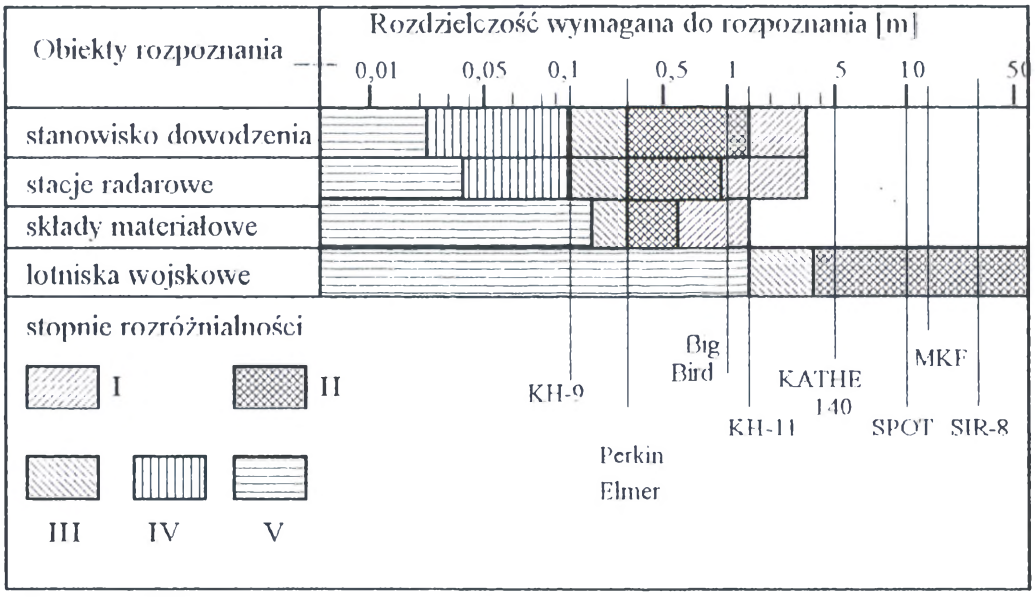
O możliwościach współczesnego rozpoznania satelitarnego w działaniach bojowych świadczył fakt wykorzystania około 60 zachodnich satelitów wojskowych jak i cywilnych w konflikcie w Zatoce Perskiej.

Wykorzystując metodę dr.hab.inż. Stanisława Wójcika [140] odczytywania obiektów z obrazów dostarczonych przez satelity, uwzględniając omówione możliwości rozpoznania wizyjnego systemów satelitarnych, a także cechy demaskujące stanowiska dowodzenia, można określić możliwości systemów satelitarnych w rozpoznawaniu stanowisk dowodzenia szczebla taktycznego.

W metodzie tej zastosowano pięciostopniową skalę oceny zakładając, że stopień rozdzielczości obiektu (SR) będzie wynikał z rozdzielczości obrazu (r) :

- stopień pierwszy - możliwość wykrycia obiektu : $r < SR < 2r$;
- stopień drugi - możliwość rozpoznania ogólnego obiektu : $2r < SR < 3r$;
- stopień trzeci - możliwość szczegółowej identyfikacji obiektu : $4r < SR < 8r$;
- stopień czwarty - możliwość szczegółowego opisu obiektu : $15r < SR < 30r$;
- stopień piąty - możliwość bardzo szczegółowego opisu i analizy obiektu : $SR > 30r$.

Stanowisko dowodzenia jest traktowane jako obiekt powierzchniowy i do dalszej analizy przyjęto kwadraty podanych wartości SR i r.



Rys.3.2. Nomogram do oceny możliwości rozróżniania obiektów z obrazu satelitarnego rozpoznania wizyjnego.

Z przeprowadzonych analiz wynika fakt, iż do wykrycia stanowiska dowodzenia wystarczy rozdzielczość rzędu 2 - 3 m, natomiast ich ocena szczegółowa jest możliwa przy rozdzielczości 0,03 - 0,2 m. Wymienione zasady opracowane w formie nomogramu przedstawia rys. 3.2.

Na rysunku tym rozpoznawane obiekty zgromadzono po lewej stronie nomogramu po prawej natomiast podano jaka rozdzielczość jest potrzebna do rozpoznania obiektu według opisanych cech szczegółowości. Na tak przygotowanym nomogramie zaznaczono linie pionowe, które charakteryzują rozdzielczość aparatury obrazowej różnych satelitów.

Reasumując można stwierdzić, że stanowisko dowodzenia OP może być wykrywane przez satelity KH- 9, Big Bird, KH -11, natomiast szczegółową identyfikację tego stanowiska zapewnia tylko satelita KH-9 i Big Bird. Przypuszczalnie podobne możliwości mają satelity państw WNP, lecz ze względu na ograniczoną dostępność do materiałów źródłowych nie można z nazwy ich tu wymienić.

Rozpoznanie wizyjne realizowane za pomocą środków lotniczych podobnie jak w wizyjnym rozpoznaniu satelitarnym, pod względem dokładności, zakresu jak i jakości informacji zawartej na zdjęciach i obrazach ma przewagę nad innymi sposobami rozpoznania z wykorzystaniem tych środków.

Najprostszą formą rozpoznania wizyjnego jest *rozpoznanie wzrokowe*. Zależy ono w dużej mierze od osobistych walorów pilota, nawigatora, a także od warunków atmosferycznych i

stopnia przeciwdziałania przeciwnika. Prowadzi się je w celu rozpoznania rejonu, obiektu, korygowania (oceny) ognia.

Rozpoznanie wzrokowe elementów systemu obrony powietrznej przeciwnika prowadzi się najczęściej w przedziale wysokości 300 - 2400 m [39]. Poniżej dolnego przedziału tej wysokości obserwacja wzrokowa jest mocno ograniczona, ponieważ uwagę pilota, nawigatora pochłania w dużej mierze nawigacja samolotu. Powyżej tego przedziału zdolność rozpoznania pozycji stanowiska dowodzenia, elementów pododdziału radiotechnicznego jest utrudniona. Znacznie większe możliwości w tym zakresie przedstawia rozpoznanie z wykorzystaniem środków technicznych np. aparatów fotograficznych czy kamer.

W rozpoznaniu wizyjnym kamery tradycyjne i z teleobiektywami (szerokość filmu 35 mm) stanowią wyposażenie załóg wielu samolotów taktycznych; zalicza się do nich samoloty P-3 Orion, OV-10 Branco ze składu sił morskich USA. Automatyczne lotnicze aparaty fotograficzne zainstalowane są natomiast na stałe w samolotach np .OV-1, TR-1. Większość zainstalowanych na stałe aparatów fotograficznych umożliwia fotografowanie tradycyjne oraz wykonywanie zdjęć w podczerwieni. Od co najmniej dwóch dziesięcioleci podstawowym nosicielem lotniczych aparatów fotograficznych w amerykańskich siłach powietrznych jest samolot typu RF-4, w różnych wersjach.

Samoloty RF-4 są wyposażone w zestawy aparatów fotograficznych do zdjęć pionowych, skośnych (KS-87B) i panoramicznych (KA - 56E) oraz w radiolokatory obserwacji bocznej SLAR i aparaturę termowizyjną z linowym wybieraniem obrazu do obserwacji pionowej (AN/AAD-5). Aparatura fotograficzna umożliwia wykonywanie zdjęć lotniczych w przedziale wysokości 150-300 m z prędkością 6 klatek na sekundę.

Samoloty RF-4 w funkcjach rozpoznawczych są stopniowo zastępowane przez zasobniki taktycznego rozpoznania powietrznego TARPS i inną aparaturę rozpoznawczą instalowaną w zasobnikach.

Zasobnik TARPS zawiera zestaw lotniczych aparatów fotograficznych i został zaprojektowany z przeznaczeniem dla samolotu F-14 Tomcat.

W siłach powietrznych państw zachodnich i WNP, w ostatnim okresie, zastępuje się aparaty fotograficzne z filmowym nośnikiem informacji aparatami elektrooptycznymi rejestrującymi obraz w formie cyfrowej na nośniku magnetycznym. Dane obrazowe zarejestrowane w formie cyfrowej są bezpośrednio przesyłane do naziemnego centrum odbiorczego kanałem radiowym szybkiej transmisji danych. Dane te są transmitowane w czasie lotu samolotu, natomiast po jego wylądowaniu nośnik magnetyczny przekazywany jest do skomputeryzowanych systemów obróbki dokładnej.

---

[39] Baran R.: Czy chciałbym rozpoznać. PWL i WOPK, nr 5/86.

W warunkach ograniczeń czasowych rozpoznania taktycznego, determinowanych dynamiką współczesnego pola walki, rozwiązanie cyklu rozpoznawczego wyżej przedstawionego jest znacznie korzystniejsze w porównaniu z tradycyjnymi metodami rozpoznania (za pomocą aparatów fotograficznych) umożliwiającymi dostęp do obrazu dopiero po wylądowaniu samolotu i obróbce chemicznej filmu.

Jednym z systemów, który realizuje cyfrową technikę obrazowego rozpoznania jest system ATARS (produkcji USA). Aparatura tego systemu posiada trzy urządzenia rozpoznawcze, tzn. elektrooptyczną kamerę rozpoznania pola walki podczas lotu na małej wysokości, elektrooptyczną ze średniej wysokości oraz skaner termiczny do rozpoznania w zakresie promieniowania podczerwonego.

Początkowo aparatura ta stanowiła wyposażenie samolotów rozpoznawczych RF- 4C, obecnie jest produkowana jako aparatura zasobnikowa mocowa na samolotach F-16. Zasobnik mocowany jest pod kadłubem, bez możliwości zrzucania go. Informacje uzyskiwane przez tę aparaturę można gromadzić i wyświetlać na pokładzie samolotu, a następnie poprzez łącza transmisji danych przekazać do stacji analizy danych. Aparatura może być sterowana ręcznie bądź automatycznie, umożliwia ponadto współpracę z stelitarnym systemem nawigacyjnym i układem nawigacji bezwładnościowym samolotu.

W dziedzinie rozpoznania wizyjnego ważną rolę odgrywają systemy telewizyjne. Klasycznym przykładem tego rodzaju systemu jest aparatura telewizyjna samolotu F-14 typu TCS, którego wyspecjalizowana kamera telewizyjna umożliwia załodze wzrokową identyfikację celów z dużych wysokości. W ostatnim czasie producent sytemu TCS unowocześnił system wyposażając go w blok detekcji promieniowania podczerwonego o długości fali 3-5 mikronów, umożliwiający prowadzenie obserwacji elektrooptycznej w nocy.

Rozpoznanie wizyjne obejmuje także uzyskiwanie informacji za pomocą aparatury termowizyjnej i radiolokatorów formujących obraz śledzonego obszaru.

Amerykańskie siły lądowe do tego celu używają samoloty OV-1D Mohawk wyposażone w radiolokacyjne zestaw obserwacji bocznej SLAR, a siły powietrzne - radiolokatory z syntezą aperturową SAR, zainstalowaną na samolotach TR-1 i RF-4C.

Zestawy te posiadają:

- zasięg wynoszący 90 km w bok od trasy lotu,
- mały czas przekazania obrazu sytuacji w terenie (od momentu dokonania obserwacji do momentu uzyskania filmu w urządzeniu naziemnym wynosi 3 minuty);
- dużą rozdzielczość otrzymanego obrazu.

Obecnie wdrażany jest system JSTARS - powietrzny radiolokacyjny system rozpoznania celów naziemnych i kierowania uzbrojeniem. Umożliwia wykrywanie klasyfikację i śledzenie

ruchomych i stacjonarnych obiektów z dokładnością umożliwiającą zniszczenie ich za pomocą uderzeń rakietowych, artyleryjskich lub lotniczych.

W czasie wojny w Zatoce Perskiej system ten dostarczał radiolokacyjnych zobrazowań terenu zajętego przez przeciwnika, o rozdzielczości niemożliwej do uzyskania przy stosowaniu zwykłych radiolokatorów obserwacji bocznej (SLAR). Obrazy te porównywalne są z rozdzielczością zdjęć fotograficznych. Zasięg stacji radiolokacyjnej (APY-3) systemu JSTARS, umożliwiający takie zobrazowanie, wynosi 250 - 300 km. Strefa rozpoznania systemu z wysokości 10 - 12 km wynosi 300 - 400 km.

Biorąc pod uwagę możliwości techniczne aparatury systemu (zał. 3.2), może stwierdzić że odegra on poważną rolę w przyszłych działaniach wojennych w zakresie rozpoznawania elementów obrony powietrznej - choć z podstawowych zadań jakie ma raelizować ten system wprost to nie wynika.

W rozpoznaniu wizyjnym szczebla taktycznego szeroko znalazły zastosowanie detektory pracujące w paśmie podczerwieni oraz fotografia w tym paśmie.
Urządzenia te pod względem technicznym działają inaczej niż kamery fotograficzne jednak dają wynik obrazu zbliżony do uzyskiwanego fotograficznie.

Podstawowym urządzeniem sił lądowych do rozpoznania w zakresie podczerwieni obiektów w zakresie temperatur od około 2700^{0}C do -57^{0}C jest urządzenie samolotowe AN/UAS-4a. Urządzenie to daje prawie natychmiastową możliwość przedstawienia uzyskiwanego obrazu pilotowi w samolocie oraz operatorowi stacji naziemnej.
Urządzenia rozpoznawcze pracujące w paśmie podczerwieni zostały opracowane także dla sił powietrznych i morskich np. F-16, S-3, RF-4C.

Bezpilotowe środki rozpoznawcze (zał.3.3) znajdują szerokie zastosowanie w dziedzinie rozpoznania wizyjnego. Samoloty bezpilotowe mogą wykonywać loty na wysokościach od 60 m - 15000 m i utrzymywać się ponad 9 godzin w powietrzu (R- 4E-40), rozpoznawać teren wielkości o powierzchni około 200 km^2 (AN/USD 501) w trakcie jednego wylotu. Kamera telewizyjna na samolocie bezpilotowym R-4E-40 SKYEYE umożliwia wykrycie czołgu z odległości 7 km. Oprócz aparatury rozpoznania wizyjnego środki bezpilotowe mogą zawierać aparaturę łączności, stację zakłóceń aktywnych, rakiety przeciwradiolokacyjne, lub klasy powietrze - ziemia, a także bomby.

Samoloty bezpilotowe wyposażone w kombinowane czujniki: akustyczne radiolokacyjne, elektroniczno - optyczne, mogą być wykorzystane z powodzeniem do rozpoznania elementów obrony powietrznej i do jej dezorganizacji. Potwierdzone to zostało w działaniach wojennych na Bliskim Wschodzie i w Zatoce Perskiej [40].

---

[40] Bieżące biuletyny i komunikaty rozpoznawcze.

3.1.2 Możliwości rozpoznania radioelektronicznego stanowiska dowodzenia.

System rozpoznania radioelektronicznego państw NATO i WNP składa się z podsystemów: poszukiwania, radionamierzania, przechwytu radiowego, analizy technicznej i opracowania danych z rozpoznania.

Jednym z głównych zadań sił i środków rozpoznania radioelektronicznego jest dokładne określenie ugrupowania bojowego systemu OP, a także przechwycenie, śledzenie i analiza sygnałów we wszystkich aktualnie wykorzystywanych zakresach częstotliwości.

Środki rozpoznania zdolne są dokonać dyslokacji wszystkich rodzajów urządzeń radioelektronicznych promieniujących energię elektromagnetyczną, śledzić ich pracę określić ich parametry techniczne, częstotliwości robocze, rodzaje emisji, modulacji, manipulacje, moc promieniowania. Elementy ugrupowania sił i środków rozpoznania radioelektronicznego wyposażone są w aparaturę rozpoznania radiowego (różnych podzakresów) oraz urządzenia rozpoznania systemów radiolokacyjnych.

Zasięg rozpoznania radioelektronicznego jest różny dla różnych zakresów częstotliwości. Głównie jest on uwarunkowany właściwościami propagacji fal elektromagnetycznych oraz właściwościami namierzania (lokalizacji źródeł promieniowania).

Dla przykładu w zakresie fal :

- krótkich na fali przyziemnej zasięg wynosi 50 - 120 km, na fali odbitej 2000 km;
- UKF od 100 - 440 MHz zasięg wynosi odpowiednio 80 - 200 km;
- urządzenia rozpoznania systemów i stacji radiolokacyjnych mają zasięg 300 - 400 km w odniesieniu do celów naziemnych i 350 - 550 km w odniesieniu do celów powietrznych.

Szczegółowe dane dotyczące urządzeń rozpoznawczych podaje załącznik 3.4.

Analizując parametry taktyczno - techniczne urządzeń rozpoznania radioelektroniczego państw NATO i WNP celowym wydaje się je scharakteryzować, ze względu na możliwości rozpoznania przez nie elementów OP.

Do rozpoznania radioelektronicznego, podobnie jak w rozpoznaniu wizyjnym wykorzystuje się środki satelitarne, lotnicze, lądowe i morskie (rys. 3.1).

Rozpoznanie radioelektroniczne z wykorzystaniem środków satelitarnych stwarza nieograniczone możliwości rozpoznania obiektów z dużą dokładnością ich dyslokacji, praktycznie w każdych warunkach atmosferycznych (zał. 3.1 tab.1 i tab. 2).

Wyposażenie satelity w urządzenia transmisji danych rozpoznawczych do centrów odbioru naziemnego umożliwia uzyskiwanie podstawowych charakterystyk obiektów rozpoznania w czasie rzeczywistym.

Satelity rozpoznania radioelektronicznego mają możliwości przechwytywania sygnałów urządzeń radiowych i radiolokacyjnych, określania zmiany częstotliwości ich nadawania, ustalania szerokości wiązki i jej polaryzacji. Uzyskane informacje przetwarzane zostają selektywnie według określonych kryteriów, a następnie transmitowane są na Ziemię tylko te najbardziej znaczące.

Współczesne satelity rozpoznania radioelektronicznego mają zdolność przemieszczania się na orbicie np.: satelity MAGNUM i VORTEX, co zwiększa elastyczność ich wykorzystania i pozwala zmieniać obszar obserwacji.

Podobnie jak w rozpoznaniu wizyjnym satelity te dzielą się na satelity rozpoznania wstępnego i dokładnego. Dokładność określania dyslokacji urządzenia emitującego energię elektromagnetyczną dla satelity rozpoznania wstępnego FERRET " P " wynosi 35 - 50 km, satelity rozpoznania dokładnego FERRET " D " wynosi 5 - 10 km. Satelity te są już wycofywane z eksploatacji (program badawczy pod tą samą nazwą rozpoczęto realizować w 1962r.).

Satelity nowej generacji RHYOLITE (Francja - 1973r.), AQUACADE i VORTEX, MAGNUM i ELINIT (lata 90), należy sądzić, iż mają dokładność dużo większą od satelit typu FERRET- lecz na ten temat brak szczegółowych danych..

Satelita ELINIT przeznaczony jest głównie do rozpoznawania stanowisk dowodzenia, węzłów łączności i innych urządzeń elektronicznych emitujących sygnały radiowe.

Na podstawie analizy literatury tematu można wnioskować, że satelity rozpoznania radioelektronicznego mogą być użyte tylko do wstępnego rozpoznania elementów OP, a przede wszystkim systemu radiolokacyjnego i łączności radiowej.

Aparatura rozpoznania radioelektronicznego środków lotniczych pozwala na uzyskiwanie danych o rozmieszczeniu i parametrach pracy urządzeń emitujących energię elektromagnetyczną na terytorium przeciwnika na głębokość odpowiadającą praktycznemu zasięgowi tych urządzeń.

Zasięg rozpoznania radioelektronicznego przy użyciu lotniczych urządzeń rozpoznawczych, w porównaniu z urządzeniami naziemnymi, jest znacznie większy. Zależy on głównie od wysokości lotu i mocy rozpoznawczych źródeł promieniowania elektromagnetycznego. Przy wysokości lotu samolotu 3000 - 5000 m zasięg wykrywania środków łączności zakresu UKF stacji radiolokacyjnych i stacji radioliniowych wynosi 100 - 300 km, natomiast przy prowadzeniu rozpoznania z wysokości 18000 - 22000 m zasięg wykrywania wzrasta do 400 - 600 km.

Dokładność określania współrzędnych naziemnych środków radioelektronicznych, wykrywanych z samolotu z odległości 50 - 100 km wynosi 3 - 4 km; z odległości 200 - 300 km około 8 - 12 km, natomiast pomiar częstotliwości tych środków odbywa się z dokładnością rzędu 0,75 - 1 MHz w czasie nie przekraczającym 20-30 s.

W skład lotniczych pokładowych urządzeń rozpoznania radioelektronicznego samolotów rozpoznawczych wchodzą odbiorniki o różnych zakresach częstotliwości, namierniki radiowe, analizator sygnałów, komputer, urządzenia rejestrujące, urządzenia transmisji danych do ośrodków naziemnych oraz pulpity sterowania.

Stosowane obecnie pokładowe urządzenia rozpoznania radioelektronicznego pozwalają na ustalenie parametrów technicznych urządzeń radiowych i radiolokacyjnych, a także nawigacyjnych, praktycznie w całym zakresie wykorzystywanych częstotliwości (załącznik 3.5).

Wyniki z rozpoznania są systematycznie analizowane i na tej podstawie przygotowuje się banki danych o sprzęcie radioelektronicznym występujących w siłach zbrojnych analizowanego kraju. Banki te zawierają bardzo dokładne dane o lokalizacji, podległości i parametrach technicznych sprzętu, włącznie z cechami charakterystycznymi dla poszczególnych egzemplarzy tych urządzeń.

W zakresie prowadzania taktycznego rozpoznania radioelektronicznego na uwagę zasługuje system TEREC państw NATO oraz ARENA państw WNP (zał. 3.6). System ten umożliwia rozpoznanie ugrupowania radioelektronicznych środków przeciwnika, oraz w czasie rzeczywistym dokładne określenie położenia znaczących źródeł emisji.

Aparatura systemu TEREC umieszczona na samolocie RF - 4C, wraz z naziemnym systemem przetwarzania informacji, umożliwia natychmiastowe wykorzystanie informacji, bez względu na położenie samolotu.

W siłach powietrznych Niemiec do prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego oraz zakłóceń są przeznaczone samoloty HBF-320, RF - 4E oraz wydzielone samoloty lotnictwa taktycznego ze specjalnym wyposażeniem. Oprócz tego mogą być wykorzystane samoloty sił morskich Br 1150 " Atlantic ".

Francuskie siły powietrzne posiadają na uzbrojeniu samoloty walki radioelektronicznej DC-8 i NORD 2501.

Siły powietrzne państw WNP dysponują samolotami rozpoznawczymi typu MIG - 21R, MIG - 25R.

Analiza sił i środków sił powietrznych rozpoznania radioelektronicznego wskazuje, iż są one w stanie: rozpoznać urządzenia radioelektroniczne systemu OP naszego kraju, dokonać pomiaru częstotliwości nośnej rozpoznanych urządzeń radiolokacyjnych i radiowych (zał. 3.5).

Rozpoznanie radioelektroniczne na korzyść sił lądowych jest prowadzone zarówno siłami i środkami sił powietrznych, w szczególności taktycznego lotnictwa rozpoznawczego na głębokość 1000 - 12000 km i więcej, jak i siłami i środkami lotnictwa sił lądowych, na głębokość w zasadzie nieprzekraczającą 150 km.

Samoloty i śmigłowce rozpoznawcze sił lądowych wykorzystuje się do prowadzenia rozpoznania pola walki, podciągających odwodów przeciwnika, stanowisk startowych wyrzutni rakietowych i stanowisk ogniowych artylerii, stanowisk dowodzenia, węzłów łączności.

Istotnym środkiem rozpoznania radioelektronicznego sił lądowych są bezpilotowe samoloty rozpoznawcze, wykorzystywane do tego samego rodzaju zadań rozpoznawczych, jakie są stawiane przed załogami samolotów i śmigłowców rozpoznawczych jednak najczęściej w złych warunkach atmosferycznych i przy silnej obronie przeciwlotniczej przeciwnika.

Naziemne rozpoznanie radioelektroniczne na korzyść sił powietrznych Stanów Zjednoczonych w Europie prowadzą ośrodki rozpoznania systemu 466 L. W składzie tego systemu w Europie prowadzą rozpoznanie trzy grupy agencji bezpieczeństwa, W tym grupy w Augsburgu (Niemcy) i Chicksands (W. Brytania), które obejmują swoim działaniem rejon Polski.
Grupy te dysponują własną siecią rozpoznania i namierzania.
W systemie rozpoznawczym 466 L wykorzystywane są także dane z satelitów i samolotów RC-135. Wyżej wymienione siły i środki obsługują pracę około 300 posterunków rozpoznania i przeciwdziałania.

W siłach powietrznych Niemiec organem odpowiedzialnym za kierowanie walką radioelektroniczną jest 70. ośrodek rozpoznania radioelektronicznego z 71. pułkiem łączności prowadzącym rozpoznanie obiektów na terenie Polski. Stacje rozpoznania radiowego i radiolokacyjnego zostały rozmieszczone w dziesięciu sektorach wzdłuż wschodnich granic Niemiec z czego pięć stacji prowadzących rozpoznanie radiolokacyjne wyposażone są w 70 -metrowe wieże betonowe. Rozpoznanie radioelektroniczne prowadzone przez siły powietrzne uzupełniają cztery dodatkowe posterunki namierzania KF. Jeden pułk może rozpoznać i namierzyć do 100 radioelektronicznych obiektów naziemnych. Zakres rozpoznawanych częstotliwości przez odbiorniki QRC-259 jest w przedziale 0,5 - 40 GHz.

W zakresie fal krótkich (do 30 MHz) system obejmuje zasięgiem nawet europejską część WNP; w zakresie fal UKF : do 100 MHz - zasięg wynosi 60 - 80 km, w zakresie fal 100 - 440 MHz - zasięg wynosi 80 - 100 km z powierzchni ziemi i 150 - 200 km z wież.

Urządzenia rozpoznania systemów i stacji radiolokacyjnych mają zasięg 300 - 400 km w odniesieniu do celów naziemnych i 350 - 500 km w odniesieniu do celów powietrznych.

Ze względu na zasięg rozpoznania radiowego przede wszystkim zakresu KF, jak również zakresu UKF celowym wydaje się scharakteryzowanie sił i środków rozpoznania poddoddziałów WRe szczebla operacyjno-taktycznego przeciwnika obejmujących swym zasięgiem rozpoznania między innymi dowodzenia OP.

Zadaniem amerykańskich oddziałów i pododdziałów rozpoznania WRe jest prowadzenie rozpoznania radiowego i sygnałów radiolokacyjnych, zakłóceń, mylenia przeciwnika oraz kontroli utajniania systemu dowodzenia wojsk własnych.

W każdym korpusie armijnym Stanów Zjednoczonych znajduje się grupa rozpoznania i WRe, w każdej dywizji - batalion rozpoznania i WRe (zał. 3.7, rys.1, tab.1). Ponadto organizowane są samodzielne pododdziały rozpoznania i walki radioelektronicznej, przeznaczone do wykonywania zadań specjalnych.

Z badań struktury organizacyjnej typu 86 [70] wynika , iż w grupie rozpoznania i WRe korpusu armijnego :

1.*) batalion rozpoznania i WRe* posiadanymi siłami i środkami może rozwinąć (zał.3.7, rys.2, tab.1):

- 24 naziemne stanowiska rozpoznania radiowego KF/UKF;
- 12 naziemnych stanowisk zakłócania radiowego KF/UKF;
- pewną liczbę wyspecjalizowanych stanowisk nasłuchu radiowego w zakresie KF i środków radioliniowych;
-3 stanowiska rozpoznania promieniowania stacji radiolokacyjnych pracujących w paśmie częstotliwości od 0,5 do 18 GHz (w perspektywie do 40 GHz);
- 10 grup nasłuchu radiowego.

Za pomocą posiadanych środków jest w stanie zabezpieczyć :

- nasłuch radiowy 48 do 96 sieci radiowych KF/UKF;
- zakłócenia radiowe 18 do 39 sieci radiowych KF/UKF;
- rozpoznanie naziemnych stacji radiolokacyjnych przeciwnika na głębokość 30-50 km;
- nasłuch sieci radioliniowych.

2.) batalion rozpoznania powietrznego i WRE (zał.3.7, rys.3) prowadzić rozpoznanie powietrzne, w tym wzrokowe, fotograficzne, w podczerwieni radiowe i sygnałów radiolokacyjnych. Posiadanymi siłami i środkami może zorganizować :

- klucz rozpoznania radiowego KF/UKF w składzie dwóch samolotów RU-21H z możliwością ciągłego prowadzenia rozpoznania radiowego;
- grupę (do 6 samolotów) rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych w paśmie od 0,5 do 18 GHz;
- grupę (do 4 samolotów OV-1D) rozpoznania w podczerwieni i fotograficznego;
- grupę (do 10 samolotów OV-1D) rozpoznania radiolokacyjnego z przesyłaniem wyników w czasie rzeczywistym i rozpoznania fotograficznego.

Posiadanymi środkami batalion może prowadzić :

- lotniczy nasłuch radiowy i namierzanie 12 do 24 radiostacji KF/UKF lub radiolinii;

- rozpoznanie z powietrza stacji radiolokacyjnych przeciwnika rozmieszczonych w stałym pasie działania korpusu armijnego na głębokość do 100-150 km;

- rozpoznanie radiolokacyjne naziemnych celów przeciwnika w pasie działania korpusu armijnego na głębokość do 100 km;

- lotnicze rozpoznanie w podczerwieni, rozpoznanie fotograficzne i wzrokowe celów naziemnych w ugrupowaniu przeciwnika.

Batalion rozpoznania i WRe dywizji sił lądowych Stanów Zjednoczonych jest przeznaczony do prowadzenia rozpoznania: radiowego, radiolokacyjnego i sygnałów radiolokacyjnych oraz zakłóceń radioelektronicznych i nasłuchu radioelektronicznego.

W skład batalionu wchodzą : kompania wykrywania radiotechnicznego, kompania rozpoznania i WRE oraz kompania obsługi.

Batalion rozpoznania i WRe może rozwinąć :

- do 9 naziemnych stanowisk (18 stanowisk odbioru) rozpoznania radiowego KF/UKF;

- klucz powietrznego rozpoznania radiowego i zakłóceń KF/UKF w składzie 2-3 śmigłowców EH-60 A (do 6 stanowisk roboczych);

- 1-2 zautomatyzowane bazy namierzania UKF z trzema namiernikami;

- 9 naziemnych stanowisk zakłócających KF/UKF;

- 3 stanowiska rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych w paśmie 0,5 do 40 GHz;

- 9 zestawów systemu " Rembas " do wykrywania ludzi i techniki bojowej.

Posiadanymi siłami i środkami dywizyjnymi batalion rozpoznania i WRE może prowadzić:

- nasłuch radiowy 26 do 52 sieci radiowych KF/UKF;

- namierzanie radiowe nadajników UKF;

- zakłócanie radiowe 24 do 72 radiostacji KF/UKF;

- rozpoznanie naziemnych stacji radiolokacyjnych przeciwnika na głębokość 30-50 km;

- rozpoznanie radiolokacyjne ruchomych celów naziemnych w pasie działania dywizji na głębokość 3-10 km.

Ponadto może nadzorować środkami technicznymi do 9 rejonów (każdy o powierzchni 20-30 km ^{2}) zarówno w ugrupowaniu własnym, jak i przeciwnika na głębokość 30 km i więcej.

Kompania rozpoznania i WRe pułku pancernego i samodzielnej brygady posiadają jednakową organizację i są przeznaczone do prowadzenia rozpoznania radiowego i zakłócania w paśmie KF/UKF oraz rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych w paśmie 0,1 do 19 GHz.

W skład kompanii wchodzi siedem plutonów: operacyjny, rozpoznania powietrznego i WRe dwa plutony rozpoznania i WRe pluton łączności i pluton obsługi.

Kompania rozpoznania i WRe rozpoznawczego pułku pancernego i samodzielnej brygady może rozwinąć :

- 2 naziemne stanowiska (4 stanowiska pracy) rozpoznania radiowego KF/UKF;

- klucz powietrznego rozpoznania radiowego i zakłóceń KF/UKF (w składzie 2 śmigłowców EH-1H);

- stanowisko rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych w paśmie 0,5 do 40 GHz.

Posiadanymi siłami i środkami kompania może prowadzić :

- nasłuch radiowy 10 do 20 radiostacji KF/UKF;

- zakłócenia radiowe 7 do 18 radiostacji KF/UKF;

- rozpoznanie sygnałów naziemnych stacji radiolokacyjnych przeciwnika na głębokość 30-50 km.

W zachodnoniemieckich siłach lądowych pododdziały rozpoznanaia i WRe występują na szczeblu centralnym, w korpusach armijnych i w dywizjach. Zadaniem tych pododdziałów jest prowadzenie rozpoznania radiowego, sygnałów radiolokacyjnych, zakłócania i mylenia przeciwnika.

Dowództwu wojsk lądowych podlega bezpośrednio 940 batalion rozpoznania i WRe oraz 945, 946 i 947 kompanie rozpoznania i WRe.

Batalion 940 rozpoznania i WRe może rozwinąć 50-150 stanowisk rozpoznania nadajników radiowych pracujących w zakresie częstotliwości 1,5-30 MHz, prowadzących nasłuch i analizę techniczną sygnałów oraz dziesięć stanowisk namierzania

Każda z trzech kompanii (945, 946 i 947) może rozwinąć 20-25 stanowisk rozpoznania radiowego zakresu 1-80 MHz i kilka stanowisk nasłuchu radiowego w paśmie do 1000 MHz.

W każdym korpusie armijnym znajduje się batalion rozpoznania i WRe (zał 3.7, tab 2). Batalion swoimi siłami i środkami może rozwinąć 8 posterunków zakłócania oraz ponad 40 posterunków rozpoznania i namierzania sieci łączności KF na głębokość ponad 300 km, UKF do 80 km, relacji radioliniowych do 60 km, powietrznych stacji radiolokacyjnych do 450 km i naziemnych stacji radiolokacyjnych do głębokości 150 km. Posiadanymi środkami batalion w ciągu godziny może namierzyć 40-60 źródeł KF i 20-30 źródeł UKF.

Na szczeblu dywizji znajduje się kompania rozpoznania i WRe. Może ona rozwinąć do 20 posterunków rozpoznania i namierzania oraz osiem posterunków zakłócania, prowadząc rozpoznanie na głębokość do 60 km i zakłócanie do 50 km (zał. 3.7, tab.3). W ciągu godziny kompania może :

- rozpoznać 20-40 relacji;

- namierzyć 30-50 źródeł promieniowania.

We francuskich siłach lądowych znajduje się tylko jeden - 44 pułk rozpoznania i WRe, który podlega dowódcy 1 Armii Polowej. Pułk stacjonuje w miejscowości Landau (Niemcy).

44 pułk rozpoznania i WRe jest przeznaczony do prowadzenia rozpoznania i zakłóceń stacji radiowych i radiolokacyjnych przeciwnika oraz maskowania radiowego.

Pułk swoimi siłami i środkami może rozwinąć :

- do 50 stanowisk rozpoznania i zakłócania sygnałów radiolokacyjnych;
- do 50 posterunków rozpoznania i namierzania radiowego

Posiadanymi środkami pułk może prowadzić :

- nasluch radiowy 50-100 sieci radiowych KF/UKF;
- rozpoznanie lub zakłócanie stacji radiolokacyjnych.

Jak wskazuje przeprowadzona analiza siły i środki jakimi dysponują oddziały i pododdziały rozpoznania radioelektronicznego państw NATO są w stanie :

- rozpoznać naziemne stacje radiolokacyjne na głębokość 30 - 50 km;
- batalion rozpoznania powietrznego - rozpoznać z powietrza stacje radiolokacyjne na głębokość do 100 - 150 km;
- rozpoznać sygnały radiowe w paśmie 0,1 - 19 GHz (perspektywicznie do 40 GHz);
- rozpoznać i namierzyć sieci łączności KF na głębokość ponad 300 km;
- rozpoznać i namierzyć sieci łączności UKF do 80 km;
- rozpoznać i namierzyć relacje radioliniowe do 60 km.

Na kierunku wschodnim najbardziej liczebną i najlepiej wyposażoną w sprzęt rozpoznania i WRe jest armia rosyjska i armia ukraińska. Armie te jak do tej pory posiadają identyczne struktury, w których występują samodzielne wyspecjalizowane siły i środki rozpoznania radioelektronicznego oraz walki radioelektronicznej, podlegające odpowiednio pionom rozpoznawczym i operacyjnym. Wymiana informacji i podział zadań pomiędzy siłami i środkami radioelektronicznego, oraz walki radioelektronicznej odbywa się w ramach współdziałania komórek i sztabów oraz jednostek wojskowych.

Wyspecjalizowane siły rozpoznania radioelektronicznego i walki radioelektronicznej WNP przedstawiono w tabeli 3.2

Tabela 3.2

Lp.	Szczebel dowodzenia	Podległość funkcyjna	Związki, oddziały i pododdz. rozpoznania i WRe
1	Front	Zarząd rozpoznawczy Zarząd operacyjny Zarząd operacyjny	brygada rozpoznania radioelektronicznego 2 pułki zakłóceń radiowych eskadra śmigłowców zakłóceń łączności
2	Armia	Oddział rozpoznawczy Oddział operacyjny Oddział operacyjny	pułk rozpoznania radioelektronicznego bat. WRe typu " N " eskadra śmigłowców zakłóceń łączności
3	Dywizja	Wydział rozpoznawczy	- kompania rozpoznania WRe - kompania WRe

Brygada rozpoznania radioelektronicznego frontu (zał. 3.8, rys.1) swoimi siłami i środkami może zorganizować 130 stanowisk rozpoznania KF i 26 UKF, 24 posterunki namierzania radiowego oraz 40 stanowisk rozpoznania systemów radiolokacyjnych.

Brygada posiada możliwości prowadzenia rozpoznania w pasie 400 - 500 km na głębokości 1000 i więcej km, w zakresie UKF do 30 km, natomiast naziemne systemy radiolokacyjne umożliwiają prowadzenie rozpoznania na głębokość do 400 km.

Brygada posiadanymi siłami i środkami w ciągu jednej godziny może: rozpoznać 390 - 420 relacji radiowych KF i 72 - 96 UKF, namierzyć : 120 - 180 relacji radiowych KF i 40 - 60 UKF, wykryć, rozpoznać i zlokalizować pracę do 40 stacji radiolokacyjnych.

Pułk zakłóceń radiowych frontu (zał.3.8, rys.2) swoimi siłami i środkami może rozwinąć 24 stacje rozpoznawczo - namierzająco - zakłócające oraz 3 - 6 stacji dywersji radiowej KF i UKF.

Eskadra śmigłowców zakłóceń łączności (zał.3.8, rys.3) ma możliwość wykrywania pracy radiolinii na głębokość do 120 km.

Pułk rozpoznania radioelektronicznego armii (zał.3.8, rys.4) swoimi siłami i środkami może zorganizować: 40 stanowisk rozpoznania radiowego KF, 7 UKF, 19 posterunków namierzania radiowego oraz 9 posterunków rozpoznania systemów radiolokacyjnych. Pułk ma możliwość prowadzenia rozpoznania w pasie o szerokości do 100 km na głębokość : rozpoznania KF i radionawigacji do 200 km, UKF do 50 km systemów radiolokacyjnych 70 km.

Posiadnymi siłami i środkami w ciągu w ciągu 1 godziny może rozpoznać 120 - 160 relacji radiowych KF i 21 - 28 UKF, namierzyć 80 - 120 relacji radiowych KF oraz 20 - 30 UKF. Wykryć, rozpoznać pracę i zlokalizować do 9 stacji radiolokacyjnych.

Kompania rozpoznania radioelektronicznego dywizji jest w stanie zorganizować :

- 4 stanowiska rozpoznania radiowego KF, 2 UKF, 8 posterunków namierzania KF i UKF.

Kompania może prowadzić rozpoznanie w pasie działania dywizji na głębokość 30 - 40 km. Posiadanymi siłami i środkami w ciągu jednej godziny może rozpoznać 6 - 8 relacji radiowych KF, 24 - 32 UKF wojsk lądowych, 6 - 8 UKF wojsk lotniczych i 2 - 4 relacje radioloniowe (8 - 32 kanały) oraz namierzyć 20 - 30 relacji radiowych UKF.

Analiza sił i środków rozpoznania radioelektronicznego państw WNP wskazuje, iż są one w stanie :

- prowadzić rozpoznanie stacji radiolokacyjnych na głębokość 70 - 400 km;
- prowadzić rozpoznanie w zakresie UKF na głębokość do 50 km;
- prowadzić rozpoznanie w zakresie KF na głębokość do 200 km;
- prowadzić rozpoznanie relacji radioliniowych na głębokość do 120 km.

Jak zatem widać siły i środki rozpoznania radioelektronicznego państw WNP skutecznie mogą rozpoznać siły i środki systemu OP na wyżej wskazanych głębokościach rozpoznania.

Rozpoznanie radioelektroniczne sił morskich przeciwnika oprócz zadań rozpoznawczych dotyczących sił morskich prowadzi też systematyczne rozpoznanie elementów systemu obrony powietrznej.

Zadania rozpoznawcze sił morskich realizowane są z wykorzystaniem środków powietrznych (pilotowych i bezpilotowych), nawodnych, podwodnych jak i brzegowych punktów obserwacyjno-meldunkowych.

Główną siłą rozpoznania morskiego są lotnicze środki pilotowe jak i bezpilotowe. Ze względu na zasięg jak i sposób rozpoznania siły te znajdują się w obszarze naszego zinteresowania.

Sposoby rozpoznania jak i techniczne środki rozpoznawcze nie różnią się zbyt wiele od technik i środków rozpoznawczych sił powietrznych i lądowych.

Dla przykładu siły morskie państw NATO posiadają w rejonie morza Bałtyckiego [120]:

- samoloty rozpoznawcze P-3C Orion, RF-4B - wyposażone podobnie jak RF-4C, F-14 z zasobnikami typu TARPS;
- bezpilotowe środki rozpoznawcze *Pionier* i *Amber*
- 5 samolotów WRe;
- 4 (3) okręty rozpoznawcze dysponujące około 75 namiernikami radiowymi KF, 200 namiernikami radiowymi UKF i powyżej 100 stacjami rozpoznania radioelektronicznego.

Zasięg wymienionych środków rozpoznania i namierzania dla częstotliwości powyżej 30 MHz wynosi około 115 km, a dla zakresu 1,5 MHz do 30 MHz obejmuje terytorium całej Polski.

Jak wynika z powyższych danych siły i środki rozpoznania morskiego posiadają potencjał do identyfikacji systemu radiolokacyjnego OP, rozmieszczonych w pasie nadmorskim.

3.1.3. Możliwości agenturalnego rozpoznania stanowiska dowodzenia.

Rozpoznanie osobowe jest najstarszą dziedziną rozpoznania. Znajduje się ono obecnie w fazie przeobrażeń uwarunkowanych wysoką dynamiką postępu technicznego w optyce i elektronice. Prowadzone jest zarówno w czasie pokoju jak i wojny.

Do prowadzenia rozpoznania osobowego w czasie pokoju szeroko wykorzystuje się przedstawicieli misji dyplomatycznych oraz osoby werbowane na miejscu bądź za granicą.

Wywiady państw NATO uzyskują informację z następujących źródeł[41] : attache wojskowi -

[41] Zabezpieczenie jednostek i obiektów wojskowych przed penetracją dyplomatów, cudzoziemców i innych osób, WSW 59/81, Warszawa 1981.

30%; raporty przedstawicielstw za granicami - 25%; agentów- 25%; ze źródeł oficjalnych (radio, prasa, telewizja) - 15%; inne źródła - 5%.

Do taktycznego rozpoznania osobowego wykorzystuje się przede wszystkim wojska specjalnego przeznaczenia, w tym grupy specjalne np.: pododdziały *Ranger* Stanów Zjednoczonych, a ponadto jednostki rozpoznawcze i pododdziały dalekiego rozpoznania.

Żołnierze przeznaczeni do rozpoznania osobowego mogą być przerzucani na obszar zajmowany przez przeciwnika droga lądową, powietrzną (śmgłowcami lub samolotami) oraz drogą morską - najczęściej z pokładu okrętu podwodnego. Po osiągnięciu wyznaczonego rejonu dokonują rozpoznania, a następnie powracają do określonych baz, gdzie składają sprawozdania z wykonanych zadań.

Mimo, że większość zadań taktycznego rozpoznania osobowego jest wykonywana w warunkach szczególnego zagrożenia osób, to jednak ten rodzaj rozpoznania umożliwia zdobywanie cennych dany o przeciwniku i terenie, których nie można uzyskać innymi metodami rozpoznawczymi.

Wskutek uzyskania cennych doświadczeń w południowo - wschodniej Azji, a ostatnio także w konfliktach ograniczonych (Panama, Zatoka Perska, Haitii) rozpoznanie osobowe amerykańskich sił zbrojnych osiagnęło wysoki poziom efektywności.

Wspomniany na wstępie dynamiczny rozwój optyki i elektroniki wymusił tendencje do integrowania rozpoznania osobowego z elementami rozpoznania radioelektronicznego i wizyjnego w celu zwiększenia skuteczności wykonywania zadań.

Inną techniką, która doprowadziła do zmiany metod rozpoznania osobowego to kamery zapisujące obraz w postaci cyfrowej. Dane cyfrowe formowane przez kamery mogą być przesyłane bezpośrednio do centrum odbiorczego na własnym terytorium.

Przeciwnik poprzez rozpoznanie agenturalne, wspomagane nowoczesną techniką może określić nie tylko dyslokację elementów systemu OP, ale ich przeznaczenie, budowę, wyposażenie w sprzęt i sposób jego wykorzystania.

Stosowane obecnie nowe techniki i środki rozpoznania przez państwa NATO i WNP pozwalają, w oparciu o znajomość cech demaskujących, wykryć a następnie zidentyfikować stanowisko dowodzenia. Zasięg wykrycia stanowiska dowodzenia zależy od stosowanych technik i środków rozpoznania ale i również w dużej mierze od jego cech demaskujących, a w szczególności od promieniowania energii elektromagnetycznej, charakterystycznego rozmieszczenia na pozycji bojowej brt.

Rozpoznanie stanowiska dowodzenia umożliwi przeciwnikowi stosowanie określonych środków oddziaływania w celu wyeliminowania go z działań bojowych , o czym będzie mowa w dalszej części rozprawy.

3.2. Ocena podsystemu rażenia ogniowego przeciwnika.

Rozpoznanie stanowiska dowodzenia, jest jednym z warunków skuteczności uderzeń środków rażenia przeciwnika. Żywotność stanowiska dowodzenia uzależniona będzie między innymi od efektywności przedsięwzięć mających na celu zmniejszenie skuteczności ich rażenia. Prawdopodobieństwo zniszczenia (obezwładnienia) zależy od parametrów taktyczno-technicznych poszczególnych środków oddziaływania oraz od ilości ich użycia. Ilość użytych środków rażenia przez przeciwnika może być różna na każdym etapie walki w zależności od wagi jaką stanowisko dowodzenia reprezentuje w tym czasie.

Stanowiska dowodzenia mogą być niszczone (obezwładniane) bronią jądrową, chemiczną, przy użyciu konwencjonalnych środków rażenia. Mogą być także atakowane przez desanty powietrzne, grupy dywersyjno-rozpoznawcze.

3.2.1. Oddziaływanie czynników wybuchu jądrowego na stanowisko dowodzenia.

Stanowiska dowodzenia OP, mimo iż nie są brane pod uwagę jako obiekty bezpośrednich uderzeń jądrowych, mogą się znaleźć w strefach oddziaływania czynników rażenia tej broni przy uderzeniach na sąsiednie obiekty.

Głównymi środkami przenoszenia taktycznej broni jądrowej są: lotnictwo taktyczne, pociski rakietowe, artyleria lufowa.

Broń jądrowa rozumiana jest zarówno jako broń rozszczepialna (atomowa), jak i syntezy (neutronowa). Do rozważań nad wpływem czynników rażenia broni jądrowej skłaniają dane o przydziale ładunków jądrowych dla dywizji na pierwszy dzień operacji [42].

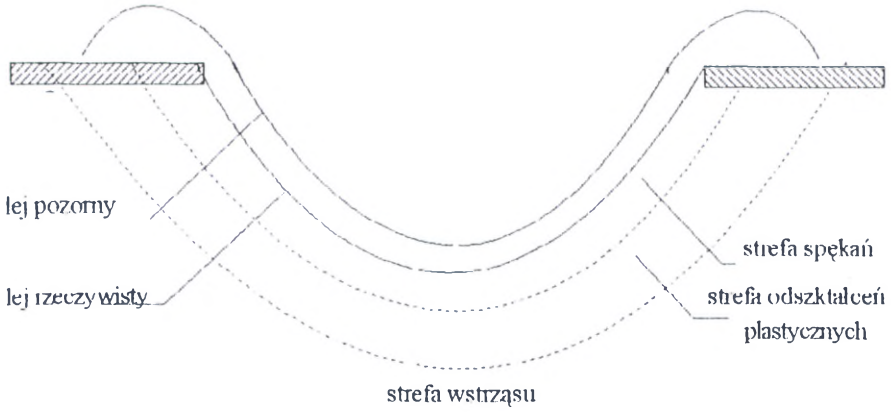
Najbardziej niebezpiecznym dla SD może być naziemny wybuch jądrowy w bliskim jego sąsiedztwie. Wysoka temperatura rzędu milionów stopni oraz olbrzymie ciśnienie rzędu miliardów MPa powodują powstanie leja powybuchowego (rys.3.3). Orientacyjne wymiary leja podano w tabeli 3.3.

Poza strefą leja widocznego (zwanego również pozornym) oraz leja rzeczywistego powstaje *strefa spękań*, dalej *strefa odkształceń plastycznych* i wreszcie *strefa wstrząsu* (rys.3.3).

Na powierzchni ziemi zostaje utworzony nasyp w postaci wieńca wokół leja. Wysokość nasypu wynosi około jednej czwartej głębokości leja, a średnica zewnętrzna nasypu jest około dwa razy większa od średnicy leja. Średnicę odkształceń plastycznych szacuje się około trzy razy większą od średnicy leja.

---

[42] Kompendium sił zbrojnych państw NATO. Warszawa 1987, s. 227: DZ/D Panc. amerykańska otrzymuje 52-64 szt. o mocy do 1 kT, 8-16 szt. o mocy 2-6 kT.



Rys.3.3. Strefy działania naziemnego wybuchu jądrowego.

Schron który znajdzie się w strefie leja zniknie bez śladu, natomiast jeżeli znajdzie się w strefie spękań lub odkształceń plastycznych, ulegnie zniszczeniu. Schron wykopowy znajdujący się w strefie nasypu, może być zniszczony i zasypany.

Tabela 3.3

Orientacyjne wymiary leja powstałego przy naziemnym wybuchu jądrowym.

Rodzaje ośrodka	Grunt rozdrobniony				Skała			
Równoważnik trotylowy [Gg]	1	10	100	100	1	10	100	1,000
Średnica [m]	36	80	170	360	30	65	135	290
Głębokość [m]	7	12	30	45-80	6	10	26	36-65

Uwaga: Rzeczywiste wymiary mogą się różnić od podanych w tabeli o 25%.

Przytoczone w tabeli 3.3 orientacyjne wymiary leja dotyczą przypadku naziemnego wybuchu jądrowego. Doświadczenia wykazały [45], że wymiary leja są znacznie większe jeżeli wybuch ładunku jądrowego następuje nie na powierzchni ziemi, a na pewnej głębokości.

Naziemne lub podziemne wybuchy ładunków jądrowych mogą być korzystne ze względu na potrzebę niszczenia ważnego obiektu. Wybuchy takie mają jednak pewne wady :

- powodują silne skażenie radioaktywne terenu oraz opad radioaktywny lokalny i globalny, który może być niekorzystny również dla atakującego;
- znacznie maleje promień rażenia falą uderzeniową i promieniowaniem cieplnym.

Głównym czynnikiem rażenia wybuch jądrowego jest *fala uderzeniowa.* Charakteryzuje się ona :

- dużym skokiem ciśnienia na czole fali, co zwiększa znacznie skutek działania nadciśnienia
- długim czasem działania nadciśnienia (wynosić ono może 0,1 do 4 sekund) w porównaniu z wybuchem ładunku trotylu;

- nadciśnieniem bardzo wysokim w pobliżu centrum wybuchu (rzędu dziesiątków tysięcy MPa), szybko zmniejszającym się wraz z odległością.

Nadciśnienie fali uderzeniowej wybuchu jądrowego może spowodować różne skutki, zależne od wartości nadciśnienia. Orientacyjne wartości nadciśnienia, wywołujące uszkodzenia w budowli podano za M. Rogalskim [118] w załączniku 3.9.

Podane w tabeli wartości nadciśnień są pozornie niewielkie, po przeliczeniu jednak na wielkości stosowane w budownictwie okazują się jednak znacznymi np.0,1 at odpowiada wartości około 1000 kG/m^2, pomijając wzrost efektu wynikającego z dynamicznego charakteru obciążenia.

Fala uderzeniowa działając na schron stanowiska dowodzenia może spowodować:

- zniszczenie budowli;
- odkształcenie plastyczne elementów konstrukcyjnych;
- odkształcenia sprężyste elementów konstrukcyjnych i drgania sprężyste;
- przemieszczenie schronu w stosunku do gruntu;
- wstrząs schronu.

Przypadek pierwszy może wystąpić, jeżeli na schron działała fala uderzeniowa o nadciśnieniu znacznie większym od założonego przez projektanta budowli.

Odkształcenia plastyczne (trwałe) mogą nie być niebezpieczne, o ile nie przekroczą pewnej wartości granicznej charakterystycznej dla danego typu budowli określonej w założeniach technicznych.

Przemieszczenie schronu w stosunku do otaczającego terenu pod wpływem fali uderzeniowej związane jest ze zjawiskiem wstrząsu schronu. W ogólnym przypadku przemieszczenie to może mieć trzy składowe wzajemnie prostopadłe: jedną pionową i dwie poziome. Takie przemieszczenie schronu stwarza niebiezpieczeństwo naruszenia jego hermetyzacji, uszkodzenia rur wodociągowych i kanalizacyjnych, kabli energetycznych i łączności. Dla stanu osobowego schronu wstrząs może być przyczyną urazów fizycznych.

Działanie *promieniowania cieplnego* na stanowisko dowodzenia, polega na oddziaływaniu na stan osobowy i środki trwałe: promieniowania widzialnego, ultrafioletowego i podczerwonego. Zjawisko absorbcji promieniowania cieplnego prowadzi do różnych oparzeń ludzi, topnienia, zwęglenia i zapalenia się materiałów trwałych. Wskaźnikiem określającym rażące działanie promieniowania cieplnego jest impuls cieplny mierzony w cal/m^2. Wartość impulsu cieplnego zależy od energii wybuchu, odległości od jego epicentrum, a także stanu atmosfery.

Promieniowanie cieplne może przynieść znaczne straty w ludziach i sprzęcie znajdujących się poza budowlą ochronną stanowiska dowodzenia, nie stanowi natomiast bezpośredniego niebezpieczeństwa dla konstrukcji schronu. Zagrożone mogą być w tym wypadku te elementy jego konstrukcji, które nie są dostatecznie osłonięte np.: przepusty kablowe, drzwi ochronne, zawory

itp. - nadtopione mogą naruszyć hermetyczność pomieszczeń, powodować zwarcia urządzeń elektrycznych i elektronicznych.

Promieniowanie cieplne może wywołać pożary lasów, budynków na dużych przestrzeniach trwających kilka do kilkunastu godzin. W związku z tym wymagane są odpowiednie zabezpieczenia wnętrza schronu przed przenikaniem :

- gorącego powietrza;
- ciepła przez elementy konstrukcyjne;
- produktów spalania (tlenku węgla).

Oddziaływanie *promieniowania przenikliwego na* stanowisko dowodzenia występuje w ciągu pierwszej minuty od chwili wybuchu i trwa 10 - 20 s.

W przypadku wybuchu jądrowego praktyczne znaczenie ma promieniowanie gamma i neutronowe. Pozostałe rodzaje promieniowania, a więc alfa i beta, ze względu na bardzo mały zasięg działania (w powietrzu alfa około 10 cm, beta około 20 cm) w praktyce zostają pomijane.

Energia promieni gamma zawiera się w szerokim przedziale wartości i ulega zmianie wraz z czasem. Średnia energia kwantów gamma pochodząca bezpośrednio z produktów rozszczepialnych równa się 2 MeV.

Neutrony rozchodzą się z prędkością mniejszą od prędkości światła. Czas działania wynosi 1-2 s. Neutrony wywołują sztuczną promieniotwórczość przedmiotów metalowych w gruncie lub innych materiałów. W strefie bezpośrednio przylegającej do miejsca wybuchu powstaje w ten sposób aktywność wzbudzona zawierająca promieniowanie alfa, beta i gamma.

Rozpatrując działanie promieniowania przenikliwego na stanowisko dowodzenia, należy brać sumaryczne dawki promieni gamma i neutronów. Rażące działanie promieniowania przenikliwego charakteryzuje ilość energii pochłoniętej przez organizm - określone dawką promieniowania [43]. Organizm ludzki może jednorazowo pochłonąć do 50 rentgenów (R), lub w ciągu roku 300R. Większe dawki promieniowania mogą spowodować zaburzenia w funkcjonowaniu organizmu - do zejścia śmiertelnego włącznie.

Skutki biologiczne, wywołane jednorazowym napromieniowania całego ciała dorosłego człowieka promieniami gamma i neutronami podano w załączniku 3.9 tab.2.

Działanie promieniowania przenikliwego na elementy półprzewodnikowe zostało opisane w punkcie 3.3 nimniejszego rozdziału.

Osłonę przed promieniowaniem przenikliwym stanowić mogą różne materiały. Zdolność ochronna materiału, od promieni gamma, jest proporcjonalna do masy objętościowej materiału,

---

[43] Instrukcja o obronie wojsk przed bronią masowego rażenia. Chem. 249/75, MON, Warszawa 1976.

natomiast w stosunku do neutronów zdolność ochronna przegrody jest tym większa, im więcej materiał zawiera pierwiastków lekkich (np. polietylen, woda itp.).

Grubość warstw niektórych materiałów osłabiających 10-krotnie dawki promieni gamma oraz neutronów podano w tabeli 3.4.

Tabela 3.4

Materiał	Grubość warstwy osłabiające promieniowanie [cm]	
	gamma	neutrony
Ziemia	43	30
Beton	32	28
Drewno	100	32
Stal	10	17

Promieniowanie resztkowe jest czynnikiem, którego stopień występowania jest silnie uzależniony nie tylko od równoważnika trotylowego wybuchu lecz przede wszystkim od rodzaju wybuchu. Promieniowanie resztkowe pojawia się po upływie jednej minuty po wybuchu i ma postać opadu radioaktywnego. Substancje promieniotwórcze ulegają samorzutnemu rozpadowi, w wyniku czego natężenie promieniowania stale maleje.

Istotną rolę w skażeniu radioaktywnym odgrywają promieniowanie gama. Inne rodzaje promieniowania, jak alfa, beta i neutronowe, ze względu na niski poziom promieniowania można pominąć. Promieniowanie gama pochodzące z opadu radioaktywnego mają energię w zakresie od 0,01-2,5 MeV.

Broń jądrowa drugiej generacji obejmuje ładunki jądrowe, których działanie charakteryzuje silne występowanie jednego wybranego czynnika rażącego, przy równoczesnym znacznym zredukowaniu pozostałych czynników rażących wybuchu.

Współcześnie wiadomo o dwóch rodzajach ładunków jądrowych drugiej generacji:

- ładunkach neutronowych;
- ładunkach podmuchowych.

Ładunki jądrowe drugiej generacji mogą spowodować:

- zastąpienie w pewnym zakresie ładunków jądrowych pierwszej generacji;
- zmianę wymagań stawianych schronom;
- zmianę charakteru działań wojennych.

Broń neutronową stanowią ładunki jądrowe o równoważniku od 0,05 - 1Gg. Głównym czynnikiem rażącym tej broni jest nadzwyczaj silne promieniowanie przenikliwe, przy równocześnie słabym oddziaływaniu pozostałych rażących czynników wybuchu jądrowego (tabela 3.5).

Promieniowanie przenikliwe charakteryzuje się tym iż:

- zasadniczą część promieniowania stanowią neutrony (udział promieniowania gama jest niewielki);

- 70- 80% energii wybuchu ładunku neutronowego stanowi promieniowanie przenikliwe;

- początkowa energia neuronów jest duża i wynosi około 14 MeV.

W związku z tym, że broń neutronowa stawia schronom inne wymagania niż klasyczna broń jądrowa typu *A* to:

- konieczne są grubsze konstrukcje (lub inne) w celu osłabienia promieniowania;

- nie ma potrzeby wykonywania konstrukcji zdolnych do przenoszenia dużych obciążeń;

- niebezpieczeństwo pożarowe wywołane promieniowaniem cieplnym ograniczone jest do niewielkiego obszaru.

Tabela 3.5

Czynniki wybuchu jądrowego.

Czynniki rażenia	Część ogólnej energii wybuchu [%]	
	ładunku atomowego	ładunku neutronowego
Powietrzna fala uderzeniowa	35	8
Promieniowanie cieplne	35	8
Promieniowanie przenikliwe	5	70
Promieniotwórcze skażenie terenu	6	-
Impuls elektromagnetyczny	do 1	do 1
Cieplo obloku wybuchu	18	13

Wnioski:

Infrastruktura stanowiska dowodzenia nie zabezpiecza przed skutkami :

- naziemnego wybuchu jądrowego bezpośrednio nad schronem, bądź w strefie bezpośredniego rażenia;

- fali uderzeniowej przy nadciśnieniu powyżej 0,4 kg/cm^2 [Projekt techniczny budynku Nr 6/T SD brt - część budowlana].

Schron, w którym rozmieszczone jest SD posiada wydzieloną część hermetyczną, odpowiednią grubość ścian osłonowych (23cm żelbetu, 3cm betonu chudego,80 cm obsypki gruntowej) tym samym spełnia warunki ochrony przed pozostałymi czynnikami rażenia broni jądrowej tj :

- promieniowaniem cieplnym;

- promieniowaniem przenikliwym zarówno klasycznej broni jądrowej jak i neutronowej;

- promieniotwórczym skażeniem terenu;

- promieniotwórczym skażeniem terenu.

Bojowe środki trujące.

Bojowe środki trujące (BŚT) przeznaczone są do porażenia ludzi i zwierząt. Jak wynika z analizy literatury tematu dotyczącej wykorzystania BŚT w konfliktach zbrojnych stacjonarne stanowiska dowodzenia nigdy nie były celami bezpośredniego użycia. Mogą się jednak znaleźć w promieniu ich działania.

Rozpatrując możliwości ochrony składu osobowego stanowiska dowodzenia przed oddziaływaniem bojowych środków trujących (BŚT) wzięto pod uwagę możliwości toksykologiczne jak i czas skutecznego ich działania.

Podział BŚT pod względem toksykologicznym jak i trwałości zawarty jest w załączniku 3.10.

Stanowisko dowodzenia jako budowla ochronna powinna zapewniać ochronę zbiorową przed BŚT stanu osobowego. Realizację tego wymagania uzyskuje się przez:

- pełną osłonę pomieszczeń schronowych;
- szczelność drzwi i innych otworów prowadzących na zewnątrz;
- szczelność przedsionka gazoszczelnego;
- sprawność urządzeń filtrowentylacyjnych;
- odpowiednie usytuowanie czerpni powietrza;
- utrzymanie w schronie niewielkiego nadciśnienia (50 - 300 Pa);
- istnienie punktu zabiegów specjalnych.

Kłopot polega jednak na tym, że BŚT mogą być użyte niespodziewanie. Stanowiska dowodzenia jak na razie nie posiadają systemu (urządzeń) szybkiego wykrywania i identyfikacji BŚT. Brak możliwości dostatecznie szybkiego ostrzeżenia ludzi w schronie i uruchomienia urządzeń filtrowentylacyjnych może spowodować obezwładnienie stanu osobowego, a tym samym zmniejszenie lub utratę żywotności.

Użycie BŚT w przyszłych działaniach wojennych jest niewykluczone, choć w ostatnim okresie zwiększyło się grono państw deklarujących zniszczenie zapasów tej broni.

3.2.2. Wykorzystanie klasycznych środków walki w porażaniu ogniowym stanowiska dowodzenia.

W ciągu ostatnich lat, pomimo istnienia broni jądrowej, nastąpił znaczny rozwój klasycznych środków rażenia. Skuteczność ich działania weryfikowana w ostatnich konfliktach zbrojnych czyni je konkurencyjne w stosunku do broni jądrowej.

Arsenał sił zbrojnych państw NATO jak i WNP jest sukcesywnie zasilany nowymi generacjami konwencjonalnych środków walki zaliczanych do broni precyzyjnych. Środki te umożliwiają rażenie wybranych obiektów, z prawdopodobieństwem 0,5 - 0,9 znajdujących się w

znacznej odległości od linii styczności wojsk. Ta część uzbrojenia ze względu na swoje możliwości rażenia należy do sfery naszych zainteresowań.

Użycie nowoczesnych środków rażenia ma ograniczyć liczbę nalotów, zwiększyć celność trafień oraz spowodować zniszczenia trudne do usunięcia. Zniszczenie [44] [16] stanowiska dowodzenia, z prawdopodobieństwem p = 0,9 wymaga użycia od 4 - 6 samolotów myśliwsko- bombowych i od 20 - 30 klasycznych bomb burzących o wadze 250 - 500 kg. To samo zadanie można wykonać z wykorzystaniem tylko 6 bomb kierowanych zaliczanych do broni precyzyjnego rażenia (zał.3.11).

Jak wynika z doświadczeń współcześnie prowadzonych wojen lokalnych, szczególne duże zagrożenie dla żywotności stanowisk dowodzenia systemu OP stanowią lotnicze środki rażenia, systemy rozpoznawczo - uderzeniowe (Assult Breaker, PLSS, PRECYZJA) natomiast siły lądowe mogą użyć do tego celu artylerię polową, wieloprowadnicową wyrzutnię pocisków rakietowych (MLRS, LARS, M-91, GRAD), pododdziały lotnictwa sił lądowych oraz grupy dywersyjno - rozpoznawcze.

Najważniejszymi elementami, decydującymi o funkcjonowaniu stanowiska dowodzenia są:

- radiowe centrum nadawcze;
- radiowe centrum odbiorcze;
- środki radiolokacyjne;
- zabudowa inżynieryjna.

Panuje pogląd, że najbardziej efektywną metodą paraliżowania stanowiska dowodzenia są ataki na RCN i RCO oraz środki radiolokacyjne. Niszczenie elementów zabudowy socjalno - technicznej uznawane za mniej efektywne i wykonywane są w drugiej kolejności.

W tym kontekście, pewien niepokój budzi stan zabudowy inżynieryjnej stanowiska dowodzenia. Analiza skutków użycia bomby burzącej na schron - o konstrukcji zbliżonej do schronu stanowiska dowodzenia, pozwala stwierdzić, w oparciu o literaturę tematu [118, 120], że schrony takie będą mało efektywne w przypadku bezpośredniego trafienia bombą bądź rakietą Dane dotyczące parametrów taktyczno-technicznych bomb burzących przedstawia zał.3.12, tab.4.

Uderzenia na stanowiska dowodzenia są z reguły wykonywane grupami 2-4, 4-6 samolotów z wykorzystaniem wszystkich posiadanych na pokładzie samolotu środków rażenia. W zależności od rodzaju uzbrojenia, sposobu kierowania ogniem i zrzutu bomb, warunków meteorologicznych, a także pory dnia i roku stosowane są trzy podstawowe metody wykonywania uderzeń środkami konwencjonalnymi [16]:

- uderzenia z lotu poziomego z małej wysokości;
- uderzenia z lotu nurkowego;

---

[44] Zniszczenie - pozbawienie zdolności bojowej na czas nie krótszy niż siedem dni.

- uderzenia z lotu wznoszącego.

Metodę ataku, połączoną z najbardziej celowymi metodami dolotu, dobiera się stosownie do istniejącej sytuacji oraz charakterystyki przenoszonego uzbrojenia. W przypadku samolotów uzbrojonych w broń kierowaną stosuje się najczęściej atak z lotu poziomego, z małej wysokości, zapewnia to atakującemu największe bezpieczeństwo.

Analiza minionych konfliktów zbrojnych wskazuje na tendencje doskonalenia sposobów atakowania elementów systemu obrony powietrznej, połączoną z ciągłym zwiększaniem efektów uderzeń, aż do zniszczeń, które wyłączą je z eksploatacji oraz przyniosą minimalne straty stronie przeciwnej. Wykorzystuje się do tego celu środki o dużej celności (kierowane bomby ślizgowe bez napędu, z dodatkowym napędem rakietowym oraz kierowane pociski rakietowe np. *AGM - Maverick.*

Znajdujące się na uzbrojeniu lotnictwa państw NATO kierowane laserowo bomby ślizgowe rodziny *Paveway II*, takie jak *GBU-10, GBU-12, GBU-16, Mk13/18* (zał.3.12, tab.5) mogą być zrzucane z minimalnej wysokości 150 m, z odległości do 12 km od celu i trafiają z odchyleniem od punktu celowania nie większym niż 5m. Bomby najnowszej generacji wersji *GBU-24* mogą być zrzucane z wysokości 50 - 60 m i mają zasięg do 20 km, przy rozrzucie około 3m.

Naprowadzanie bomb kierowanych laserowo na cel polega na tym, że umieszczony z przodu bomby stosunkowo prosty układ optyczny odbiera wiązkę światła z oświetlacza laserowego odbitą od celu, a układ napędu sterów stara się doprowadzić do tego, aby oś podłużna bomby pokryła się z kierunkiem odebranej wiązki.

Do przenoszenia bomby kierowanej laserowo może być wykorzystany każdy samolot taktyczny wyposażony w zestaw celowniczy z laserowym podświetlaczem celów. Przeciętnie jeden samolot myśliwsko - bombowy może zabrać 2-4 bomby (1000 - 500 kg) i 2-6 pocisków kierowanych. Bomby kierowane laserowo mogą być wyposażone w dodatkowy silnik rakietowy pozwalający na obniżenie wysokości zrzutu do około 30 m i zwiększenie zasięgu do 40 km.

Modułowe bomby ślizgowe GBU-15 są wyposażone w zamienny telewizyjny lub termowizyjny układ kierowania i zamienną głowicę bojową (burzącą-kasetową). Mogą być zrzucane z wysokości 30 m, mają zasięg do 24 km i trafiają w cel z dokładnością 3,5 m. Wyposażenie bomby w dodatkowy silnik rakietowy (AGM-130) zwiększa jej zasięg do 40 km.

Bomba GBU-15 posiada w przedniej części kamerę, która zostaje skierowana na cel i samoczynnie utrzymuje ten kierunek, a układ wykonawczy sterów dąży do ustawienia osi podłużnej bomby w tym samym kierunku. Samoloty F-15, F-111F przystosowane do przenoszenia bomb GBU-15 mają specjalny zestaw aparatury do dwukierunkowego przekazywania danych.

Jeden z wariantów bomby GBU-15 w charakterze ładunku bojowego przenosił modyfikowaną bombę *BLU-96* [45]- zaliczaną do typu bomb paliwowo-powietrznych.

Bomby paliwowo-powietrzne zamiast ładunku wybuchowego zawierają substancję (najczęściej organiczną), która z powietrzem tworzy mieszaninę paliwowo - powietrzną będącą przestrzennym układem dwufazowym, ulegającą spalaniu detonacyjnemu z wytworzeniem fali uderzeniowej o nadciśnieniu powodującym porażenie ludzi i sprzętu oraz niszczenie obiektów. Nadciśnienie wytwarzane w centrum fali uderzeniowej osiąga wartość 30 kg/cm^2, a na jej granicach 20 kg /cm^2. W miarę wzrostu odległości od miejsca wybuchu, nadciśnienie na czole fali uderzeniowej dość szybko maleje, jednak nawet w promieniu od kilku do kilkudziesięciu metrów od centrum wybuchu osiąga wartość wystarczającą do porażenia ludzi i zniszczenia sprzętu (załącznik 3.9, tab.1.2).

Promienie rażenia ludzi i sprzętu amunicją paliwowo - powietrzną są kilkakrotnie większe od promieni rażenia tych celów pociskami i bombami odłamkowo - burzącymi oraz porównywalne (w odniesieniu do sprzętu) z promieniami rażenia ładunków jądrowych bardzo małej mocy. Użycie bomb paliwowo-powietrznych, zdaniem specjalistów należy wiązać z wykonywaniem dwóch zasadniczych grup zadań:

- rażenia siły żywej, odkrytej i rozmieszczonej w etatowych środkach walki oraz sprzętu bojowego, jak wyrzutnie rakietowe, radiostacje i stacje radiolokacyjne;
- niszczenia lub pozbawienia właściwości użytkowych obiektów stałych (przepraw, schronów, budynków).

Kolejnym środkiem umożliwiający niszczenie elementów obrony powietrznej , bez potrzeby wchodzenia nosicieli w strefę rażenia wojsk OP są manewrujące pociski rakietowe (np. *Cruise Missile* USA) zwane niekiedy rakietami skrzydlatymi o możliwościach wykonywania uderzeń jądrowych jak i konwencjonalnych. Dane taktyczno - techniczne dotyczące tych środków zawarto w załączniku 3.13.

Manewrujące pociski rakietowe znajdują się zarówno na wyposażeniu USA jak i Rosji. Wprowadzenie ich do uzbrojenia zwiększyło możliwości środków napadu powietrznego w zakresie pokonywania systemu obrony powietrznej.

Trasa lotu pocisków manewrujących postaci matrycy kodowej wprowadzana jest do pamięci systemu sterowania rakietą.

Rakiety skrzydlate występują w trzech podstawowych wersjach :

- ALCM - odpalana z samolotu;
- SLCM - odpalana z okrętu nawodnego;
- GLCM (HLCM) - odpalana z wyrzutni naziemnych.

Pociski manewrujące mogą mieć przeznaczenie strategiczne jak i operacyjno-taktyczne. Różnica między nimi dotyczy zasięgu i rodzaju głowicy bojowej.

---

[45] Nowak.I. :Bomby paliwowo-powietrzne, Przegląd WLiOP, nr 7-8 1991.

Nosicielami rakiet typu ALCM (Cruise) są : B-52 (20 rakiet), B-1 (24 rakiety), FB-111 (12 rakiet) oraz przystosowane samoloty C-5A, DC-10, C-130, Boening 747.

Rakiety skrzydlate typu SLCM są przeznaczone do uzbrojenia atomowych łodzi podwodnych (12 rakiet), i okrętów nawodnych (20-30 rakiet). Podobnie jak poprzednie może występować w dwóch wersjach strategiczna o zasięgu 2400 km i taktyczna o zasięgu 500 km. Przedstawicielem tej grupy pocisków jest *Tomahawk*.

W ramach potęgowania zmasowanych uderzeń lotniczych Amerykanie używali w Zatoce Perskiej dwóch wersji pocisków manewrujących - BGM-109C, BGM-109D. Pocisk BGM-109C wykorzystywany był do niszczenia umocnionych celów punktowych, uzbrojony był w głowicę z konwencjonalnego materiału wybuchowego. Natomiast pocisk BMG-109D przeznaczony był do niszczenia celów powierzchniowych, posiadał głowicę kasetową zawierającą 202 bomby przeciwpancerne - odłamkowo-zapalające.

W pierwszych dniach działań bojowych użyto 250 pocisków manewrujących typu *Tomahawk* i 150 pocisków *Cruise* co oznacza, że odpalono ich około 70% więcej z okrętów niż z samolotów.

Wnioski z konfliktu w Zatoce Perskiej wskazują, że manewrujące pociski rakietowe są bronią zdolną pokonać strefę obrony powietrznej, dotrzeć do celu w sposób niezauważalny i dokonać zaskakującego ataku. Duża celność rzędu kilku metrów (7-8) pozwala osiągnąć wysokie prawdopodobieństwo zniszczenia atakowanego celu.

Do niszczenia elementów zabudowy inżynieryjnej stanowiska dowodzenia używa się pocisków rakietowych powietrze-ziemia. Kierowane pociski tej klasy umożliwiają zniszczenie umocnionych obiektów bez potrzeby wchodzenia w obszar obrony przeciwlotniczej. Przedstawicielem grupy tych pocisków jest *AGM- 65 Maverick* różnych wersji z laserowym, telewizyjnym, termowizyjnym układem naprowadzania. Pociski te mogą być przenoszone przez wszystkie typy samolotów taktycznych i odpalane z wysokości 100-150 m; zasięg ich wynosi 22,5 km, a dokładność trafienia w cel około 30 cm.

Do kierowanych pocisków klasy ziemia-powietrze należą również pociski przeciwradiolokacyjne przeznaczone do niszczenia stacji radiolokacyjnych i stacji naprowadzania rakiet (załącznik 3.14).

Działają one na zasadzie samonaprowadzania się na źródło promieniowania elektromagnetycznego, w oparciu o wzorce charakterystyki stacji radiolokacyjnych wprowadzonych do pamięci mikroprocesora pokładowego. Wykrycie środków radiolokacyjnych i określenie ich wstępnego położenia następuje poprzez wykorzystanie danych z rozpoznania radioelektronicznego.

Przeciwradiolokacyjne pociski rakietowe znalazły od samego początku swego istnienia szerokie zastosowanie w czasie walk o panowanie w powietrzu w różnych konfliktach lokalnych.

Skuteczność pierwszych pocisków (Shrike) była niewielka [46] i wynosiła około 14%. Dzięki rozwojowi techniki komputerowej i mikroelektroniki skuteczność obecnie produkowanych pocisków np.: ALARM wynosi 80 - 90 %.

W czasie konfliktu w Zatoce Perskiej po raz pierwszy testowano w warunkach bojowych pociski ALARM produkcji brytyjskiej i ARMAT produkcji francuskiej przenoszone przez samoloty F-16, F-4G, Tornado, Jaguar, Mirage-2000.

W konflikcie tym sprawdzono dwa sposoby użycia tych pocisków. Pierwszy z nich polegał na tym, że samolot uzbrojony w te pociski (głównie Tornado) nie przekracza granicy bronionego przez przeciwnika obszaru powietrznego. Po otrzymaniu sygnału o opromieniowaniu samolotu przez stacje radiolokacyjne przeciwnika pilot odpala pocisk, który zgodnie z programem rozpoczyna wznoszenie i po osiągnięciu określonej wysokości przechodzi do lotu poziomego, w kierunku celu. Po uchwyceniu celu zaczyna się proces naprowadzania pocisku. Na wysokości 4m nad stacją radiolokacyjną zapalnik zbliżeniowy powoduje zdetonowanie odłamkowo-burzącego ładunku bojowego i zniszczenie atakowanej stacji.

Jeśli głowica zgubi cel, wówczas, zgodnie z programem pocisk gwałtownie wznosi się na wysokość około 12000 m. Na tej wysokości następuje wyłączenie silnika i otwarcie spadochronu. W czasie opadania, głowica samonaprowadzająca poszukuje sygnałów emitowanych przez stacje radiolokacyjną. Po wykryciu sygnału następuje odstrzelenie spadochronu i pocisk kontnuuje lot w kierunku celu.

W drugim sposobie naprowadzania załoga samolot przekazuje, do układu kierowania pocisku, dane o celu wybranym przez pilota. Gdy głowica uchwyci cel następuje odpalenie pocisku w jego kierunku.

Natężenie użycia rakiet powietrze - ziemia ulega zmianie w trakcie prowadzonych działań bojowych. W konflikcie w Zatoce Perskiej siły amerykańskie w ciągu pierwszych dziesięciu dni operacji wystrzeliły przeciwko irackim środkom obrony powietrznej około 600 [47] przeciwradiolokacyjnych pocisków rakietowych typu *Harm* podczas gdy w ciągu całego konfliktu użyto ich około1000.

W ostatnich latach wzrosło znaczenie środków bezpilotowych, zarówno przy zabezpieczaniu działań poszczególnych rodzajów sił zbrojnych, jak i samodzielnego prowadzenia działań bojowych. Wykorzystanie ich do działań rozpoznawczych zostało omówione w rozdziale 3.1.1.

---

[46] Przykładowo w połowie lat 60 na 15 odpaleń pocisków typu Shrike tylko dwa trafiły w stację radiolokacyjną [91].

[47] Ocena wykorzystania uzbrojenia i sprzętu wojskowego w wojnie w rejonie Zatoki Perskiej. Wojskowe Służby informacyjne, Warszawa 1992.

Środki bezpilotowe mogą być uzbrajane w bomby klasyczne, z urządzeniem opóźniającym, o działaniu powierzchniowym (kasety), bomby naprowadzane precyzyjnie lub kierowane pociski powietrze - ziemia z pół aktywnymi laserowymi układami naprowadzania. Środki bezpilotowe przeznaczone do jednokrotnego użycia, mają ładunek bojowy umieszczony wewnątrz kadłuba. W klasie tej wyróżnia się trzy grupy:

- do zwalczania różnych celów naziemnych i nawodnych;
- do zwalczania wyłącznie środków radiolokacyjnych;
- do zwalczania celów powietrznych.

Kryterium na podstawie którego można odróżnić środki bezpilotowe od pocisków manewrujących (*Cuise*) jest takie, że są one przystosowane do samodzielnego poszukiwania i ewentualnie identyfikacji wykrytych celów.

Doświadczenia z ostatnich konfliktów zbrojnych potwierdziły szczególną ważną rolę bezpilotowych środków przeciwradiolokacyjnym, do torowania "korytarzy" w systemie obrony powietrznej przeciwnika dla lotnictwa myśliwsko-bombowego. O dużej ich skuteczności świadczyć może izraelski rajd powietrzny Dolinie Beka w 1982 roku, w wyniku której został rozbity syryjski system obrony przeciwlotniczej. W operacji tej w pierwszej kolejności użyto samolotów bezpilotowych typu *Mastiff*, które krążyły nad rejonem rozmieszczenia środków przeciwlotniczych, prowokując Syryjczyków do włączenia stacji radiolokacyjnych co pozwoliło systemom rozpoznawczym uzyskać bądź potwierdzić aktualne częstotliwości pracy urządzeń radiolokacyjnych. Następnie kierowano w ten rejon bezpilotowe środki rozpoznawcze, które precyzyjnie lokalizowały cele i naprowadzały na nie bezpilotowe środki typu *Firebee II* uzbrojone w głowice o dużej sile rażenia.

Aby przeciwdziałać uderzeniom pocisków przeciwradiolokacyjnych syryjczycy wyłączali środki radiolokacyjne. Wówczas w rejon ten wlatywały izraelskie F-16, F-4G, zmuszając Syryjczyków do ponownego włączenia środków radiolokacyjnych, umożliwiło to uzbrojonym bezpilotowym środkom *Firebee*, wyposażonych w pasywne radiolokacyjne układy samonaprowadzania wykonania ataku na rozpoznane stacje radiolokacyjne. W oczekiwaniu na pojawienie się sygnału radiolokacyjnego uzbrojone *Firebee* mogły krążyć w rejonie celu około jednej godziny, po tym czasie ulegały samolikwidacji.

Wprowadzane obecnie do uzbrojenia bezpilotowe środki przeciwradiolokacyjne posiadają systemy naprowadzania uruchamiane nie tylko sygnałem radiolokacyjnym, ale też emisją radiową, promieniowaniem cieplnym o określonej intensywności, promieniowaniem świetlnym czy drganiami akustycznymi. Umiejętnie zastosowane skomplikują na tyle sytuację radiolokacyjną, że obrona przeciwlotnicza w obszarze ich stosowania będzie bezsilna.

Z analizy materiału wynika, że manerwujące pociski rakietowe oraz środki bezpilotowe zdolne są pokonać strefę obrony powietrznej i dotrzeć do celu w sposób niezauważalny dokonując zaskakującego ataku. Precyzja z jaką trafiają w cel pozwala na osiągnięcie wysokiego prawdopodobieństwa jego zniszczenia. Budownictwo schronowe stosowane w systemie obrony powietrznej na szczeblu taktycznym nie zabezpiecza przed skutkami uderzenia tego rodzaju broni

Innym środkiem mogącym skutecznie oddziaływać na elementy systemu obrony powietrznej są systemy rozpoznawczo - uderzeniowe. Stanowią one broń precyzyjną o dalekim zasięgu, połączoną w jednolity zautomatyzowany system, zapewniający bojowe wykorzystanie różnych środków rozpoznania, wskazywania celów, naprowadzania, nawigacji, opracowania i zobrazowania informacji, wyprowadzania komend i łączności. Podstawowe systemy państw NATO to *PLSS* i *Assault Breaker*, państw WNP *PRECYZJA* i *Aktywna Bariera.*

Systemy rozpoznawczo-uderzeniowe *PLSS* i *PRECYZJA* (załącznik 3.15) służą do rozpoznania i niszczenia aktywnie pracujących środków radioelektronicznych oraz ważnych obiektów - celów pojedynczych obrony powietrznej, w pasie o szerokości 500 - 600 km i głębokości 700 km.

Samoloty rozpoznawcze tych systemów dokonują rozpoznania emisji środków radiolokacyjnych i określeniu współrzędnych źródła ich pochodzenia. Na tak wykryte naziemne centrum kierowania naprowadzane samoloty uderzeniowe wyposażone w kierowane rakiety powietrze - ziemia, bomby lotnicze, a także rakiety ziemia-ziemia wyrzutni naziemnych.

Systemy rozpoznawczo -uderzeniowe *Assault Breaker* i *Aktywna Bariera* przeznaczone są głównie do zwalczania czołgów i zgrupowań drugich rzutów przeciwnika w odległości od 160-200 km od rubieży styczności walczących wojsk. Systemy te obejmują siły i środki rozpoznania, środki uderzeniowe lotnictwa taktycznego, lotnictwa wojsk lądowych oraz siły i środki wojsk lądowych. Wykryte cele mogą być niszczone przede wszystkim przez środki artyleryjskie, samobieżne haubice oraz śmigłowce bojowe i samoloty lotnictwa taktycznego.

Niebezpieczeństwo użycia systemów rozpoznawczo - uderzeniowych do obezwładnienia elementów obrony powietrznej zwiększa się ze względu na duże możliwości wzajemnego uzupełniania się poszczególnych systemów oraz ich dublowania podczas wykonywania uderzeń.

Ta wyjątkowo groźna broń konwencjonalna rozpoczyna zacieranie granicy w możliwościach niszczących z bronią masowego rażenia i dla żywotności stanowiska dowodzenia jest ona równie tak samo niebezpieczna.

Zgodnie z wymaganiami koncepcji tzw. "głębokich uderzeń" i "bitwy powietrzno-lądowej" środki wsparcia wojsk lądowych uzyskałyby większą autonomię i miałyby zwalczać środki walki przeciwnika, w tym elementy obrony powietrznej, będącą w zasięgu ich oddziaływania.

Przy omawianiu czynników rażenia stanowisk dowodzenia obrony powietrznej nie sposób

pominąć rolę artylerii, a w szczególności artylerii rakietowej będącą podstawowym środkiem wsparcia wojsk lądowych. Przeznaczona ona jest do prowadzenia ognia pociskami rakietowymi z wieloprowadnicowych wyrzutni rakietowych do różnorodnych celów, przede wszystkim powierzchniowych.

Niekierowane pociski rakietowe charakteryzują się dość dużym rozrzutem. Efektywność rażenia przeciwnika uzyskuje się dopiero przy dużym natężeniu ognia. W związku z tym wyrzutnie wyposażano w coraz większą ilość prowadnic.

Z czasem jednak, podobnie jak w innych rodzajach wojsk, w miarę rozwoju techniki laserowej, radiolokacyjnej, podczerwieni zaszły zmiany w konstrukcji pocisków, w kierunku zwiększenia celności, donośności, mobilności. Duża donośność strzelania artylerii (dochodząca do 70 km [48]) oraz skuteczniejsza amunicja stawia przed środkami rozpoznania duże wymagania w zakresie precyzji określania współrzędnych celów jak i zasięgu.

Tradycyjny sposób kierowania ogniem nie był w stanie zapewnić skrócenia czasu przygotowania nastaw do ognia skutecznego. Dlatego też zarówno w artylerii lufowej, jak i rakietowej rozpoczęto wdrażanie, stworzonych dla niej, zautomatyzowanych systemów dowodzenia i kierowania ogniem. Charakterystycznym przykładem jest niemiecki podsystem *ARES* zastosowany w bateriach *LARS* i *MARS* oraz rosyjski podsytem 1K123 stosowany w zestawie *SMIERCZ*.

Duży zasięg ognia zestawów rakietowych (załącznik 3.16), wykorzystanie nowoczesnych środki rozpoznania i automatyzacji procesu kierowania ogniem nie wyklucza się, zdaniem specjalistów[49], stosowanie ich do zwalczania elementów obrony powietrznej. Tym bardziej, że wprowadzana do uzbrojenia nowa generacja amunicji, pozwala skutecznie zwalczać te elementy.

Obecnie można wyróżnić dwie generacje amunicji artyleryjskiej precyzyjnego rażenia. Pierwszą stanowią pociski wymagające oświetlenia celu wiązką laserową (naprowadzanie półaktywne). Do drugiej zaliczane są pociski samonaprowadzające (naprowadzane pasywnie lub aktywnie). Wspólną cechą wszystkich rodzajów jest to, że przez większą część czasu lotu pocisk porusza się po torze balistycznym (ewentualnie może być stosowany napęd rakietowy), trajektoria lotu zaczyna być korygowana dopiero od wysokości kilkuset - kilku tysięcy metrów.

Pierwsze kierowane laserowo pociski artyleryjskie pojawiły się na uzbrojeniu wojsk na początku lat osiemdziesiątych, w wojskach lądowych USA był to kierowany pocisk artyleryjski *Copperhead*, natomiast w Rosji *Krasnop*.

Zmiany związane z modernizacją uzbrojenia nie ominęły też artylerii lufowej wojsk lądowych. Zasięg jej oraz kaliber stanowią zagrożenie dla elementów obrony powietrznej w pasie

---

[48] Zmodernizowana wersja zestawu MLRS może wystrzeliwać pociski ATACMS na odległość do 150 km.

[49] Czarnotta Z., Muszmański Z. Artyleria rakietowa, Nowa Technika Wojskowa 12/94.

styczności wojsk kilku - kilkunastu kilometrów. Na uwagę zasługują rosyjskie zestawy artyleryjskie z laserowym naprowadzaniem (pierwszej generacji) - 1K113 *Smielczak* dla 240 mm moździerzy oraz 2K24 *Santimetr* dla 152 mm haubicoarmat (załącznik 3.17) .

Systemy te zapewniają porażenie małowymiarowych celów ogniem z zakrytych stanowisk (załącznik 3.17 tab.2 i 3) w dowolnych warunkach meteorologicznych, przy zachowaniu niezbędnego warunku widzialności celu przez wzrokowy kanał celownika laserowego podświetlacza i dalmierza. Ważną cechą tych systemów jest możliwość prowadzenia ognia salwą do jednego celu. Zapewnia to wysoką gęstość ognia i efektywne niszczenie celu. Właściwość ta była sprawdzana przez system *Santimer* podczas doświadczalnego niszczenia celu typu schron (zał. 3.17 tab.3). System ten posiada możliwość manewrowania gęstością ognia, dzięki czemu uzyskuje się pewność porażenia celu w krótkim czasie (czas podświetlenia celu przy strzelaniu salwą wynosi 3sek.), co znacznie zmniejsza prawdopodobieństwo wykrycia i zniszczenia wysuniętego punktu dowódczo - obserwacyjnego.

Podobny amerykański system wykorzystujący pociski *Cpperhead* nie posiada możliwości prowadzenia ognia salwami, a odstęp czasowy pomiędzy kolejnymi strzałami wynosi ok. 1-1,5 sek, co powoduje, że już przy wybuchu pierwszego pocisku cel zazwyczaj zakrywany jest pyłem i dymem , utrudniając punktowe jego oświetlenie.

Analiza wyników tych samych zadań ogniowych (zał. 3.17 tab.3) przy wykorzystaniu różnego rodzaju amunicji artyleryjskiej (zał.3.17, tab.4) wskazuje, że efektywność działania samonaprowadzających się pocisków jest wyższa ok. 100 - krotnie od klasycznych pocisków odłamkowo burzących (np. typu 30F25 *Gryf*).

Oceniając zagrożenie elementów obrony powietrznej należy uwzględnić działanie specjalnie przygotowanych sił, których zadaniem jest prowadzenie działań dywersyjno - rozpoznawczych. Zadania te są wykonywane przez agentów i dywersantów, specjalnie przygotowanych do tych szczególnych metod prowadzenia wojny.

Według poglądów zachodnich specjalistów wojskowych, działania specjalne mogą być prowadzone nie tylko w skali strategicznej, ale i operacyjno-taktycznej, a dla zwiększenia skuteczności zaleca się je łączyć z operacjami wojny psychologicznej.

Obecnie wojskami specjalnego przeznaczenia dysponują państwa NATO i niektóre państwa byłego Układu Warszawskiego.

Zasadniczym zadaniem tych wojsk jest zdobywanie informacji o najważniejszych obiektach przeciwnika i ich niszczenie, terror i sabotaż, organizowanie oddziałów wrogiego podziemia oraz dławienie ruchów narodowo-wyzwoleńczych.

Ocenia się, że połowa z przeznaczonych do działania na terytorium kraju sił specjalnego przeznaczenia, w początkowym okresie działań skierowana będzie na system obrony powietrznej.

Z działalnością grup dywersyjno - rozpoznawczych należy się liczyć przed rozpoczęciem działań wojennych jak i w trakcie ich trwania na całym obszarze kraju niezależnie od kierunku agresji. Wojska te działają według określonego schematu: przeniknięcie (wysadzenie) grup na tyły przeciwnika, przemarsz do rejonu określonego działania, prowadzenie rozpoznania, (niszczenie lub obezwładnienie obiektów, przekazanie zdobytych informacji do centrali, przejście (przerzut) grup do nowego rejonu działania.

Celem działania grup dywersyjno-rozpoznawczych na elementy OP będzie osłabienie zdolności bojowej systemu obrony powietrznej, dla zapewnienia swobody działania własnego lotnictwa.

Obiekty ataku najczęściej będą niszczone w pewnej ograniczonej aczkolwiek najbardziej wrażliwej części, której zniszczenie (obezwładnienie) spowoduje sparaliżowanie całego systemu. Istnieje duże prawdopodobieństwo ataku grup dywersyjnych na stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego obrony powietrznej znajdujących się na kierunku prawdopodobnego nalotu, gdzie niszczone będą środki łączności i zautomatyzowane systemy dowodzenia.

Taktyka działania grup dywersyjno-rozpoznawczych jest dość zróżnicowana od organizowania dywersji, napadów, zasadzek, aktów sabotażu, po działalność partyzancką. Zależy ona jednak od charakteru zadania, pomysłowości organizatorów i wykonawców. Stosownie do charakteru zadania grupy będą posiadały odpowiednie uzbrojenie.

W działaniach na elementy obrony powietrznej grupy będą dysponowały do niszczenia siły żywej: bronią automatyczną - najczęściej wyposażoną w tłumiki, granatami, a także bronią białą; do niszczenia sprzętu technicznego ładunkami wybuchowymi i środkami zapalającymi.

Przed penetracją oraz atakami grup dywersyjno-rozpoznawczych stanowiskach dowodzenia szczebla taktycznego chronione są przez plutony ochrony z czego jeden rozwinięty jest w okresie czasu "P". Stan osobowy tych plutonów, a także poziom wyszkolenia daleko odbiega od poziomu jaki reprezentuje przeciwnik, z którym przyjdzie im walczyć. Brak odpowiednich środków walki (noktowizory, granatniki) i łączności, czy też systemów zabezpieczeń inżynieryjnych i elektronicznych pozwala wnioskować, że system obrony naziemnej nie będzie w stanie sprostać postawionym przed nim zadaniom.

3.3 Ocena podsystemu oddziaływania radioelektronicznego przeciwnika.

Szczegółowa analiza poglądów NATO na pokonanie systemu OP w tym także doświadczeń ostatnich konfliktów lokalnych pozwala podzielić proces pokonywania systemu OP na trzy

zasadnicze fazy [51] :

- ustalenie struktury i zasad funkcjonowania systemu OP - prowadzone wszystkimi rodzajami rozpoznania już w czasie pokoju;

- neutralizacja systemu - poprzez oddziaływanie WRe, działania pozorujące - mające na celu " wyczerpanie " systemu;

- wykonanie bezpośrednich uderzeń - oddziaływanie ogniowe.

Pokonanie OP może się prawdopodobnie odbywać w formie przełamania jej na wąskich odcinkach frontu, dużymi zgrupowaniami lotnictwa uderzeniowego, z dużą liczbą samolotów zabezpieczenia. Nie można jednak wykluczyć, w określonych warunkach, działań małych grup wykonujących zadania w formie nocnych rajdów lub skoordynowanych uderzeń falowych - wykonywanych na małych wysokościach przy dużych prędkościach, w możliwie trudnych warunkach atmosferycznych.

W wojnach lokalnych, prowadzonych po drugiej wojnie światowej, szeroko wykorzystywano wszystkie znane sposoby i środki prowadzenia walki radioelektronicznej od zakłóceń do ogniowego niszczenia środków radioelektronicznych. Odbywało się to przy użyciu naziemnych, lotniczych i morskich pododdziałów i oddziałów, w skład uzbrojenia których wchodziły środki rozpoznania i zakłóceń radioelektronicznych, pozorne cele - pułapki oraz przeciwradiolokacyjne pociski rakietowe.

Szczególną walkę radioelektroniczną prowadziło lotnictwo z wojskami OP. Było to spowodowane wyposażeniem współczesnych systemów w różne środki radioelektroniczne, które zapewniają wykrycie i określenie współrzędnych celów powietrznych, wskazywanie celów, a także kierowanie artylerią i lotnictwem myśliwskim. Pokonanie obrony powietrznej bez obezwładnienia pracy środków radioelektronicznych, nawet w wojnach lokalnych okazało się trudne.

Doświadczenie tych wojen wykazało, że prace współczesnych systemów OP można obezwładnić tylko przez kompleksowe stosowanie aktywnych i pasywnych zakłóceń radioelektronicznych, a także celów pozornych we współdziałaniu z ogniowym niszczeniem środków radioektronicznych i wykonywaniem przez samoloty odpowiednich manewrów taktycznych.

W celu wykonywania zadań zakłócania radioelektronicznego zaleca się kompleksowe wykorzystanie różnorakich środków zakłócających, zdolnych do dezorganizowania pracy i działania jednocześnie urządzeń łączności i radiolokacji w różnych zakresach częstotliwości. Nieodzowne jest też stosowanie w sposób kompleksowy naziemnych, powietrznych i morskich środków rozpoznania i zakłóceń radioelektronicznych oraz różnego typu nadajników zakłócających jednorazowego użytku.

---

[51] Ugrupowanie i taktyka działań lotnictwa taktycznego państw NATO podczas pokonywania systemu OP oraz prowadzenie grupowych walk powietrznych, DWOPK, Warszawa 1984.

3. 3.1 Charakter i właściwości zakłóceń radioelektronicznych.

Podstawowym celem stosowania zakłóceń radioelektronicznych przeciw elementom *systemu radiolokacyjnego* przez przeciwnika będzie dezorganizacja systemu dowodzenia i kierowania aktywnymi środkami walki, pozbawienie informacji o aktualnej sytuacji powietrznej stanowisk dowodzenia systemu obrony powietrznej.

Stosowanie zakłóceń przyczyniło się bezpośrednio do zmniejszenia skuteczności działania środków walki wojsk w systemie obrony powietrznej.

Zakłóceniami można zniekształcać lub uniemożliwiać odbiór radiotelegramów, telegramów i telefonogramów oraz utrudniać prowadzenie bezpośrednich rozmów za pomocą technicznych środków łączności. Można również, w pełni lub częściowo zniekształcać obraz celów i wytwarzać na ekranie wskaźników stacji radiolokacyjnej fałszywa cele. W ostateczności stosowanie zakłóceń stacji radiolokacyjnych, jako podstawowego źródła informacji o sytuacji powietrznej przyczynia się do :

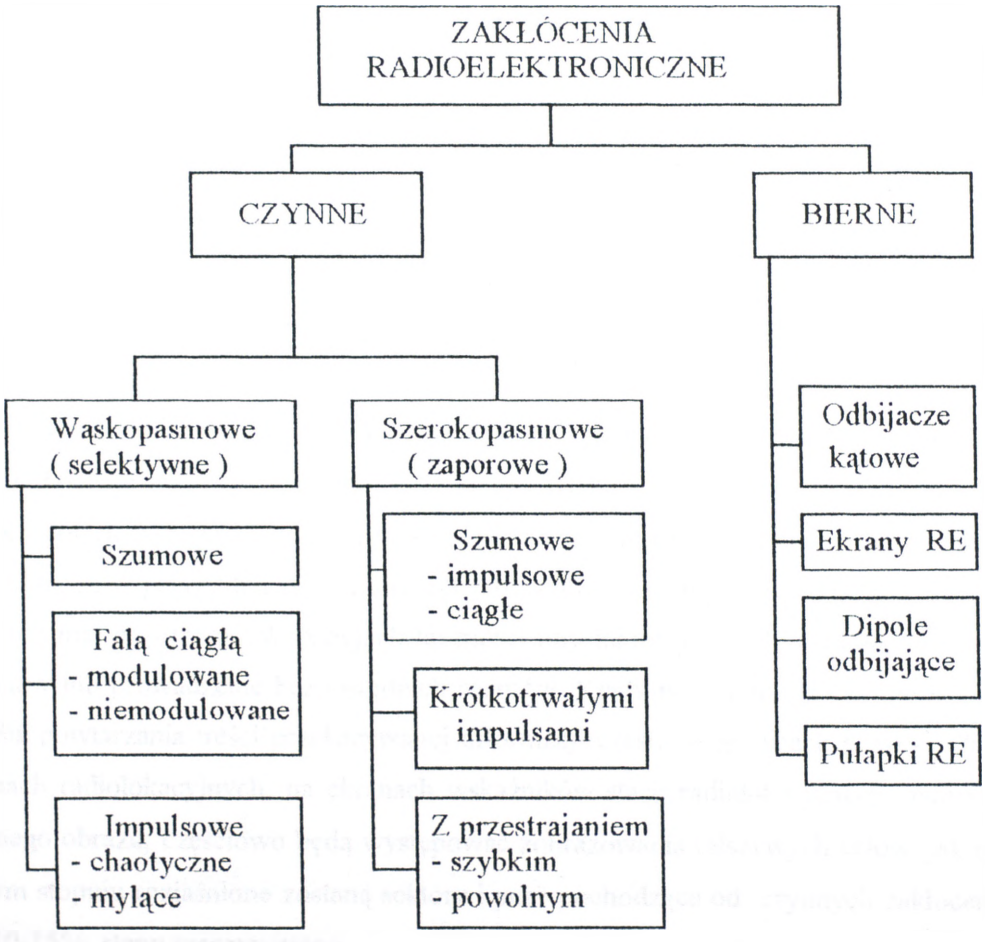
- zmniejszenia ilości wykrytych i śledzonych obiektów powietrznych z wymaganą dyskretnością;
- zmniejszenia możliwości określania typu ugrupowania bojowego i przeznaczenia taktycznego wykrytych obiektów powietrznych;
- pogorszenia dokładności określania współrzędnych przestrzennego położenia wykrytych obiektów powietrznych;
- zmniejszenia wiarygodności identyfikacji wykrytych obiektów powietrznych.

Zakłócenia radioelektroniczne klasyfikowane są w zależności od charakteru ich powstawania, sposobu zastosowania i oddziaływania na pracę urządzeń radioelektronicznych.

Według *charakteru powstawania* zakłócenia można podzielić na celowe (zamierzone) i niecelowe (niezamierzone, przypadkowe). Celowe zakłócenia wytwarzane są przez różnego typu nadajniki zakłócające lub pasywne retranslatory energii elektromagnetycznej. Niecelowe zakłócenia powstają w wyniku różnych zjawisk przyrody (np. wyładowania w atmosferze) oraz odbicia energii elektromagnetycznej od chmur i przedmiotów terenowych. Powstają również w wyniku oddziaływania przemysłowych i polowych urządzań radioelektronicznych na stacje radiolokacyjne lub też przez nieumiejętne ugrupowanie stacji radiolokacyjnych pracujących w podobnych podzakresach częstotliwościowych. Zakłócenia przypadkowe mogą być także pochodzenia kosmicznego lub mogą powstać jako naturalne wewnętrzne szumy elementów elektronicznych zarówno stacji radiolokacyjnych i radiostacji podsytemu łączności.

Z punktu widzenia pracy urządzeń istotnymi zakłóceniami są zakłócenia celowe, które w sposób znaczący wpływają na realizację zadań przez stanowisko dowodzenia.

Celowe zakłócenia radioelektroniczne w zależności od *sposobu* ich wytwarzania i zastosowania dzieli się na czynne (aktywne) i bierne (pasywne) - rys. 3.6.



Rys.3.6 Podział zakłóceń radioelektronicznych.

Jeżeli chodzi o celowe aktywne zakłócenia, brak jest jednolitej ich klasyfikacji. Najczęściej tego rodzju zakłócenia dzieli się według :

- przeznaczenia i obiektów radioelektronicznych na które oddziaływują (radiowe, radiolokacyjne, radionawigacyjne itp.);
- charakteru i skuteczności ich oddziaływania na środki radioelektroniczne;
- związku czasowego pomiędzy sygnałem zakłócającym i sygnałem użytecznym;
- szerokości zakłócanego pasma częstotliwości;
- dokładności dostrojenia się do częstotliwości roboczych;
- sposobu promieniowania zakłócanej energii elektromagnetycznej;

- struktury sygnału zakłócającego oraz zasięgu działania.

Zachodzi zatem pytanie, kierując się kryterium utraty informacji: jaki wpływ wywiera intensywność oddziaływania zakłóceń na żywotność stanowiska dowodzenia?

Za miarę oceny skuteczności zakłócania pracy środków radioelektronicznych i relacji łączności przyjmowany jest stopień utraty lub obniżenia wiarygodności informacji przekazywanej i odbieranej przez urządzenia radioelektroniczne przeciwnika. Przyjmuje się, że efektywność zakłócania jest wówczas wystarczająca, gdy wystąpią takie zniekształcenia w przekazywanej informacji, które czynią ją niezrozumiałą. Procent zniekształceń i utraty informacji niezbędny do uzyskania wystarczającej efektywności zakłóceń jest wyznaczany doświadczalnie.

Z tego też względu zakłócenia pod względem intensywności oddziaływania i skuteczności obezwładniania radioelektronicznego dzieli się na: słabe, silne i obezwładniające.

Słabe zakłócenia to takie, przy których natężenie zakłócanego pola elektromagnetycznego, i tym samym napięcie i moc sygnału zakłócającego w punkcie odbioru, po stronie przeciwnika, są mniejsze od natężenia pola elektromagnetycznego oraz napięcia i mocy sygnału użytecznego środka radioelektronicznego - średno o 3-5%, lub 3-10% [2]. Przy tego rodzaju zakłóceniach w punkcie odbioru występuje utrata lub obniżenia wiarygodności informacji w granicach 10-15%. Oznacza to, że w przypadku stosowania słabych zakłóceń występują tylko pewne zniekształcenia przekazywanej informacji. W relacjach łączności utrudniony jest odbiór radiogramów, radiofonogramów lub prowadzenie bezpośrednich rozmów. Kiedy występują słabe zakłócenia, istnieje potrzeba powtarzania treści przekazywanej informacji często w granicach powyżej 20-25%. W systemach radiolokacyjnych, na ekranach wskaźników stacji radiolokacyjnych, zamiast w pełni czytelnego obrazu, częściowo będą występować zobrazowania fałszywych celów, jak również w pewnym stopniu rozjaśnione zostaną sektory i pasy pochodzące od czynnych zakłóceń w granicach 10-15% stanu rzeczywistego.

Silne zakłócenia to takie, przy którym natężenie pola elektromagnetycznego, i tym samym napięcie oraz moc sygnału zakłócającego w punkcie odbioru, po stronie przeciwnika, są większe od natężenia pola elektromagnetycznego oraz napięcia i mocy sygnału użytecznego środka radioelektronicznego nieprzyjaciela średnio o 5-15%, lub 15-50% [2].

Przy tego rodzaju zakłóceniach w punkcie odbioru występuje utrata lub obniżenie wiarygodności informacji w granicach powyżj 50%. Oznacza to, że w wypadku stosowania silnych zakłóceń występują znaczne zniekształcenia przekazywanej informacji. W relacjach łączności będzie poważnie utrudniony odbiór radiofonogramów, radiogramów i prawie niemożliwe prowadzenie bezpośrednich rozmów za pomocą radiowych środków łączności .W tekstach przekazywanych informacji zwykle powstaje taka znaczna liczba luk, przerw i zniekształceń, że zachodzi konieczność ich powtórnego przekazywania, często kilkakrotnego.

W systemach radiolokacyjnych, na ekranach wskaźników stacji radiolokacyjnych, w znacznym stopniu ograniczona będzie widzialność, a zatem poważnie utrudnione odróżnienie znaku rzeczywistego celu. Zamiast czytelnego obrazu obserwowane będą w dużym stopniu zobrazowania fałszywych celów, jak również znacznie rozjaśnione zostaną sektory i pasy ekranu wskaźnika stacji w granicach 50%, lub 20-60% [2] stanu rzeczywistego.

Obezwładniające zakłócenia (bardzo silne) to takie, przy którym natężenie pola elektromagnetycznego i tym samym napięcie oraz moc sygnału zakłócającego w punkcie odbioru, po stronie przeciwnika, są znacznie większe od natężenia pola elektromagnetycznego oraz napięcia i sygnału użytecznego środka radioelektronicznego (ponad 30%), lub co najmniej dwukrotnie [2]. Przy tego rodzaju zakłóceniach w punkcie odbioru następuje całkowita utrata informacji. Oznacza to, że nie ma możliwości efektywnego wykorzystania środków radioelektronicznych do odbioru informacji . W relacjach łączności dokonywanie wymiany informacji na zakłócanej częstotliwości jest niemożliwe. W systemach radiolokacyjnych, na ekranach wskaźników stacji radiolokacyjnych, całkowicie ograniczona jest widzialnośc stanu rzeczywistego. Na ekranach wskaźników stacji radiolokacyjnych obserwowane są zobrazowania znacznej liczby fałszywych celów, jak również rozjaśniane są całe ekrany. W takich warunkach obsługi stacji radiolokacyjnych nie są w stanie wykrywać i śledzić obiektów powietrznych znajdujących się w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej z wymaganą dyskretnością i z założonym prawdopodobieństwem.

Istotnymi dla pracy urządzeń radiolokacyjnych są *zakłócenia bierne* pojawiające się na ekranach wskaźników stacji radiolokacyjnych w wyniku odbicia (lub wtórnego promieniowania) fal elektromagnetycznych od przedmiotów lub elementów ze specjalnie do tego celu skonstruowanych materiałów. Zakłócenia bierne stosowane są do utrudniamia wykrycia obiektów powietrznych za pomocą stacji radiolokacyjnych. Działanie zakłóceń biernych na stacje radiolokacyjna powoduje wytworzenie na ekranach wskaźników stacji jasnych plam (obłoków), na tle których operator stacji ma utrudnione warunki wykrycia obiektu powietrznego.

3.3.2. Siły i środki obezwładniania radioelektronicznego

Do obezwładniania radioelektronicznego użyte zostaną siły i środki WRe, jakie znajdują się w składzie wojsk lądowych, sił powietrznych i sił morskich państw NATO i WNP. Należy przypuszczać, że będzie ono poprzedzać każdą zaczepną operacje powietrzną.

Sposób działania i zakres użycia sił i środków rozpoznania, przeciwdziałania i ogniowego porażenia będzie w każdej sytuacji zróżnicowany. Siły te muszą być użyte kompleksowo w określonym obszarze i czasie lub selektywnie w stosunku do określonych ważnych obiektów obronnych, niebezpiecznych dla przeciwnika w danej fazie walki.

Głównym działaniem walki radioelektronicznej (obezwładniania) przeciwnika będzie ześrodkowanie swoich wysiłków na szczeblach taktycznych wojsk OP. Tu w sposób istotny jest on w stanie wpłynąć na zakłócenie ciągłości dowodzenia wojskami, kierowania ogniem, naprowadzaniem lotnictwa myśliwskiego czy naprowadzaniem stacji zakłóceń radioelektronicznych, a przez to uniemożliwienie efektywnego wykorzystania własnych środków walki.

W celu obezwładnienia radioelektronicznego środków radiolokacyjnych i środków łączności PISD zostaną użyte nadajniki stacjonarne i polowe sił powietrznych przeciwnika (w przypadku NATO siły te są rozwinięte na terytorium Niemiec, Anglii i Danii). Będą one obezwładniały stacje radiolokacjne i sieci radiowe KF dowodzenia i powiadamiania korpusu OP oraz naziemne sieci radiowe KF dowodzenia lotnictwem z PISD, dowodzenia dywizjonami rakietowymi oraz współdziałania PISD z jednostkami OPL. Niezależnie od tego, siły powietrzne mogą uzyskać wsparcie w tym zakresie, udzielone im przez siły morskie.

Z badań struktury organizacyjnej typu 86 [70] wynika, iż w grupie rozpoznania i WRe korpusu armijnego sił lądowych Stanów Zjednoczonych rozmieszczonych na terenie Niemiec:

Batalion rozpoznania i WRe posiadanymi siłami i środkami może rozwinąć (zał. 3.7):

- 12 naziemnych stanowisk zakłócania radiowego KF/ UKF.

Za pomocą posiadanych środków jest w stanie zabezpieczyć :

- zakłócenia radiowe 18 do 39 sieci radiowych KF/UKF.

W dywizji sił lądowych USA *batalion rozpoznania i WRe* dywizji sił lądowych USA może rozwinąć :

- 9 naziemnych stanowisk zakłócających KF/UKF;

Posiadanymi siłami i środkami dywizyjnymi batalion rozpoznania i WRe może prowadzić :

- zakłócanie radiowe 24 do 72 radiostacji KF/UKF.

W rozpoznawczym pułku pancernym i samodzielnej brygadzie sił lądowych USA *kompania rozpoznania i WRe* rozpoznawczego pułku pancernego i samodzielnej brygady może rozwinąć :

- 2 naziemne stanowiska zakłócania KF/UKF;

Posiadanymi siłami i środkami kompania może prowadzić zakłócanie radiowe 7 do 18 radiostacji KF/ UKF.

W zachodnioniemieckich siłach lądowych Niemiec w każdym korpusie armijnym znajduje się *batalion rozpoznania i WRe*. Batalion swoimi siłami i środkami może rozwinąć 8 posterunków zakłócania. Posiadanymi środkami batalion w ciągu godziny może zakłócić 16 - 32 relacji UKF i 8 - 16 relacji KF. W każdej dywizji Niemiec jest kompania rozpoznania i WRe. Może ona rozwinąć 8 posterunków zakłócania. W ciągu godziny kompania może zakłócić 24 - 48 źródeł promieniowania.

We francuskich siłach lądowych znajduje się tylko jeden - *44 pułk rozpoznania i WRe*, który

podlega dowódcy 1 Armii Polowej. Pułk stacjonuje w Landau (Niemcy).

44. pułk rozpoznania i WRe jest przeznaczony do prowadzenia rozpoznania i zakłóceń stacji radiowych i radiolokacyjnych przeciwnika oraz maskowania radiowego. Pułk swoimi siłami i środkami może rozwinąć :

- do 40 stanowisk zakłócania radiowego UKF;
- do 50 stanowisk zakłócania radiowego KF.

Posiadanymi środkami pułk może prowadzić :

- zakłócanie 90 - 180 sieci radiowych KF/UKF.

Siły i środki obezwładniania radioelektronicznego sił powietrznych i morskich.

Analiza literatury [126] wskazuje że :

1. Prawdopodobnie 80% samolotów bojowych sił powietrznych i lotnictwa morskiego jest wposażone w urządzenia zakłócające (w przyszłości ma być 100%);
2. Do każdego klucza samolotów grup uderzeniowych zostanie przydzielony prawdopodobnie jeden samolot WRe F-4G " Wild Weasel " (w rzucie obezwładniania 1-2 samoloty);
3. Każdorazowo na 50-60 samolotów uderzeniowych przypadać będzie prawdopodobnie 1-2 samoloty EF-111A;
4. Na samolotach bojowych państw NATO może być zamontowana następująca liczba nadajników zakłóceń:
   - na samolotach taktycznych sił powietrznych i lotnictwa morskiego 4-6 nadajników;
   - na samolotach strategicznych 20-25 nadajników;
   - na samolotach WRe typu EF-11 i EA-6B 20-25 nadajników;
   - na samolotach WRe typu F-4G " Wild Weasel " prawdopodobnie 8-10 nadajników.
5. Każdorazowo 2-3 nadajniki mogą zakłócić pracę jednego środka radiolokacyjnego;
6. Posiadanymi środkami zakłóceń samoloty bojowe państw NATO mogą więc zakłócić:
   - każdy samolot lotnictawa taktycznego i lotnictawa morskiego może zakłócić pracę 1-2 stacji radiolokacyjnych ;
   - jeden samolot starategiczny (B-52) może zakłocić pracę 1-2 stacji radiolokacyjnych naprowadzania rakiet, 2-3 stacje radiolokacyjne wykrywania, jeden kanał dowodzenia lotnictwem mysliwskim.
   - jeden samolot EF-111A (EA-6B) ma możliwość zakłócania pracy 5-7 stacji radiolokacyjnych i jednego kanału łączności dowodzenia lotnictwem myśliwskim.
   - jeden samolot F-4G ma możliwość zakłócania pracy 3-4 stacji radiolokacyjnych.

Środki pokładowe WRe (zał. 3.18) przeciwnika na głównym kierunku uderzenia i na okres przełamania systemu obrony powietrznej RP mogą obezwładnić jednocześnie około trzech

radiowych sieci powietrznych zakresu VHF lub UHF. Zakłóceniu lub całkowitemu obezwładnieniu będą poddane przede wszystkim pokładowe odbiorniki samolotów myśliwskich oraz odbiorniki punktów dowodzenia i naprowadzania zlokalizowane na obiektach PISD lub wydzielonych stacjach radiolokacyjnych.

Relacje radiowe, które będą w pierwszej kolejności zakłócane to :

- sieci radiowe dowodzenia i naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne, pracujące w tak zwanym systemie " foniczno - ręcznym " emisją A3E;

-sieci radiowe zautomatyzowanego naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne z systemu WEKTOR, pracującego emisją A3E w którym sygnał jest modulowany kombinacją napięć sinusoidalnych o częstotliwości akustycznej;

- sieć radiowa współdziałania lotnictwa.

Do środków radioelktronicznych przeciwnika, które są w stanie zakłócić typy transmisji używanych na stanowisku dowodzenia szczebla taktycznego WLOP można zaliczyć: AN/GLQ, AN/ TLQ - 17A, AN/ MLQ - 34, stacje R - 378B, R - 330 UB (zał. 3.19 i 3.20).

Środki te są na wyposażeniu oddziałów i pododdziałów rozpoznania i WRE związków operacyjnych i taktycznych amerykańskich sił lądowych. Oprócz tego do spotęgowania efektu obezwładniania łączności w sieciach powietrznych i naziemnych oraz stacji radiolokacyjnych miejscowa kit), przeciwnik będzie stosował, efektywne w swoim działaniu, nadajniki jednorazowego użytku. Nadajniki takie mogą w poważnym stopniu zakłócić system dowodzenia ugrupowaniem wojsk rakietowych i wojsk radiotechnicznych oraz systemem kierowania lotami. Parametry techniczne i rodzaje stosowanych nadajników jednorazowego użytku przedstawiono w załączniku 3.21.

3.3.3. Wpływ użycia broni masowego rażenia na działanie systemu radiolokacyjnego.

Ze względu na charakter badań uwagę zwrócono przede wszystkim na skutki działania promieniowania przenikliwego i impulsu elektromagnetycznego.

Fala uderzeniowa wybuchu neutronowego jest to masa silnie sprężonego powietrza, które rozprzestrzenia się od środka wybuchu we wszystkich kierunkach z prędkością naddźwiękową [52].

Rażące działanie fali uderzeniowej na system radiolokacyjny polega na całkowitym zniszczeniu lub uszkodzeniu (utracie właściwości użytkowych) środków i urządzeń systemu radiolokacyjnego lub utracie zdolności bojowej ich obsługi.

---

[52] Instrukcja o obronie wojsk przed bronią masowego rażenia, Chem. 249/75. Wyd. MON 1976 r.

Jak wynika z analizy promienia stref rażenia, wywołanych falą uderzeniową wybuchów neutronowych, środki i urządzenia systemu radiolokacyjnego, a szczególnie urządzenia antenowe mogą ulec zniszczeniu w promieniu do około 530 m.[53]

Promieniowanie przenikliwe emitowane podczas wybuchu neutronowego stanowi strumień promieni gamma i wysokoenergetycznych neutronów. Promieniowanie to dzięki właściwościom jonizacji i aktywacji substancji, stanowi poważne zagrożenie dla organizmów żywych, a także wywołuje skutki fizyczne w materii nieożywionej.

Aparatura radioelektroniczna znajdująca się w polu promieniowania przenikliwego wybuchu neutronowego, może zmieniać w sposób istotny swoje parametry powodując jej uszkodzenia. Uszkodzenia te zachodzą w rezultacie zmian fizycznych i chemicznych materiałów, z których jest ona wykonana. Zniszczenia i uszkodzenia elementów i podzespołów urządzeń radioelektronicznych wynikają z mechanizmów współdziałania fotonów gamma i neutronów z materią.

Wrażliwość elementów radioelektronicznych na promieniowanie neutronowe.

Tabela 3.6

Typ urządzenia (elementu)	Wrażliwość	Strumień neutronów (neutr./cm^2)
		10^{11} 10^{12} 10^{13} 10^{14} 10^{15}
Tranzystory	max min	
Diody półprzewodnikowe	max min	
Kondensatory	max min	
Rezystory	max min	
Lampy elektronowe	max min	
Układy scalone	max min	
Przekaźniki, silniki, akumulatory	max min	
Inr (km) (przy 1 kt)		1,4 1,2 1,0 0,8 0,6 0,4 0,2 0,1

[53] Literatura jak w przypisie 2.

Oznaczenia :

..... - zmiana charakterystyki

▭ - zniszczenie

Fotony gamma oddziaływując na powloki elektronowe atomów wywołują zaburzenia i jonizację atomów, a także naruszenie chemicznych powiązań w molekółach. Procesy wywołane działaniem promieni są odwracalne. W przybliżeniu po kilku do kilkudziesięciu milisekundach po wybuchu zachodzi ustabilizowanie charakterystyk napromieniowanych metali. Jednak zjawisko to wywołuje nieprawidłową pracę środków radioelektronicznych.

Strumień neutronów przy przechodzeniu przez dany materiał wywołuje głębokie praktycznie nieodwracalne naruszenie w budowie materii. Uszkodzenia nieodwracalne związane są ze zmianami struktury materiałów, z których wykonane są elementy.

Podatność elementów radioelektronicznych na promieniowanie neutronowe zawarta w tabeli 3.6 została opracowane na podstawie literatury tematu [54] oraz wyników badań przeprowadzonych Instytut Badań Jądrowych w Świerku w latach osiemdziesiątych.

Jak wynika z przedstawionej analizy odporności elementów radioelektronicznych na promieniowanie neutronowe, najbardziej wrażliwe są elementy półprzewodnikowe. Niektóre z tych elementów np. tranzystory tracą właściwości użytkowe przy strumieniu neutronów rzędu $5*10^{12}$ neutr/cm^2.

Przy wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt należy się liczyć z uszkodzeniem lub zniszczeniem części elementów radioelektronicznych już w odległości od 1000 do 1200 m od centrum wybuchu, natomiast poniżej 800 m - ze zniszczeniem wszystkich bardziej wrażliwych elementów i podzespołów (zał.3. 22). Strefy uszkodzeń i zniszczeń wzrasta wrazz mocą ładunku.

Przedstawione strefy uszkodzeń lub zniszczeń elementów radioelektronicznych dotyczą przypadku, gdy aparatura ta nie jest zabezpieczona przed oddziaływaniem promieniowania neutronowego. Zastosowanie odpowiednich środków technicznych ograniczających promieniowanie na urządzenia i elementy elektroniczne wpłynie na zwiększenie niezawodności ich pracy.

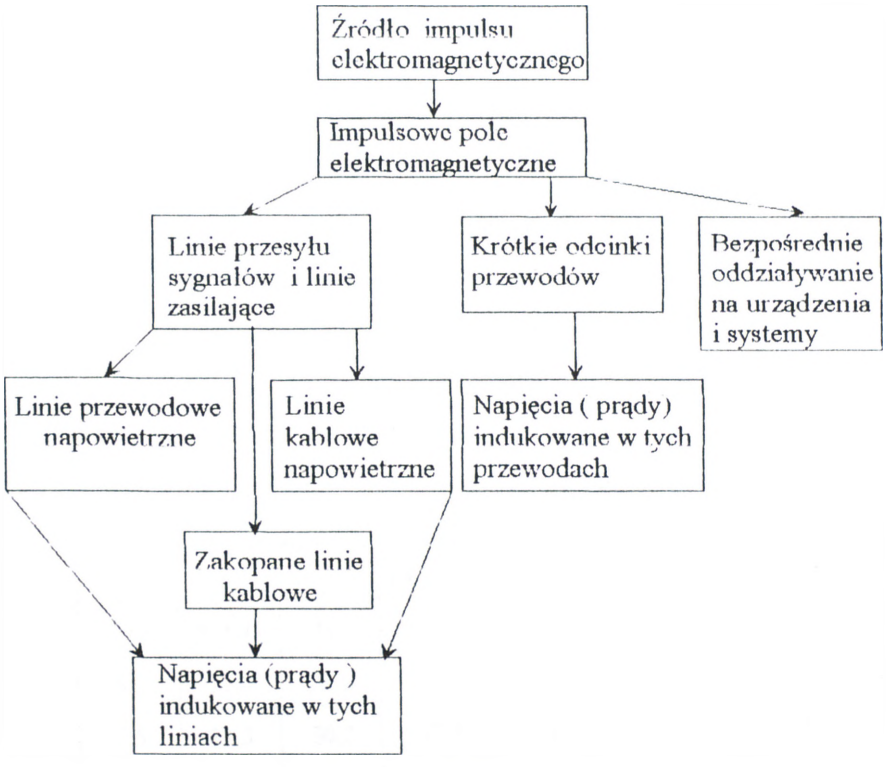
Impuls elektromagnetyczny powstaje przy każdym rodzaju wybuchu jądrowego (zarówno atomowego i neutronowego). W każdym przypadku stanowi on około 1% ogólnej energii mocy danego wybuchu.

Przy naziemnych i powietrznych wybuchach jądrowych na przestrzeni wielu kilometrów od centrum wybuchu powstaje pole elektromagnetyczne, które powoduje zaindukowanie się we wszystkich elementach metalowych wysokich elektrycznych potencjałów mierzonych w

---

[54] Bojewyje swojstwa jadierno oružija. Wyd.MO SSSR 1967 r.

stosunku do ziemi. Indukowane w tych elementach prądy i napięcia w postaci impulsu mogą spowodować zakłócenia, a nawet uszkodzenie urządzeń elektronicznych mających kontakt z tymi elementami. Dla urządzeń tych szczególnie niebezpieczne są przepięcia i przetężenia, chwilowe i krótkotrwałe zaniki napięć oraz inne zakłócenia indukowane w liniach zasilających, torach sygnałowych. Przykładowe wartości sił elektromotorycznej (SEM) indukowanej w przewodach i antenach przedstawiono w tab. 3.7 i tab. 3.8.



Rys 3.5. Oddziaływania impulsu elektromagnetycznego na systemy i urządzenia radioelektroniczne.

Energia impulsu może dotrzeć do urządzeń radioelektronicznych (rys.3.5) przez napowietrzne i podziemne linie energetyczne i tory sygnałowe, przez anteny i falowody, przez otwory (drzwi, okna) w ścianach budynku , w którym znajdują się urządzenia, a także bezpośrednio przez ściany indukując w n. Tłumienie energii impulsu wnoszone przez ściany zależy od materiału, z którego go wykonanano, np. ściany betonowe wnoszą tłumienie od 5 do 35 dB - zależnie od konstrukcji. Ekranowanie urządzeń, schronów blachą stalową (tworząc klatkę Faradaya) wprowadza tłumienie rzędu 50 - 100 dB. Jak wynika z badań impuls elektromagnetyczny może spowodować zaindukowanie się prądu o natężeniu dochodzącym do 20 A [55].

[55] Więckowski T.W. :Badanie odporności urządzeń elektronicznych na impulsowe narażenia elektromagnetyczne, Wyd. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1993.

Wartość SEM indukowanej w liniach kablowych.

Tabela 3.7

Odległość od centrum wybuchu	500	600	700	800	900	1000	1200	1500	2000	3000	4000
U_{max} [kV]	Dla kabli nieekranowanych przy q = 1kT										
	75,3	62,7	47,7	40,2	32,6	27,6	21,3	15,1	8,8	4,6	1,8
U_{max} [kV]	Dla kabli nieekranowanych przy q = 3kT										
	100,5	83,7	63,6	53,6	43,5	36,8	28,5	20,1	11,7	5,4	2,3
U_{max} [kV]	Dla kabli ekranowanych przy q = 1kT										
	30,1	25,1	19,1	16,1	13,0	11,0	8,5	6,0	3,5	1,6	0,7
U_{max} [kV]	Dla kabli ekranowanych przy q = 3kT										
	40,2	33,5	25,5	21,4	17,4	14,7	11,4	8,0	4,7	2,1	0,9

Wartość SEM indukowanej w antenach.

Tabela3.8

Odległość od centrum wybuchu.	Zaindukowana SEM [kV]							
	Anteny prętowe			dipol sym 2 * 11m	dipol sym typ "T" 2 * 15 m	dipol sym typ "T" 2 * 20 m	półromb pionowy 32 m	dipol sym sk. romb. fali bież. 40m
	1 m	1,5 m	4 m					
500	8,0	12,0	32,0	88,0	120,0	160,0	256,0	320,0
1000	7,5	11,3	30,2	83,0	113,3	151,0	241,6	302,0
1200	6,0	9,0	42,2	66,5	90,8	121,0	193,6	242,0
1300	5,3	8,0	21,2	58,3	79,5	106,0	169,2	212,0
1500	3,8	5,7	15,1	40,8	56,6	75,5	120,8	151,0
2000	2,3	3,4	9,1	24,3	34,1	45,5	72,2	91
2500	1,2	1,7	4,6	13,2	17,3	23,0	36,8	46,0
3000	0,8	1,2	3,0	7,8	11,5	15,3	24,5	30,6
4000	0,4	0,6	1,5	4,2	5,8	7,7	12,4	15,4
5000	0,2	0,3	0,9	2,5	3,5	4,6	7,3	9,2

Impuls elektromagnetyczny może powodować przebicie izolacji, zwarcia lub uszkodzenie podłączonych do kabli urządzeń elektronicznych dlatego też należy zwrócić uwagę w przewodowych środkach łączności na odporność linii kablowej na przepięcia, a także urządzeń elektronicznych podłączonej do tej linii.

Trudno jednoznacznie określić promień strefy utraty właściwości użytkowej środków radioelektronicznych na skutek działania impulsu elektromagnetycznego, gdyż każdy element zastosowany w urządzeniu radioelektronicznym przystosowany jest do ściśle określonych warunków pracy.

Znamionowe parametry elektryczne (napięcie, prąd, moc, itd.) elementów elektronicznych mogą się różnić o rząd lub dwa rzędy wielkości. Zwiększenie stopnia integracji elementów elektronicznych w nowoczesnych elementach wymusza stosowanie niższych napięć zasilajacych, tym samym całe urządzenie staje się wrażliwsze na przepięcia.

Typowe wartości napięć pracy tranzystorów produkcji krajowej wynoszą od kilku do kilkudziesięciu wolt.

Maksymalne wartości napięcia zwrotnego diod krzemowych wynoszą od 10 do 100 wolt - niektóre tylko 400 V, maksymalny prąd średni wynosi 16 mA, niektórych typów 100 do 300 mA. Te same elementy krzemowe zastosowane w układach scalonych mają powyższe parametry znacznie obniżone.

Najbardziej czułe elementy elektroniczne zastosowane w danym urządzeniu radioelektronicznym decydują o wrażliwości na uszkodzenie danego urządzenia.

Uszkodzenia w układach scalonych występują już od kilku wolt do 50 wolt, a w układach bardziej odpornych - przy 40 do 100 woltach.

Biorąc pod uwagę bardzo krótki czas działania impulsu elektromagnetycznego (10^{-6} s) elementy te mogą wytrzymać przepięcia od 5 do 7 razy większe niż wynosi ich wartość znamionowa.

Eksperymentalnie zbadane w krajach WNP [56] właściwości ochronne materiałów izolacyjnych wskazują, że kable ekranowane i zbrojone stalowymi taśmami osłabiają oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego na przewody 10 - krotnie, przy wybuchu neutronowego o mocy 1 kt na wysokości 150m w odległości ok.3,1 km od centrum wybuchu (zał. 3.23).

Środki radiowe, radioliniowe i radiotelefoniczne w zależności od mocy nadajników oraz od rodzaju wykorzystywanych w tym czasie i zakresu częstotliwości mogą bezpiecznie pracować na antenach prętowych o długości 4m, w odległościach powyżej 3 km od centrum wybuchu.

Impuls elektromagnetyczny może spowodować uszkodzenie obwodów antenowych do 2,8 km, elementów półprzewodnikowych do 3,1 km, a instalacji elektrycznej - w odległości do 1,45 km od centrum wybuchu.

Analizując wpływ oddziaływania impulsu elektromagnetycznego na urządzenia systemu radiolokacyjnego stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego możemy stwierdzić, iż może on znacznie obniżyć żywotność stanowiska dowodzenia głównie na skutek zaindukowania się

[56] Bojewyje swojstwo jadiernowo orużjia, Wyd. MO SSSr 1967.

znacznych napięć w liniach przesyłowych, a konsekwencji znacznych prądów, które są niebezpieczne dla obiektów radioelektronicznych jak i dla obsługi.

Wnioski końcowe do rozdziału trzeciego.

Z uwagi na rolę jaką odgrywają stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego w systemie OP, jak również na podstawie wniosków z wojen i konfliktów zbrojnych, należy sądzić, że stanowiska te są jednym z pierwszoplanowych celów, które zostaną zniszczone lub obezwładnione w pierwszej fazie konfliktu zbrojnego.

Z przedstawionych rozważań wynika, że rozpoznanie stanowiska dowodzenia w sposób pośredni wpływa na jego żywotność. Wyniki rozpoznania dają bowiem podstawę do skutecznego oddziaływania na nie różnych środków walki.

Stosowane obecnie techniki i środki rozpoznania pozwalają w oparciu o znajomość cech demaskujących wykryć, a następnie zidentyfikować stanowisko dowodzenia.

Spośród wyróżnionych technik rozpoznania dominującą rolę w ropoznawaniu stanowiska dowodzenia ze względu na krótki czas dostarczania informacji do ośrodków decyzyjnych ma rozpoznanie radioelektroniczne w następnej kolejności rozpoznanie wizyjne i agenturalne.

Z przeprowadzonej analizy wpływu rozpoznania radioelektronicznego na żywotność stanowiska dowodzenia wynika, że przeciwnik posiadanymi siłami i środkami rozpoznania radiowego w warunkach dostępności pola elektromagnetycznego, znajomości środków radiowych, radioliniowych i radiolokacyjnych, w oparciu o znajomość jawnych cech demaskujących stanowisko dowodzenia jest w stanie je rozpoznać ze znacznej odległości.

Do jawnych cech demaskujących stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego ze względu na rozpoznanie radioelektroniczne zaliczyć można:

- stałą strukturę sieci łączności o znanym stopniu nasycenia sprzętem łączności i radiolokacji;
- kwalifikacje operatorów, a także indywidualne własności pracy każdego z nich na urządzeniach łączności;
- indywidualne cechy środków łączności i radiolokacji wyróżniające je z grona urządzeń tej samej grupy.

Te dwie ostatnie cechy wykorzystywane są przez przeciwnika do określania w sposób pośredni lokalizacji związku taktycznego do którego należy dany środek łączności czy też radiolokacji.

Pod względem dokładności, jakości i zakresu dostarczonej informacji , rozpoznanie wizyjne posiada przewagę nad innymi sposobami rozpoznania stanowiska dowodzenia.

Podobnie jak w technice rozpoznania radioelektronicznego, zasięg rozpoznania wizyjnego zależy od idywidualnych bądź grupowych cech demaskujących stanowisko dowodzenia. Do ważniej-

szych z nich zaliczyć można :

- charakterystyczną pozycję na wzniesieniu;
- kontury, kształt i cienie budowli fortyfikacyjnych;
- rozstawione na pozycjach środki radiolokacyjne miejscowej kompani radiotechnicznej;
- sytem dróg dojazdowych do ogrodzonego obszaru.

Rozpoznanie wizyjne prowadzone (nasila się) jest głównie bezpośrednio przed wykonaniem uderzeń ogniowych przeciwnika na rozpoznawane obiekty. Jest więc jednym z symptomów świadczących o zamiarze ich porażenia.

Rozpoznanie agenturalne znajduje się obecnie w fazie przeobrażeń uwarunkowanych dynamicznym rozwojem optyki i elektroniki. Zaznaczają się tendencje do integrowania go z elementami rozpoznania radioelektronicznego i wizyjnego zwiększając tym samym skuteczność tej techniki w rozpoznawniu obiektów naziemnych.

Przeciwnik stosując różne techniki rozpoznania jest w stanie zlokalizować stanowisko dowodzenia z dokładnością do kilku metrów. Tym samym przeciwdziałanie rozpoznaniu stanowisk dowodzenia szczebla taktycznego przez całą gamę sił i środków rozpoznania radioelektronicznego, wizyjnego jak i agenturalnego stanowi jedną z determinantów ich żywotności w czasie działań bojowych.

Bezpośrednie zagrożenie dla żywotności stanowiska dowodzenia stanowi oddziaływanie ogniowe i radioelektroniczne przeciwnika.

Analiza sił i środków rażenia ogniowego przeciwnika wskazuje, iż stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego OP nie są obiektami bezpośrednich uderzeń jądrowych lecz mogą stanowić cele dla innych środków ogniowych, którymi dysponuje.

Zasięg oddziaływania czynników wybuchu jądrowego pozwala sądzić, iż stanowiska te mogą znaleźć się w strefach ich działywania. Z wyróżnionych czynników broni jądrowej największym zagrożeniem dla stanowiska dowodzenia, ze względu niszczący charakter oddziaływania zarówno na siłę żywą jak i obiekty techniczne jest fala uderzeniowa, w następnej kolejności promieniowanie cieplne, promieniowanie przenikliwe, impuls elektomagnetyczny.i promieniotwórcze skażenie terenu.

Możliwości użycia broni chemicznej czy też bojowych środków trujących , a zarazem brak zdolności stanowisk dowodzenia do wczesnego ich wykrywania i identyfikacji, może spowodować obezwładnienie ich stanów osobowych, a tym samym utratę ich żywotności.

Analiza parametrów taktyczno - technicznych wyróżnionych w rozprawie konwencjonalnych środków rażenia, a przede wszystkim ich skuteczność działania, skłania do refleksji, iż stacjonarne, stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego są łatwym obiektem do zniszczenia.

Rozmieszczenie stanowisk dowodzenia w strefie oddziaływań wojsk lądowych potęguje ilość środków oddziaływania ogniowego na stanowisko dowodzenia, broni konwencjonalnej i broni precyzyjnego rażenia. Ten ostani rodzaj broni, ze względu na swoją skuteczność, a tym samym skalę zagrożenia utożsamia się ze skutecznością broni jądrowej co czyni go szczególnie niebezpiecznym dla żywotności stanowisk dowodzenia.

Na podstawie dokonanej analizy sił i środków oddziaływania radioelektronicznego przeciwnika można stwierdzić, że przeciwnik jest w stanie rozpoznać i zakłócić w czasie rzeczywistym każdą sieć, kierunek radiowy oraz środki radiolokacyjne stanowisk dowodzenia znajdujących się w pasie styczności wojsk, na głębokość zależną od zakresu częstotliwości środków rozpoznania i zakłócania. Małe możliwości stanowisk dowodzenia szczebla taktycznego w zakresie przeciwstawienia się zakłócaniu środków łączności i radiolokacji mogą wpływać negatywnie na zdolność kierowania aktywnymi środkami walki, a tym samym na zachowanie żywotności stanowiska dowodzenia w czasie działań bojowych.

4. Model matematyczno - ocenowy stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego.

Przeprowadzona identyfikacja stanowiska dowodzenia w rozdziale drugim i trzecim została wykorzystana do opracowania modelu identyfikowanego systemu.

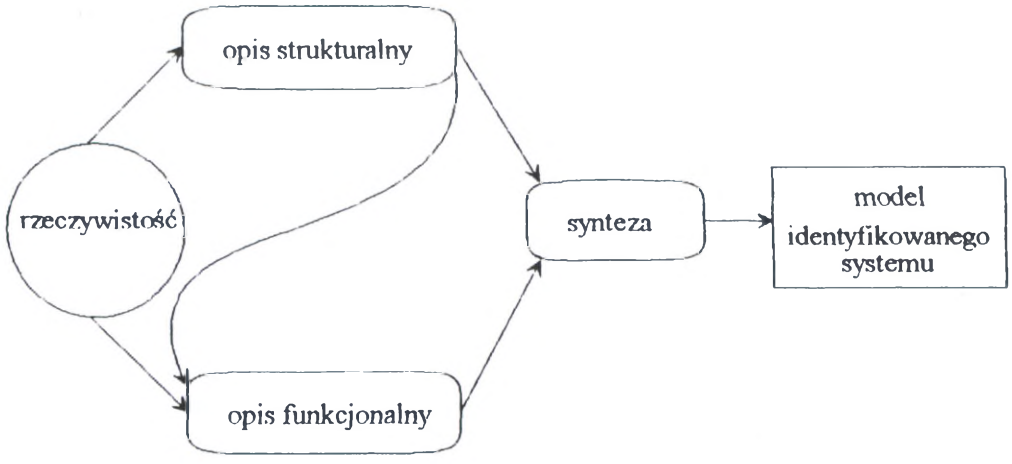
W części pierwszej nimniejszego rozdziału został przedstawiony proces tworzenia modelu, natomiast w części drugiej opracowano dla potrzeb oceny żywotności stanowiska dowodzenia algorytmy i programy, które umożliwią ocenę jego stanów osobowych, struktur informacyjno - decyzyjnych i niezawodnościowych obiektów technicznych.

4.1. Procedura tworzenia modelu identyfikowanego systemu stanowiska dowodzenia.

Proces opracowania modelu stanowiska dowodzenia polega na odwzorowaniu zjawisk, procesów w nim zachodzących na innej bazie materialnej, które pozwolą przedstawić jego cechy istotne z punktu widzenia celu nimniejszej rozprawy. Uzyskany tą drogą model reprezentuje uproszczony wariant systemu rzeczywistego. Uproszczenie polegało na pomijaniu (odrzuceniu) mało istotnych szczegółów z punktu widzenia celu badań. Stopień uproszczenia modelu określony został następującymi założeniami:

- pokonanie obrony powietrznej przez przeciwnika ma charakter zmiennej losowej.
- stanowisko dowodzenia jest obiektem oddziaływania środków radioelektronicznych i ogniowych
- stanowisko dowodzenia jest w przedziale czasu oddziaływania sił i środków przeciwnika obiektem nienaprawialnym;
- występujące uszkodzenia na stanowisku dowodzenia są zmiennymi niezależnymi;
- wyłączenie z działania osób funkcyjnych stanowiska dowodzenia ma charakter zmiennej losowej o rozkładzie równomiernym;
- uszkodzeniu ulegają tylko węzły sieci.

Model identyfikowanego systemu powstaje w wyniku syntezy opisu strukturalnego i funkcjonalnego. Jego interpretację graficzną przedstawia rys. 4.1



Rys. 4.1. Łańcuch działania przy tworzeniu modelu identyfikowanego systemu.

Opis strukturalny obiektu zawarty w rozdziale 2.1 określa jego części składowe, elementów otoczenia oraz połączeń występujących między nimi. Wykonany opisu strukturalny odzwierciedla istniejącą strukturę rozpatrywanego systemu, czyli zostały określone elementy sytemu oraz istniejące między nimi połączenia, tzn. wejścia, wyjścia, sprzężenia itp. Ważnym elementem tego opisu jest dokładne zdefiniowanie otoczenia systemu.

Opis funkcjonalny zawarty w tym samym rozdziale co opis strukturalny określa wszystkie cele systemu, zarówno główne jak i cząstkowe oraz czynności je realizujące.

Synteza opisu strukturalnego i funkcjonalnego polega na połączeniu elementów struktury systemu z odpowiednimi celami głównymi i cząstkowymi. W wyniku syntezy otrzymujemy model badanego systemu, zawierający zarówno opis struktury systemu, jak i opis, umiejscowienie w strukturze, branych pod uwagę celów. Oprócz tego każdej części składowej systemu są przyporządkowane czynności, których wykonanie pozwala na zrealizowanie poszczególnych celów systemu.

Kolejność wykonywania czynności poszczególnych opisów składowych (tzn. opisu strukturalnego i funkcjonalnego) nie jest dowolna, gdyż przy opisie funkcjonalnym korzystamy z niektórych informacji zawartych w opisie strukturalnym.

Model stanowiska dowodzenia został przedstawiony w postaci sieci , natomiast opis jego struktury został przedstawiony w postaci grafu G. Wierzchołki grafu G tworzą wszystkie części składowe systemu oraz wszystkie nań oddziaływujące elementy otoczenia, gałęzie grafu natomiast tworzą wszystkie wyróżnione w systemie połączenia.

Graf systemu stanowi trójkę uporządkowaną:

$$G = < W, U, P > \tag{4.1}$$

gdzie:

W - zbiór wierzchołków grafu G;

$W = O \cup C_s$;

O - zbiór wszystkich elementów otoczenia systemu;

$O = \{O_1, O_2, O3, O_4\}$;

C_s - zbiór wszystkich części składowych systemu;

$C_s = \{S, P_1, ...,P7, e1,...e_{21}, e_{22}\}$, w celu uproszczenia zapisu dokonano przeliterowania zbioru C_s:

$$C = \{c_1, c_2, ...,c_{30}\} \tag{4.2}$$

U - zbiór wszystkich gałęzi grafu G.

Zbiór U tworzą wszystkie połączenia występujące w systemie. Ponieważ w systemie można wyróżnić trzy rodzaje połączeń: informacyjne, zasileniowe, decyzyjne, to zbiór gałęzi U jest sumą następujących trzech rozłącznych podzbiorów:

$$U = U_1 \cup U_2 \cup U_3 \tag{4.3}$$

gdzie:

U_1 - zbiór połączeń informacyjnych;

U_2 - zbiór połączeń zasileniowych;

U_3 - zbiór połączeń decyzyjnych.

P jest relacją trójczłonową: $P \subset W \times U \times W$ spełniającą poniższy warunek:

$$\bigwedge_{u \in U} \left| \bigvee_{(x,y) \in W \times W} [\langle x, u, y \rangle \in P] \wedge \bigwedge_{(x',y') \in W \times W} \left[\langle x', u, y' \rangle \in P \right] \Rightarrow \left[\left(x' = x \wedge y' = y \right) \vee \left(x' = y \vee y' = x \right) \right] \right| \tag{4.4}$$

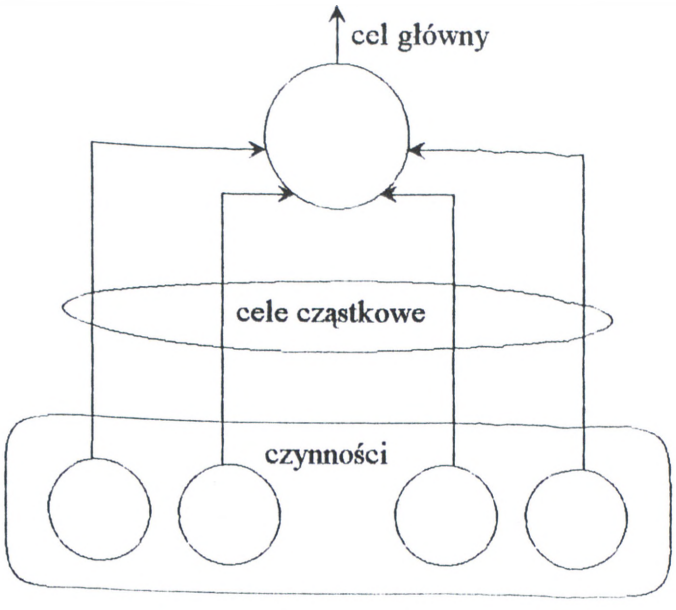
Relacja P określa, że dana gałąź może istnieć tylko między jedną parą wierzchołków grafu G.

W każdej części składowej systemu wykonywane są charakterystyczne dla niej czynności, które pozwalają na realizację celów omawianej części.

Cel cząstkowy jest realizowany poprzez wykonywanie pojedynczej czynności. Czynność jest elementarnym procesem, a jego realizacja pozwala na wykonanie celu cząstkowego danej części składowej systemu.

Wykonanie wszystkich celów cząstkowych składa się na zrealizowanie celu głównego danej części

składowej systemu, co przedstawia rys. 4.2.



Rys. 4.2. Cel główny i cele cząstkowe części składowej systemu.

System może dążyć do osiągnięcia wielu, nieraz bardzo różnych celów, ale są one zawsze podporządkowane realizacji celu głównego systemu. W taki sposób cel główny badanego systemu zostaje osiągnięty poprzez realizację czynności wykonywanych w częściach składowych systemu (celów cząstkowych).

Opis funkcjonalny badanego systemu został ukończony po zebraniu wystarczającej liczby informacji umożliwiającej zdefiniowanie poniższych zbiorów i funkcji [57]:

- niepustej przestrzeni celów realizowanych w systemie:

$$Z \neq \{0\} \qquad Z = \{1,2, ...,z,.., Z\} \tag{4.5}$$

- niepustej przestrzeni czynności koniecznych do zrealizowania wszystkich celów systemu z przestrzeni Z:

$$S \neq \{0\} \qquad S = \{1,2,.....,s,..,S\} \tag{4.6}$$

- rodzinę B wszystkich podzbiorów przestrzeni czynności S;
- funkcję f_1, będącą indeksową rodziną podzbiorów przestrzeni czynności S:

$$f_1 : Z \rightarrow B \tag{4.7}$$

[57] Rasiowa M.: Wstęp do matematyki współczesnej, WNT, Warszawa 1975 r. s.27

gdzie:

$f_1(z)$ - zbiór czynności koniecznych do wykonania przy realizacji celu o numerze z.

Jak wcześniej wspomniano identyfikowany model systemu powstaje w wyniku syntezy opisu strukturalnego i funkcjonalnego. Synteza ta polega na uporządkowaniu poszczególnych celów z przestrzeni celów systemu Z, odpowiednim częściom składowym systemu ze zbioru C. Proces ten wykonany został zgodnie z poniższymi regułami:

- dla każdego elementu ze zbioru części składowych systemu C istnieje niepusty podzbiór w przestrzeni celów systemu Z, będący zbiorem celów cząstkowych;

- dla każdego elementu ze zbioru części składowych systemu C istnieje niepusty podzbiór jednoelementowy przestrzeni celów systemu Z, będąc celem głównym danego elementu;

- dla każdego elementu ze zbioru przestrzeni części składowych systemu C istnieje niepusty podzbiór przestrzeni czynności S, koniecznych do wykonania celów cząstkowych i celu głównego tego elementu.

Zgodnie z powyższymi regułami określone zbiory i funkcje można zapisać w postaci formuł matematycznych, gdzie:

- R - rodzina wszystkich podzbiorów przestrzeni celów systemu Z realizowanych w systemie;

- f_2 - funkcja indeksowa rodzina podzbiorów przestrzeni F celów systemu Z:

$$f_2 : C \rightarrow R \tag{4.8}$$

gdzie:

- C - zbiór wszystkich części składowych systemu:

- $C = \{c_{k1}, c_{k2}, \ldots c_K\}$ (zgodnie z zależnością 4.2 dla K = 30);

- $f_2(c_k)$ - zbiór wszystkich celów cząstkowych realizowanych przez element c_k;

- f_3 - funkcja indeksowa, rodzina podzbiorów przestrzeni celów systemu Z:

$$f_3 : C \rightarrow R \tag{4.9}$$

gdzie:

- $f_3(c_k)$ - zbiór jednoelementowy, zwierający cel główny elementu c_k;

- f_4 - funkcja indeksowana, rodzina podzbiorów przestrzeni czynności S:

$$f_4 : C \rightarrow B \tag{4.10}$$

gdzie:

B - rodzina wszystkich podzbiorów przestrzeni czynności S;

$f_4(c_k)$ - zbiór czynności koniecznych do wykonania po realizacji celów cząstkowych i celu głównego elementu c_k.

Model stanowiska dowodzenia w postaci sieci powstaje z grafu systemu, na węzłach którego opisano funkcje $f2,f3,f_4$, tzn. zbiór celów i czynności przez tę sieć realizowanych.
Sieć została zdefiniowana w sposób następujący:

$$S = < G, F, \{0\} > \tag{4.11}$$

gdzie:

G - graf struktury systemu (zależność 4.1);

F- zbiór funkcji opisanych na wierzchołkach grafu G.

Graf struktury stanowiska dowodzenia opisany w języku teorii zbiorów i relacji, jak wyżej, nie jest wygodny do rozwiązywania z punktu widzenia wykorzystania elektronicznych technik obliczeniowych.

Podstawową informację o strukturze grafu G w postaci algebraicznej można przedstawić za pomocą macierzy przejść [66].

$$S_G = \|\sigma_{ij}\|, \quad i, j = 1, 2, .., n, \tag{4.12}$$

Indeksy i, j odpowiadają numerom węzłów, n jest liczbą węzłów, natomiast σ_{ij} jest liczbą łuków łączących węzeł c_{ki} z węzłem c_{kj}.

Bezpośrednie przejście między stanami elementów macierzy c_{ki} z węzłami c_{kj} oznacza jedynka na przecięciu i - tego wiersza j - kolumny. Pozostałe elementy macierzy są zerami.

Wyznaczone macierze przejść wyróżnionych grafów sieci stanowiska dowodzenia pozwoliły na określenie niezawodności tych struktur. Metoda ta znalazła szczególne zastosowanie przy badaniu sieci łączności.

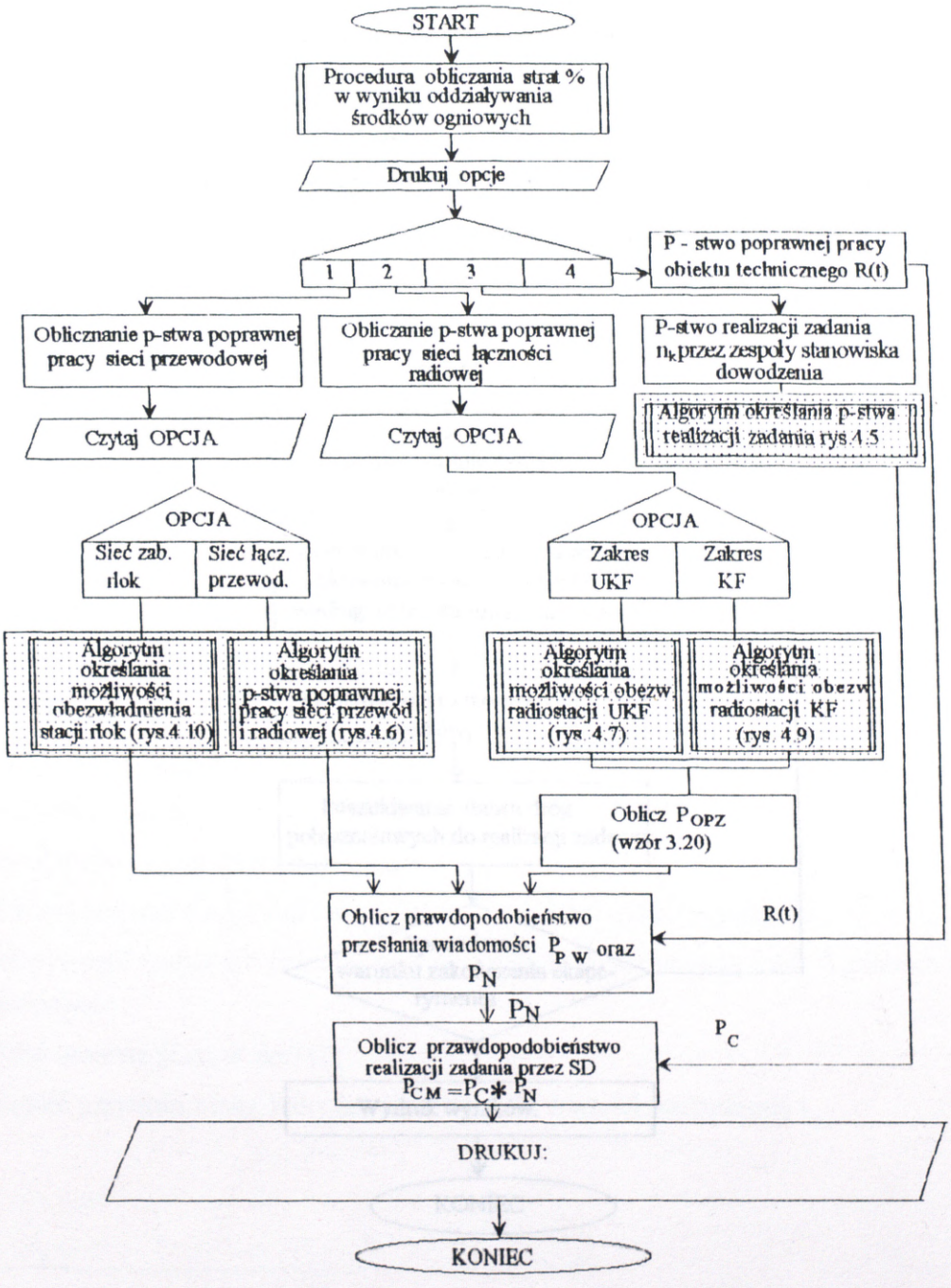
Zgodnie z założeniami badań dotyczących losowości oddziaływania otoczenia na stanowisko dowodzenia, można przyjąć, że wyróżnione grafy reprezentują pewne zdarzenia losowe, którym można przyporządkować określone prawdopodobieństwa.

Do rozwiązań takich grafów wykorzystać można w pełni prawa rachunku prawdopodobieństwa. Należy przy tym mieć świadomość, że tak określony graf nie jest grafem w dotychczasowym rozumieniu tego pojęcia, lecz rodziną grafów losowych spełniających postulaty algebry zdarzeń i mającą określone prawdopodobieństwa [66].

Metoda grafów losowych znalazła przede wszystkim zastosowanie w rozwiązywaniu problemu realizacji zadań przez osoby i zespoły funkcyjne w warunkach losowego oddziaływania przeciwnika na stanowisko dowodzenia.

4.2. Propozycje algorytmów do oceny stanowiska dowodzenia.

Do oceny modelu stanowiska dowodzenia opracowano algorytm ogólny i algorytmy cząstkowe, które dają się przedstawić w następującej postaci (rys. 4.3).

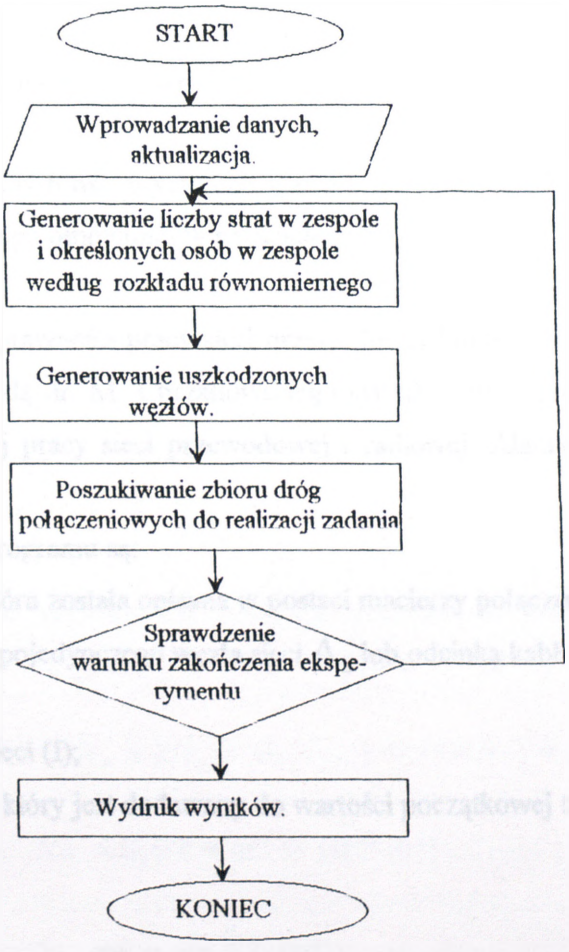


Rys. 4.3. Algorytm do oceny modelu stanowiska dowodzenia.

Cząstkowymi algorytmami - procedurami schematu ogólnego są algorytmy:

- określania prawdopodobieństwa realizacji zadania przez zespoły stanowiska dowodzenia;
- określania prawdopodobieństwa poprawnej pracy sieci przewodowej;
- określania możliwości obezwładniania łączności radiowej zakresu UKF;
- określania możliwości obezwładniania łączności radiowej zakresu KF;
- określania możliwości identyfikacji i obezwładniania stacji radiolokacyjnych;
- algorytm określania stopnia rażenia stanowiska dowodzenia w wyniku oddziaływania środków konwencjonalnych i jądrowych, które są matematyczną realizacją wyróżnionych grafów funkcjonowania tego stanowiska.

W celu określenia prawdopodobieństwa realizacji zadań przez stanowisko dowodzenia opracowano program algorytm i program GRAF 1 na komputer klasy IBM. Algorytmy działania programu przedstawia rys. 4.4, algorytmy szczegółowe zawarte są w załączniku 4.1.



Rys. 4.4. Algorytm określania prawdopodobieństwa realizacji zadań przez stany osobowe stanowiska dowodzenia - programu GRAF 1.

Danymi wejściowymi do programu są:

- grafy połączeń zespołów i osób funkcyjnych w tychże zespołach realizujących zadanie n_k, które zostały opisane w postaci macierzy połączeń;
- prawdopodobieństwo poprawnej realizacji zadania n_k osób funkcyjnych zespołów stanowiska dowodzenia;
- procent zadanych strat stanu osobowego;
- liczba cykli powtórzeń eksperymentu (w celu określenia wartości średniej prawdopodobieństwa realizacji zadania n_1);

Przy realizacji programu założono, że generowanie strat w zespołach funkcyjnych stanowiska dowodzenia odbywa się zgodnie z rozkładem równomiernym. Uzasadnienie nimniejszego założenia przedstawiono w załączniku 4.2.

Podstawą wykorzystania programu GRAF 1 jest określenie: grafów połączeń zespołów funkcyjnych dla realizacji zadania n_k ($n_k \in N, N = \{n_1, .., n_k, .., n_K\}$, K - liczba realizowanych zadań) oraz grafów połączeń osób funkcyjnych w wyróżnionych zespołach (rozdział 2) przy realizacji zadania n_k.

Przykładowe grafy dla wyróżnionych zadań realizowanych przez zespoły funkcyjne zawarte są w załączniku 5.5.

Wyniki badań zespołów funkcyjnych realizujących określone zadania n_k na stanowisku dowodzenia szczebla taktycznego omówiono w rozdziale piątym.

W celu określenia poprawności pracy sieci przewodowej i radiowej stanowiska dowodzenia został wykorzystany za zgodą dr. M. Chrzanowskiego symulacyjny [58] program określania prawdopodobieństwa poprawnej pracy sieci przewodowej i radiowej. Algorytm działania programu przedstawia rysunek 4.5.

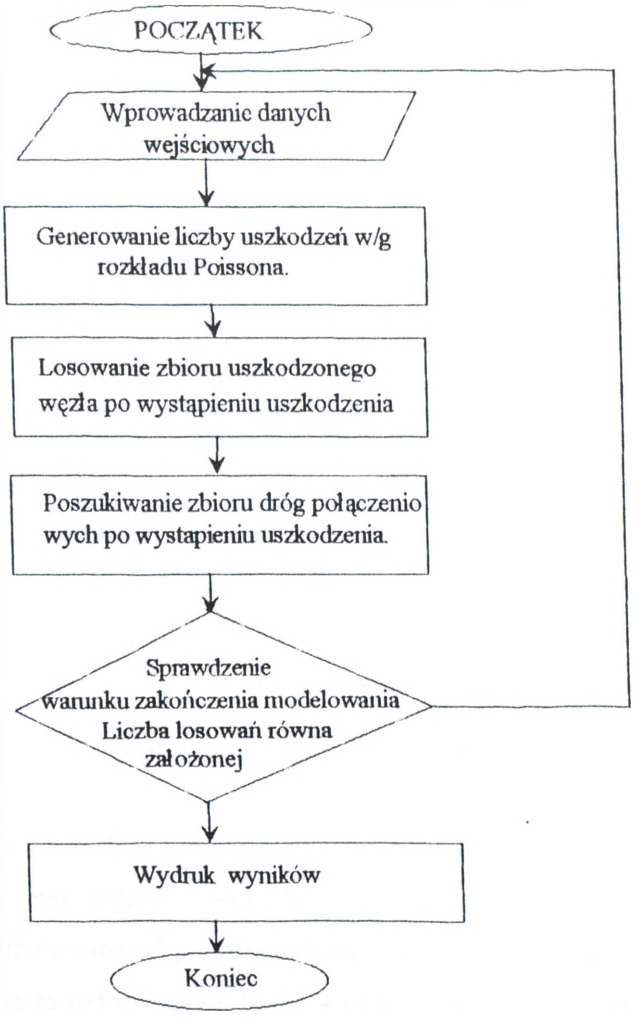
Danymi wejściowymi do programu są:

- struktura badanej sieci, która została opisana w postaci macierzy połączeń;
- intensywność uszkodzeń pojedynczego węzła sieci Λ_s lub odcinka kabli Λ_K lub ich łączna Λ intensywność ;
- liczba obserwacji stanu sieci (I);
- wartość przyrostu czasu, który jest dodawany do wartości początkowej t_p.

---

[58] Symulacja jest techniką numeryczną służącą do dokonywania eksperymentów na pewnych rodzajach modeli matematycznych, które opisują za pomocą maszyny cyfrowej zachowanie się złożonego systemu w ciągu długiego okresu czasu [5].

- liczba losowań w celu określenia k -liczby uszkodzeń w sieci według rozkładu Poissona.



Rys. 4.5. Algorytm określania prawdopodobieństwa poprawnej pracy sieci przewodowej i radiowej - programu GRAF 2.

Po wprowadzeniu danych wejściowych następuje generowanie liczby k - uszkodzeń w sieci, dla określonych $\Lambda = \Lambda_S + \Lambda_K$ i t z największym prawdopodobieństwem.

$$\Lambda_S = (\alpha N_l + 15N_s + 2N_p + 0,5N_r + 0,004N_z) * 10^{-6} \text{ [h}^{-1}\text{]} \quad (4.12)$$

$$\Lambda_K = 0,02 * m^o * 10^{-6} \text{ [h}^{-1}\text{]} \quad (4.13)$$

$$m^o = \frac{1}{l_{min}} \sum_{i}^{n} l_i \text{ [h}^{-1}\text{]} \quad (4.14)$$

gdzie:

N_l - liczba lamp elektronowych

- współczynnik α ustalany jest w zależności od rodzaju lamp, przy czym dla lamp odbiorczych α =30, dla lamp nadawczych α = 600;

N_S - liczba silników i przekaźników;

N_p - liczba elementów półprzewodnikowych;

N_r - liczba pozostałych elementów elektrycznych, elektromechanicznych, układów scalonych oraz elementów mechanicznych mających wpływ na podstawowe parametry układów elektronicznych;

N_z - pozostałe elementy mechaniczne;

m^0 - liczba odcinków kabli i przewodów;

l - długość odcinka kabla [m].

Kolejnym krokiem jest losowanie numeru uszkodzonego węzła w sieci, metodą odwracania dystrybuanty rozkładu równomiernego. Proces losowania numeru uszkodzonego węzła sieci jest realizowany zgodnie z algorytmem przedstawionym na rysunku 4.5.

Przebiega on w następujący sposób:

- generujemy z przedziału (0 ,1) wartość zmiennej losowej prawdopodobieństwa (R) wykorzystując generator liczb pseudolosowych;
- korzystając z dystrybuanty rozkładu równomiernego obliczamy numer uszkodzonego węzła.

Jeżeli węzeł został uszkodzony, następuje aktualizacja macierzy połączeń, w miejsce "1" wprowadzamy "0".

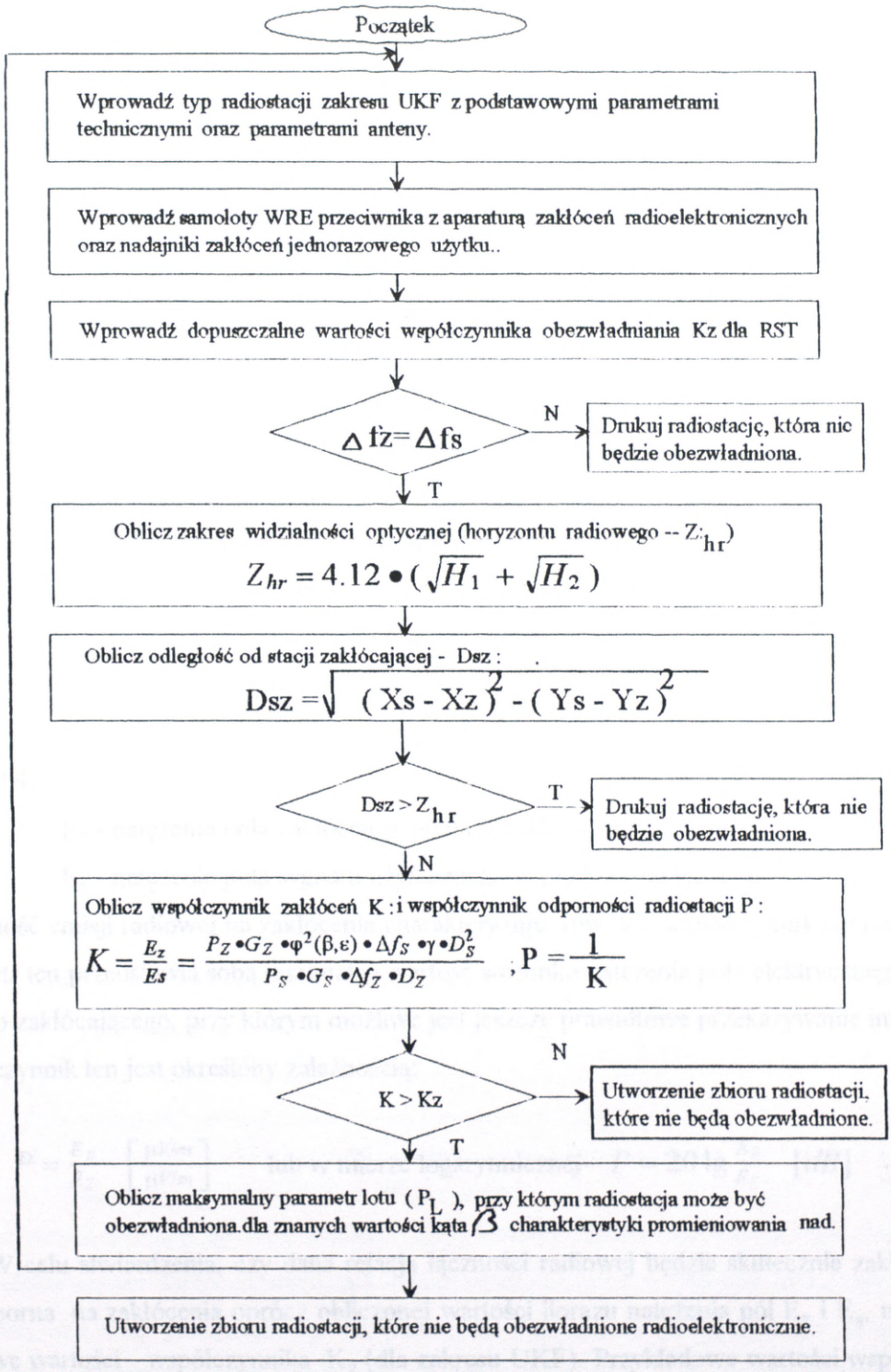
Następnie poszukiwany jest zbiór dróg połączeniowych pomiędzy węzłami sieci i określana jest liczba komunikujących się par węzłów sieci. Wykonuje się również sprawdzenie, czy nie występują w sieci węzły odizolowane od pozostałych węzłów sieci, oraz ich rejestrację.

Dla *struktury gwiaździstej* (a ta jest obszarem badań - ze względu na specyfikę połączeń sieci stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego) rejestrowane jest zdarzenie uszkodzenia węzła centralnego sieci.

Zmieniając t o kolejną zadaną wartość t_i powtarzamy proces obliczeń od początku tzn. generujemy kolejną liczbę k - uszkodzeń w sieci, losujemy numery uszkodzonych węzłów itd.

Proces ten powtarzamy do chwili spełnienia warunku zakończenia modelowania tzn. kiedy liczba powtórzeń będzie równa założonej liczbie i - obserwacji sieci. Kolejnym etapem jest wydruk wyników z przeprowadzonych badań. Wyniki eksperymentu zostały omówione w rozdziale piątym, prezentacja graficzna wyników badań przedstawiono w załącznikach 5.7.

W celu określenia możliwości obezwładniania łączności radiowej zakresu UKF i uwzględnienia obezwładnionej radiostacji w strukturze niezawodnościowej sieci łączności stworzono algorytm przedstawiony na rys. 4.6.



Rys. 4.6 Algorytm określania możliwości obezwładniania radiostacji zakresu UKF.

Łączność radiowa jest jednym ze sposobów przekazywania komend i meldunków mogących zabezpieczyć dowodzenie wojskami i jedynym sposobem przekazywania komend i meldunków mogących zabezpieczyć dowodzenie samolotami w powietrzu, a jej zakłócenie prowadzi do zerwania lub utrudnienia dowodzenia.

Identyfikację łączności radiowej UKF przeciwnik może prowadzić wówczas, gdy zasięg rozpoznawczego źródła (Z_R) jest większy od zasięgu horyzontu radiowego (Z_{hr}), czyli $Z_R > Z_{hr}$.

Zasięg horyzontu radiowego określa się korzystając ze wzoru:

$$Z_{hr} = 4.12 \bullet (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}) \tag{4.15}$$

gdzie :

- H_1 i H_2 - wysokości: anteny odbiorczej i nadawczej nad powierzchnią Ziemi;

Zakłócenie określonej relacji łączności radiowej UKF jest możliwe wówczas, gdy zasięg zakłóceń (Z_Z) jest większy od zasięgu horyzontu radiowego (Z_{hr}), czyli $Z_Z > Z_{hr}$.

Zakłócenie łączności radiowej UKF w granicach horyzontu radiowego (widoczności optycznej), jest możliwe, wówczas gdy stosunek natężeń pól sygnału zakłócającego i sygnału użytecznego jest większy lub równy progowej wartości współczynnika zakłóceń (K_Z).

$$\frac{E_Z}{E_S} \geq K_Z \tag{4.16}$$

gdzie:

E_Z - natężenie pola zakłóceń w punkcie zakłócanym;

E_S - natężenie pola sygnału użytecznego w punkcie zakłócanym.

Odporność emisji radiowej na zakłócenia charakteryzuje również *współczynnik ochronny* [122]. Parametr ten przedstawia sobą minimalną wartość stosunku natężenia pola elektrycznego użytecznego do zakłócającego, przy którym możliwe jest jeszcze prawidłowe przekazywanie informacji.[59] Współczynnik ten jest określony zależnością:

$$P = \frac{E_S}{E_Z} \left[\frac{\mu V/m}{\mu V/m}\right] \quad \text{lub w mierze logarytmicznej} \quad P = 20 \lg \frac{E_S}{E_Z} \ [dB] \tag{4.17}$$

W celu stwierdzenia, czy dana relacja łączności radiowej będzie skutecznie zakłócana czy też odporna na zakłócenia oprócz obliczonej wartości ilorazu natężenia pól E_Z i E_S, należy znać progowe wartości współczynnika K_Z (dla zakresu UKF). Przykładowe wartości współczynnika K_Z oraz P zostały przedstawione w tabeli nr 4.1 oraz w załączniku 4.3.

---

[59] W radiokomunikacji przyjmuje się, że prawidłowe przekazywanie informacji jest możliwe jeżeli spełnia on stawiane mu wymagania w ciągu 90% czasu funkcjonowania.

Zestawienie progowych wartości współczynnika zakłóceń w zależności od rodzaju pracy urządzenia.

Tabela 4.1

WARTOSC WSPOŁCZYNNIKA ZAKŁÓCEŃ	RODZAJ PRACY					
	Tlg AT	Tlg FM	Tlg Ton	Tlf AM	Tlf SSB	Tlf FM
K_Z^{UKF}	0.9	1.1	2	2	4	1.2

W realnych sytuacjach stacja zakłóceń i obiekt radioelektroniczny zakłócany znajdują się w różnych miejscach. W takim przypadku energia zakłóceń przychodząca na wejście stacji radiolokacyjnej czy też radiostacji jest jeszcze bardziej osłabiona ze względu na nie pokrywanie się maksimów charakterystyk kierunkowych anten stacji radiolokacyjnych czy też radiostacji i stacji zakłóceń. To osłabienie może być dość znaczne (dla niektórych przypadków - 1000 razy) [98] i powinno być uwzględnione przez wprowadzenie specjalnego współczynnika $\phi^2(\beta, \varepsilon)$. Tak więc współczynnik zakłóceń po uwzględnieniu współczynnika osłabienia sygnału przybiera postać:

$$K_Z = \frac{E_Z}{E_S} = \frac{P_Z * G_Z * \phi^2(\beta,\varepsilon) * \Delta f_s * 4\pi * D_{SRL}^4}{P_{SRL} * G_{SRL} * \sigma * \Delta f_z * D_Z} \qquad (4.18)$$

gdzie:

- $\phi(\beta)$ - szerokość charakterystyki kierunkowej pokładowej stacji zakłócającej;
- D_Z - zasięg obezwładniania;
- D_{SRL} - obniżenie zasięgu wykrywania stacji (radiostacji) w warunkach zakłóceń aktywnych;
- G_Z - szerokość charakterystyki kierunkowej pochodzącej od stacji zakłócającej;
- $G_{SRL,\ RST}$ - szerokość charakterystyki kierunkowej pochodzącej od stacji radiolokacyjnej bądź też radiostacji, jeżeli jest ona uwzględniana jako obiekt obezwładniania radioelektronicznego;
- P_Z - moc nadajnika stacji zakłócającej;
- P_{SRL} - moc nadajnika stacji radiolokacyjnej (radiostacji) ;
- Δf_s - szerokość widma częstotliwościowego nadajnika stacji radiolokacyjnej (radiostacji);
- Δf_z - szerokość widma częstotliwościowego nadajnika zakłóceń częstotliwościowych;
- σ - skuteczna powierzchnia odbicia obiektu.

Powyższe równanie nosi nazwę podstawowego równania przeciwradiolokacji i stanowi kryterium oceny efektywności zakłóceń stacji radiolokacyjnych. Decyzję o tym czy SRL, radiostacja jest zakłócana czy nie, podejmuje się na podstawie porównania współczynnika K z wartością progową K_Z noszącego nazwę współczynnika zakłóceń. Jeżeli $K \geq K_Z$ to przyjmuje się, że stacja radiolokacyjna, radiostacja jest zakłócona. Jeżeli $K < K_Z$, to przyjmuje się, że SRL, radiostacja jest niezakłócana.

Danymi wejściowymi do opracowanego algorytmu obezwładniania radiostacji zakresu UKF są:

- moc, zysk antenowy, szerokość pasma częstotliwości, szerokość wiązki środków WRe - załącznik nr 3.20, 3.21, 3.22, 3.23;
- moc, zysk antenowy, szerokość pasma częstotliwości radiostacji własnych - załącznik 2.9;
- wartość progowego współczynnika zakłóceń dla zakresu UKF - załącznik 4.3;
- współrzędne prostokątne (x, y) dyslokacji radiostacji i środków WRe.

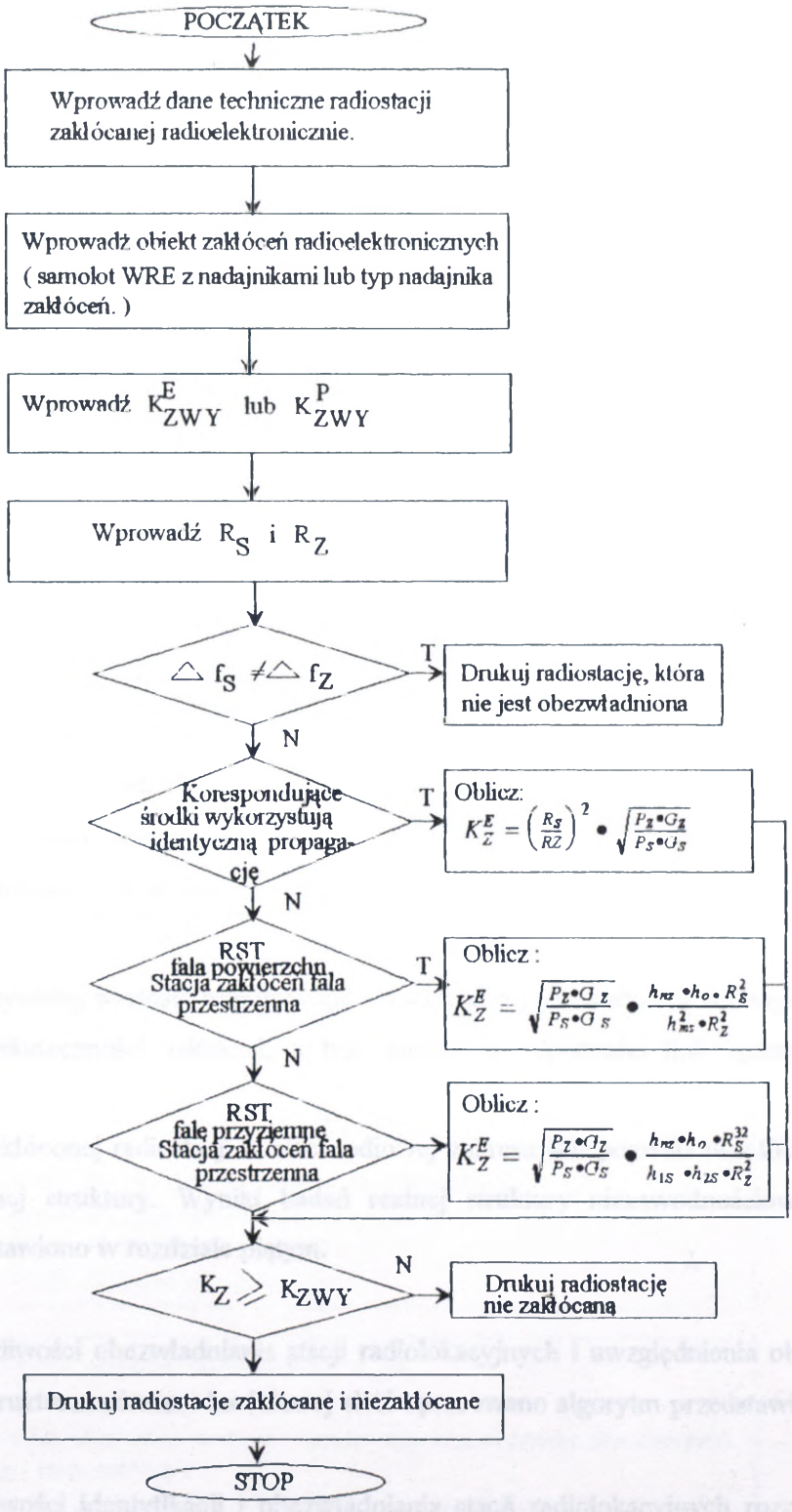
Uwzględniając wyeliminowane (obezwładnione) radiostacje zakresu UKF w programie symulacyjnym GRAF 2, określono niezawodność struktury łączności radiowej zakresu UKF realnego stanowiska dowodzenia - załącznik 2.14. Wyniki badań przedstawiono w rozdziale piątym.

W celu określenia możliwości obezwładniania łączności radiowej zakresu KF i uwzględnienia obezwładnionej radiostacji w strukturze niezawodnościowej sieci łączności opracowano algorytm przedstawiony na rys. 4.7.

Danymi do opracowanego algorytmu są:

- moc, zysk antenowy, szerokość pasma częstotliwości, szerokość wiązki środków WRe - załącznik nr 3.20, 3.21, 3.22, 3.23;
- moc, zysk antenowy (energetyczny), szerokość pasma częstotliwości radiostacji własnych (załącznik 2.9);
- wartość progowego współczynnika zakłóceń dla zakresu KF - tabela 4.2;
- odległość pomiędzy środkami łączności przesyłającymi sygnał użyteczny, tzw. długość linii łączności (R_S);
- odległość między stacjami zakłócającą i zakłócanym środkiem łączności tzw. odległość zakłóceń (R_Z);
- rodzaj wykorzystywanych emisji;
- $h_1 = h_n^2 + h_m^2$ wzniesienie skorygowane anteny nadawczej (m);
- $h_2 = h_o^2 + h_m^2$ wzniesienie skorygowane anteny odbiorczej (m);
- h_o - wysokość zawieszenia (wzniesienia) anteny odbiorczej nad ziemią (m);
- h_m - wzniesienie pozorne anteny (m) przy danej polaryzacji, zależnie od długości fali oraz parametrów ziemi, tj. konduktywności i przenikalności elektrycznej gleby.

Na wejściu urządzenia odbiorczego powstaje sygnał wypadkowy, będący wynikiem nałożenia się sygnałów zakłócających na sygnał użyteczny. Stopień oddziaływania sygnałów zakłócających na odbiór sygnału użytecznego określony jest współczynnikiem zakłóceń (K_Z^P) (K_Z^P) od stosunku natężeń pól elektrycznych (mocy sygnału zakłócającego) P_Z (E_Z) i sygnału użytecznego P_S (E_S) mierzonym na wejściu odbiornika:



Rys. 4.7. Algorytm określania możliwości obezwładniania radiostacji zakresu KF.

$$K_Z^E = \frac{E_Z}{E_S} \quad lub \quad K_Z^P = \frac{P_Z}{P_S} \tag{4.20}$$

Przyjmuje się, że zakłócenia są skuteczne (sygnał użyteczny na wejściu odbiornika jest zniekształcony w stopniu uniemożliwiającym jego prawidłowy odbiór), gdy spełniona jest nierówność:

$$E_Z \geq K_{ZW}^E \bullet E_S \quad lub \quad P_Z \geq K_{ZW} \bullet P_S \tag{4.21}$$

gdzie:

K_{zw} - wymagany współczynnik zakłóceń, uzależniony głównie od rodzaju emisji.

Wartość wymaganego współczynnika zakłóceń dla podstawowych rodzajów emisji przedstawia tabela nr 4.2 [51].

Tabela 4.2

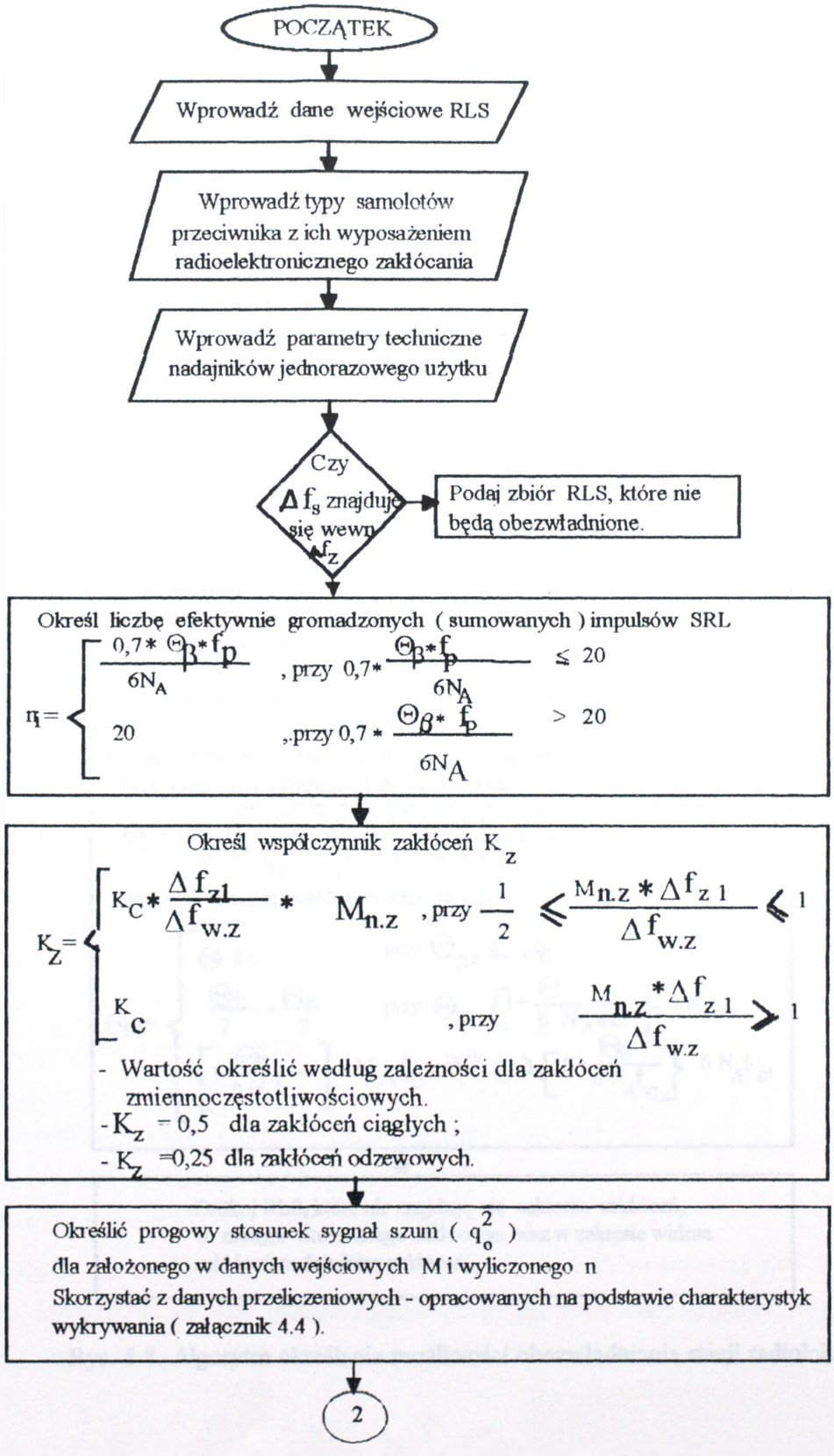
Lp.	RODZAJ EMISJI	Wymagana wartość współczynnika	
		$K_{zw}{}^E$	$K_{zw}{}^P$
1	Manipulacja amplitudy.	0,8	0,64
2	Manipulacja częstotliwości.	1 - 1,1	1 - 1,21
3	Modulacja amplitudy.	1,5 - 2	2,25 - 4
4	Modulacja jednowstęgowa	4 - 5	16 - 25
5	Modulacja częstotliwości	1,5	2,25

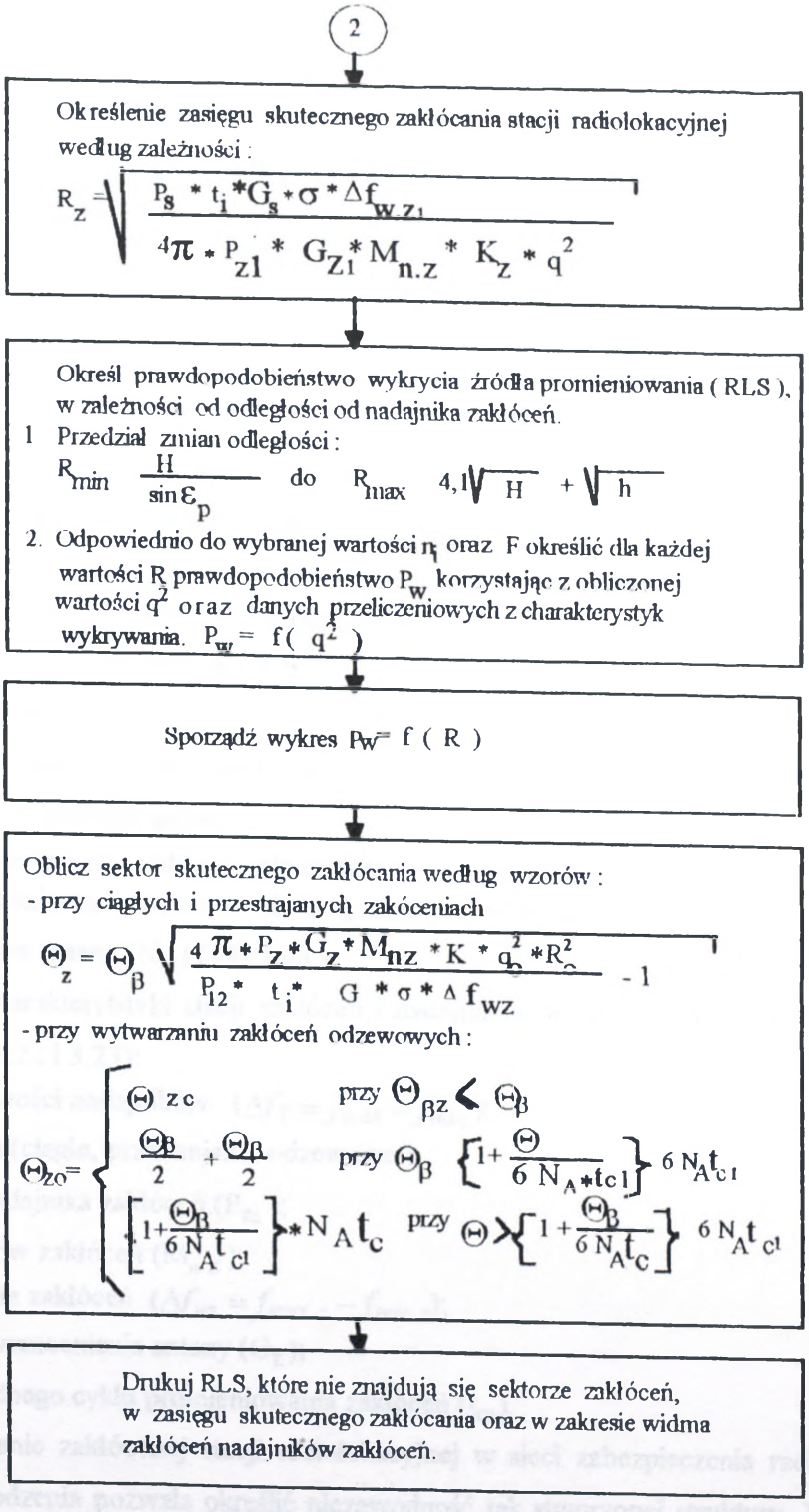
Porównanie rzeczywistej wartości współczynnika zakłóceń z jego wartością wymaganą pozwala wnioskować o skuteczności zakłóceń, a tym samym o odporności linii łączności na zakłócenia.

Uwzględnienie zakłóconej radiostacji w sieci radiowej zakresu KF pozwala określić niezawodność tak stworzonej struktury. Wyniki badań realnej struktury niezawodnościowej SD (załącznik 2.13) przedstawiono w rozdziale piątym.

W celu określenia możliwości obezwładniania stacji radiolokacyjnych i uwzględnienia obezwładnionej radiostacji w strukturze niezawodnościowej sieci opracowano algorytm przedstawiony na rys. 4.8.

Przez określenie możliwości identyfikacji i obezwładniania stacji radiolokacyjnych rozumiemy przyporządkowanie każdej stacji radiolokacyjnej zbioru urządzeń radioelektronicznych przeciwnika powietrznego, które będą mogły rozpoznać i obezwładnić zakłóceniami stację radiolokacyjną.


POCZĄTEK
Wprowadź dane wejściowe RLS
Wprowadź typy samolotów przeciwnika z ich wyposażeniem radioelektronicznego zakłócania
Wprowadź parametry techniczne nadajników jednorazowego użytku
Czy Δf_s znajduje się wewn. f_z
Podaj zbiór RLS, które nie będą obezwładnione.
Określ liczbę efektywnie gromadzonych (sumowanych) impulsów SRL
n_i = 0,7 * Θβ * f_p / 6N_A , przy 0,7 * Θβ * f_p / 6N_A ≤ 20
n_i = 20 ,przy 0,7 * Θβ * f_p / 6N_A > 20
Określ współczynnik zakłóceń K_z
K_z = K_C * Δf_z1 / Δf_w.z * M_n.z , przy 1/2 ≤ M_n.z * Δf_z1 / Δf_w.z ≤ 1
K_z = K_C , przy M_n.z * Δf_z1 / Δf_w.z > 1
- Wartość określić według zależności dla zakłóceń zmiennoczęstotliwościowych.
- K_z = 0,5 dla zakłóceń ciągłych ;
- K_z =0,25 dla zakłóceń odzewowych.
Określić progowy stosunek sygnał szum (q_o^2)
dla założonego w danych wejściowych M i wyliczonego n
Skorzystać z danych przeliczeniowych - opracowanych na podstawie charakterystyk wykrywania (załącznik 4.4).
2



Rys. 4.8. Algorytm określania możliwości obezwładniania stacji radiolokacyjnej.

Zależności matematyczne służące do określania możliwości obezwładniania obiektów radioelektronicznych przyjęto na podstawie pozycji [101].

Skuteczność obezwładniania zakłóceniami stacji radiolokacyjnych, w zależności od przeznaczenia i rozmieszczenia stacji radiolokacyjnych oraz czasu którym dysponują załogi stacji radiolokacyjnych, a także od ilości nadajników zakłócających i ich parametrów technicznych, można określić między innymi na podstawie zasięgu skutecznego zakłócania RLS i sektora skutecznego zakłócania stacji radiolokacyjnych.

Wartość zasięgu skutecznego zakłócania określa się minimalną odległością od stacji radiolokacyjnej, przy którym prawdopodobieństwo wykrycia P_w =0,5 i prawdopodobieństwo fałszywego alarmu (P_F) zawiera się w granicach 10^{-3} - 10^{-5}.

Danymi wejściowe do programu są:

1. Techniczne charakterystyki stacji radiolokacyjnych (załączniki 3.5, 4.4 i 4.5):
- zakres częstotliwości pracy stacji radiolokacyjnej - ($\Delta f_s = f_{max} - f_{min}$);
- liczba częstotliwości w każdym listku charakterystyki promieniowania RLS -(M);
- moc impulsu P_i na każdej częstotliwości;
- czas trwania impulsu (t_i);
- częstotliwość powtarzania impulsów (f_P);
- współczynnik wzmocnienia anteny (G);
- szerokość promieniowania anteny w płaszczyźnie poziomej (Θ_α);
- szerokość promieniowania anteny w płaszczyźnie pionowej (Θ_β);
- prędkość obrotów anteny (N_A) (obr/min).

2. Techniczne charakterytstyki stacji zakłóceń i nadajników jednorazowego użytku (załączniki 3.5, 3.20, 3.21, 3.22 i 3.23):
- zakres częstotliwości nadajników ($\Delta f_Z = f_{max} - f_{min}$);
- rodzaj zakłóceń (ciągłe, przestrajane, odzewowe);
- moc jednego nadajnika zakłóceń (P_{Z1});
- liczba nadajników zakłóceń ($M_{n.Z}$);
- szerokość widma zakłóceń ($\Delta f_{wz} = f_{max.z} - f_{min.z}$);
- współczynnik wzmocnienia anteny (G_Z);
- czas trwania jednego cyklu promieniowania zakłóceń (t_{C1}).

Uwzględnienie zakłóconej stacji radiolokacyjnej w sieci zabezpieczenia radiolokacyjnego stanowiska dowodzenia pozwala określić niezawodność tak stworzonej struktury. Wyniki badań realnej struktury niezawodnościowej SD (załącznik 2.15) przedstawiono w rozdziale piątym

Moduł "Porażenie ogniowe " umożliwia określenie wartości prawdopodobieństwa porażenia obiektu działań przez siły i środki napadu powietrznego przeciwnika. Pod pojęciem obiektu działań przyjęto obiekt grupowy składający się z trzech niejednorodnych celów elementarnych (budynek główny SD, RCO i RCN) rozmieszczonych na określonej płaszczyźnie.

W celu uproszczenia obliczeń w omawianym algorytmie przyjęto następujące założenia wstępne i uproszczenia:

- obiektem działań według którego przyjęto określać charakterystyki jest budynek główny SD;
- prawdopodobieństwo oddziaływania środków napadu powietrznego na obiekt ataku jest jednakowe dla tych środków i zależne od prawdopodobieństwa wykrycia stanowiska dowodzenia, wykonania ataku oraz rażenia przy użyciu przenoszonego uzbrojenia;
- wariant uzbrojenia przyjęto typowy dla określonego środka przenoszenia.
- wynikowe prawdopodobieństwo rażenia jest uzależnione od ilości uzbrojenia przenoszonego przez samolot składu grupy dokonującej ataku, a także przeciwdziałania;
- atak przeciwnik wykonuje na obiekt wykorzystując kolejno kierowane pociski rakietowe (kierowane radiolokacyjnie, samonaprowadzające się na podczerwień), niekierowane pociski rakietowe, bomby oraz broń pokładową.
- wysokość i prędkość atakujących samolotów uzależniona jest od danych technicznych samolotu, a także typu przenoszonego środka rażenia.

Przeprowadzona analiza literatury tematu wykazała dużą złożoność informacyjną procesów oddziaływania sił i środków przeciwnika na stanowisko dowodzenia. Uniemożliwiło to wypracowanie w procesie modelowania takich formuł matematycznych, które w pełni opisywałyby wszystkie czynniki i elementy omawianego procesu. Mimo to analiza ta pozwoliła ustalić najważniejsze czynniki wpływające na żywotność badanego stanowiska dowodzenia. Do czynników tych można zaliczyć:

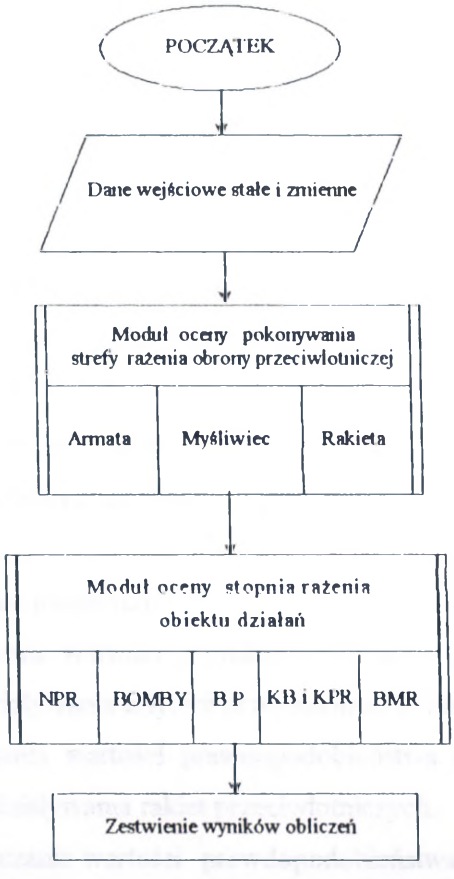
1) wielkość potencjału bojowego środków napadu powietrznego:
   - typ i liczba ŚNP prawdopodobnie użytych do uderzenia (na cel jak i obiekty osłony);
   - możliwe do zastosowania środki rażenia (parametry taktyczno-techniczne),
2) sposób działania środków napadu powietrznego:
   - prawdopodobny sposób jak i kierunek ataku obiektu;
   - rubież wykonania zadania;
   - możliwa liczba zajść i ponownych uderzeń na obiekt;
   - sposób pokonywania OP,
3) parametry taktyczno-techniczne środków wchodzących w skład systemu OP (lotnictwa myśliwskiego, środków wykrywania i kierowania ogniem artylerii i rakiet przeciwlotniczych),
4) parametry charakterystyczne obiektu uderzeń:

- charakter obiektu;
- skład i rozmieszczenie w terenie;
- właściwości funkcjonowania;
- możliwości rozpoznania.

5) warunki terenowe i atmosferyczne w rejonie prowadzenia działań bojowych.

Szczegółowe omówienie wpływu wszystkich z wymienionych wyżej czynników na żywotność stanowiska dowodzenia wydaje się niecelowe, ponieważ charakteryzujące je zależności matematyczne zostały zawarte w rozdziale trzecim jak i algorytmach (zał. 4.7).

Algorytm określania strat w wyniku oddziaływania ogniowego przedstawiono na rys.4.9.



Rys. 4.9. Algorytm określania strat w wyniku oddziaływania ogniowego.

Danymi wejściowymi do obliczeń są:

- parametry taktyczno-techniczne statków powietrznych pokonywujących strefę oddziaływania OP (prędkość samolotu podczas strzelania (V_s), bombardowania (V_b), odpalania pocisków

rakietowych (d_R), kąt nurkowania (λ), szybkostrzelność (s), uchylenie prawdopodobne rozrzutu indywidualnego (UP), długość serii (n), wymiary strefy rażenia pojedynczego obiektu (S_C), dolna (H_{OP_d}) i górna (H_{OP_g}) wysokość pokonywania strefy oddziaływania środków OP, średnia (efektywna) powierzchnia odbicia (σ), wykorzystywane typy systemów celowniczych (T_{cel});

- parametry taktyczno-techniczne środków przeciwlotniczych (rozmiar strefy rażenia danego środka (S_R), odporność na stosowanie zakłóceń radioelektronicznych (O_{RE}), czas reakcji systemu (t_S) i czas przeniesienia ognia (t_P), ilość kanałów celowania (k_C), zasięg wykrywania zwalczanych obiektów (R), prawdopodobieństwo ostrzelania celu przelatującego przez strefę rażenia (P_{ROP}), prawdopodobieństwo trafienia w cel pierwszym pociskiem, rakietą z uwzględnieniem zakłóceń i manewru celu (P_{R1}), gęstość rozmieszczenia środków przeciwlotniczych (m_{OP}));

- parametry obiektu uderzeń (wymiary obiektu (d, k), odporność na określone środki rażenia (O_R), możliwości maskowania i pozorowania działań (P_m));

- warunki terenowe i atmosferyczne (dolny i górny pułap chmur (H_{meteo}), rodzaj terenu (T)).

Znaczna część danych wejściowych *stałych*, np. niektóre parametry taktyczno -techniczne środków rażenia, statków powietrznych itp. została stablicowana. Umożliwiło to w znacznym stopniu ograniczyć ilość parametrów wprowadzanych przez użytkownika podczas obliczeń do niezbędnego minimum.

W procedurze oceny pokonywania strefy rażenia środków OP wykorzystano, za zgodą autorów dra inż. Andrzeja Grzelki, dra inż. Piotra Makowskiego, opracowany w Akademii Obrony Narodowej program PRZENIKANIE.

Program umożliwia określenie prawdopodobieństwa przeniknięcia pojedynczych samolotów i śmigłowców przez strefy przeciwdziałania środków OP przy założeniu braku pełnej informacji o ich rozmieszczeniu.

Składa się on z trzech modułów funkcjonalnych:

- *Armata* służący do obliczania wartości prawdopodobieństwa przeniknięcia statku powietrznego (grup) przez strefę oddziaływania artylerii przeciwlotniczej i broni strzeleckiej;

- *Rakieta* służący do obliczania wartości prawdopodobieństwa przeniknięcia statku powietrznego (grupy) przez strefę oddziaływania rakiet przeciwlotniczych.

- *Myśliwiec*- służący do obliczania wartości prawdopodobieństwa przeniknięcia statku powietrznego (grupy) przez strefę oddziaływania samolotów myśliwskich.

Rezultaty obliczeń w postaci wartości prawdopodobieństw pokonania obrony powietrznej (P_{OP}) będących wypadkową: prawdopodobieństw przeciwdziałania artylerii przeciwlotniczej (P_{PA}), zestawów rakiet przeciwlotniczych (P_{PR}) czy też lotnictwa myśliwskiego (P_{PM}) funkcji wysokości i prędkości lotu stanowią dane wejściowe dla algorytmu określenia stopnia rażenia obiektu.

Biorąc pod uwagę fakt, iż w dobie współczesnych działań bojowych przeciwnik może dysponować całą gamą środków rażenia, w dalszej części algorytmu (rys.4.9) przeprowadzono ocenę stopnia rażenia celu obiektu) dla następujących wariantów uzbrojenia:

1) bomby:

a) bomby klasyczne (BOMBY);

b) bomby kierowane (KB);

2) broń pokładowa (BP);

3) broń rakietowa:

a) niekierowane pociski rakietowe (NPR);

b) kierowane pociski rakietowe (KPR);

4) mieszane (bomby - broń pokładowa, bomby - broń rakietowa,);

5) broń masowego rażenia (BMR).

W omawianej procedurze (ocena stopnia rażenia obiektu) zakłada się, iż rażenie stanowiska dowodzenia możliwe będzie po spełnieniu następujących warunków:

- pokonania systemu obrony powietrznej przez środek napadu powietrznego przeciwnika (P_{OP});
- rozpoznania stanowiska dowodzenia przez środek napadu (P_{rozp});
- rażenia go odpowiednim środkiem (P_{R1}).

Prawdopodobieństwo rażenia obiektu $P_{RAŻ}$ stanowi więc iloczyn prawdopodobieństw wymienionych zdarzeń niezależnych.

$$P_{RAŻ} = P_{OP} * P_{rozp} * P_{R1} \tag{4.22}$$

stąd prawdopodobieństwo przeżycia obiektu (P_p) wyraża się zależnością:

$$P_P = 1 - P_{Raż} \tag{4.23}$$

Prawdopodobieństwo rażenia celu jednym środkiem zależy od wymiaru celu, powierzchni rażenia zastosowanego środka i uchylenia prawdopodobnego.

$$P_{R1} = f(d, k, SR, UP) \tag{4.24}$$

gdzie:

d i k - wymiary celu na donośność i kierunek;

S_R - powierzchnia niszczeń użytego środka rażenia;

UP - uchylenie prawdopodobne.

Wybuchy bomb, (rakiet) mogą spowodować określony stopień rażenia celu. Do określenia stopnia rażenia pojedynczych obiektów naziemnych wykorzystano następujące pojęcia umowne [16]:

- *zniszczenie* polegające na przerwaniu jego funkcjonowania na czas od 5 - 7 dni, względnie zniszczenia nie mniej niż 60% stanu osobowego umocnień obronnych;
- *obezwładnienie* polegające na przerwaniu funkcjonowania w czasie 1-2 dni, względnie zniszczeniu nie mniej niż 20% siły żywej, umocnień obronnych;
- *dezorganizacja* polegająca na dokonaniu 10% zniszczeń, obezwładnieniu lub zniszczeniu najbardziej czułych elementów celu np. RCO, RCN, naruszenie struktury budynku głównego;
- *nękanie* polegające na wielokrotnym wchodzeniu w obszar odpowiedzialności SD, bombardowania stanowiska dowodzenia pojedynczymi samolotami (małymi grupami), które ma na celu znużenie i uniemożliwienie normalnej pracy obsłudze stanowiska dowodzenia.

Skuteczność rażenia celu określa się miarą *stopnia zniszczenia.* Według tego kryterium cele podzielono na: pojedyncze, grupowe i powierzchniowe.

Przy bombardowaniu celów grupowych (grupa stacji radiolokacyjnych, okrętów, czołgów, itp.) niektóre elementy celu nie będą zniszczone i wówczas stopień zniszczenia określa się liczbą rażonych celów elementarnych.

W procedurze określania stopnia porażenia celu przyjęto rozpatrywać obiekt grupowy jako cel powierzchniowy, gdzie stopień zniszczenia określa się wielkością zniszczenia powierzchni celu.

Do obliczeń przyjęto, że strefa zniszczeń jednego środka rażenia (bomby, rakiety) ma kształt koła o promieniu R_r.

$$R_r = f * k_b * \sqrt[3]{g^2} \tag{4.25}$$

gdzie: f - współczynnik jakości materiału wybuchowego (dla trotylu f = 1);

k_b - współczynnik burzenia (żelbet $k_b = 0{,}65$, skała $k_b = 0{,}87$, grunt zwykły $k_b = 1{,}07$);

g - masa ładunku wybuchowego.

Znając promień rażenia bomby (rakiety, pocisków z broni pokładowej) można określić pole rażenia (strefę rażenia) z zależności:

$$S_R = \pi R_r^2 \tag{4.26}$$

Przy użyciu więcej niż jednego tego samego typu środka rażenia strefę zniszczeń określa zależność:

$$S_{Raż} = n\, S_R \tag{4.27}$$

gdzie:

S_R - powierzchnia zniszczeń jednego środka rażenia;

n - ilość użytych środków rażenia.

Dla uproszczenia obliczeń przy ocenie stopnia rażenia celów powierzchniowych przyjęto następujące uproszczenia:

- powierzchnię celu traktuje się jako koło o promieniu R_C;
- rozrzut przy bombardowaniu UP jest w kształcie koła;
- środek rozrzutu bomby pokrywa się ze środkiem celu;
- powierzchnia niszczenia użytych środków rażenia tego samego typu równa się sumie powierzchni niszczeń tych środków.

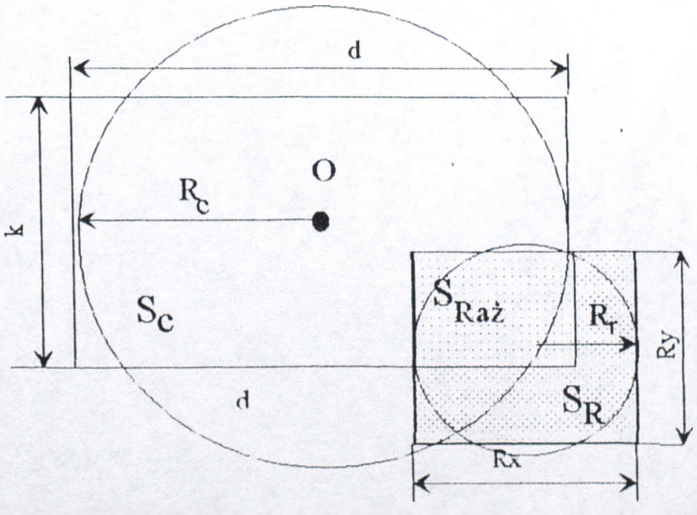
Podczas bombardowania salwą nieuniknione wzajemne pokrycie stref rażenia bomb doprowadzają do zmniejszenia ogólnej strefy rażenia. Efekt ten nie został uwzględniony podczas wykonywania obliczeń, gdyż zdaniem ekspertów ma on nieduży wpływ na wartość wyniku końcowego.

W przypadku gdy cel jest prostokątem (rys.4.10) promień celu określano z zależności:

$$R_C = \frac{d+k}{4} \tag{4.28}$$

gdzie:

d , k długość i szerokość celu.



Rys. 4.10. Jedno z możliwych położeń strefy rażenia na płaszczyźnie celu.

Względny promień celu i względny promień rażenia przy założonym prawdopodobieństwie gwarancyjnym P_g[60] wyznaczono z zależności:

$$R_{ck} = \frac{R_c}{UP * k} \tag{4.29}$$

$$R_{rk} = \frac{R_r}{UP * k} \tag{4.30}$$

gdzie:

R_{ck} - względny gwarancyjny promień celu;

R_{rk} - względny gwarancyjny promień rażenia danego środka;

k - współczynnik gwarancyjności (dla P_g= 0.8 k = 2,66, a dla P_g= 0.95 k = 3.64).

Dysponując względnym gwarancyjnym promieniem celu i środków rażenia wyznaczono względną powierzchnię rażenia celu (μ) z zależności:

$$\mu = \left\lfloor \frac{2R_{ck} - 3 + \sqrt{5 - 4(R_{ck} - R_{rk})}}{2R_{ck}} \right\rfloor \tag{4.31}$$

Dla potrzeb rozprawy do wyznaczenia względnej powierzchni rażenia celu wykorzystano zależność 4.32, w której do wyznaczenia (μ) użyto powierzchnię rażenia (S_{Raz}), wyznaczoną z zależności 4.27 i powierzchnię celu S_C. Powierzchnię celu S_C oblicza się wykorzystując znane zależności trygonometryczne.

Tak określona względna powierzchnia celu wyraża stosunek zniszczonej powierzchni celu do jej całkowitej powierzchni (rys.4.10).

$$\mu = \frac{S_{Raz}}{S_C} \tag{4.32}$$

Dysponując stablicowanymi wartościami współczynnika K_U (zał.4.7) można również określić wartość względnej powierzchni rażenia celu:

$$\mu = 1 - e^{-K_U} \tag{4.33}$$

---

[60] Gwarancyjnym prawdopodobieństwem nazywa się przyjęte prawdopodobieństwo wykonania zadania. Do wykonywania obliczeń bombardierskich na ważne cele lub dla bomb jądrowych przyjmuje się P_g= 0,95, a dla pozostałych celów P_g= 0,8, [16] s. 312.

gdzie:

e - podstawa logarytmu naturalnego (2,71...);

K_{ft} - współczynnik określający stosunek powierzchni rażenia do normy taktycznej użytego środka.

$$K_{ft} = \frac{S_R}{f_b} \tag{1.34}$$

f_b - taktyczna norma zniszczeń środka rażenia.

W celu uproszczenia obliczeń założono, że cel o małych wymiarach uważa się za zniszczony, jeżeli powierzchnia zniszczenia środka rażenia przechodzi przez środek celu.

Do zniszczenia celu o małych wymiarach wystarczy z zasady jedno trafienie. W tym przypadku w obliczeniach przyjęto, że taktyczna norma rażenia f_b, czy też powierzchnia rażenia S_{Ra}, jest równa powierzchni celu S_c.

Taktyczną normę rażenia dla salwy bomb określono z zależności :

$$f_{bs} = n * f_b = n * S_c \tag{1.35}$$

gdzie: n - liczba bomb;

S_c - powierzchnia celu.

W obliczeniach dotyczących użycia broni jądrowej, a także wtedy gdy z wstępnych obliczeń wynikało, iż strefa rażenia i rozrzutu są w kształcie koła, wykorzystywano zależność 1.28 wyznaczającą promień celu.

Dokładność rażenia celu przez środki napadu powietrznego przeciwnika uzależniona jest w głównej mierze od stopnia wyszkolenia personelu latającego. Każda załoga popełnia błędy powodujące odchylenie punktów upadku bomb (rakiet) od środka celu. Błędy popełniane przez pilota w momencie zrzutu bomb czy odpalenia rakiet, mogą być stałe lub przypadkowe.

Błędy stałe nie powodują rozrzutu, lecz przesunięcia środka pola rozrzutu względem celu.

Błędy przypadkowe powodują rozrzut użytych środków rażenia (bomb, rakiet) i wpływają na jego kształt i wymiary.

Rozrzut przypadkowy podlega określonym prawom [16]:

a) systematyczności - oznacza to, że bomby układają się symetrycznie względem prostej przechodzącej przez środek rozrzutu;

b) nierównomierności - oznacza to, że bomby układają się nierównomiernie względem środka rozrzutu, przy czym bliżej środka pola rozrzutu znajduje się więcej bomb i odwrotnie;

c) ograniczenia - co oznacza, że pole rozrzutu w którym znajdują się wszystkie bomby, z wyjątkiem przypadkowo zrzuconych można ograniczyć krzywą.

W celu ułatwienia obliczeń wielkości rozrzutu wprowadzono pojęcie uchylenia prawdopodobnego (UP) stanowiącego pas szerokości 25% upadku bomb (zał. 4.6 rys.1.).

Znana wartość UP pozwala określić pole rozrzutu i prawdopodobieństwo trafienia opierając się na rozkładzie normalnym:

$$UD = \delta\sqrt{2\sigma_x} = 0,67\sigma_x \tag{4.36}$$

$$UK = \delta\sqrt{2\sigma_y} = 0,67\sigma_y \tag{4.37}$$

gdzie

:σ_x - odchylenie standardowe na donośność;

σ_y - odchylenie standardowe na kierunku;

δ - liczba stała (0,477).

W praktycznych obliczeniach do określenia wartości uchyleń prawdopodobnych wykorzystano wzory empiryczne uwzględniające różne warunki ataku np. :

1) podczas bombardowania z lotu poziomego do wysokości H_b = 1000 m :

$$UD = (20\,H_b + 0,1V_b) * K_E \tag{4. 38}$$

$$UK = (20\,H_b + 0,07V_b) * K_E \tag{4.39}$$

2) z lotu nurkowego:

$$UP = 14H_b + 0,07V_b * (1 - \sin\lambda) * K_E \tag{4.40}$$

gdzie:

UP - uchylenie prawdopodobne [m];

H_b - wysokość bombardowania [km];

V_b - prędkość bombardowania [km/h];

λ - kąt nurkowania [...^{0}];

K_E -współczynnik wyszkolenia pilotów.

Natomiast wartość uchyleń prawdopodobnych dla artyleryjsko - rakietowych środków rażenia określa się w dwóch przypadkach:

a) rozrzutu kołowego:

$$UK = UD = (d_R * k) * K_E \tag{4.41}$$

b) eliptycznego:

$$UD = \left(\frac{d_R * k}{\sin\lambda}\right) * K_E \tag{4.42}$$

gdzie:

d_R - odległość odpalania rakiet, strzelania z działek

k - współczynnik liczbowy zależny od rodzaju stosowanego środka rażenia

(np.: dla działek k = 0,007, dla rakiet S5, S8, S24 k = 0,009).

Współczesne środki rażenia jak i stosowane systemy celownicze umożliwiają atakowanie obiektów przeciwnika zarówno z lotu poziomego, nurkowego, wznoszącego już od wysokości 50 m z prędkością 600-1100 km/h.

Wielkości uchyleń prawdopodobnych rozrzutu grupowego przyjmuje się zgodnie z normatywami [16]. Rażenie obiektów wykonuje się z uwzględnieniem przyjętych norm uchyleń prawdopodobnych, charakteryzujących średnie możliwości rażenia tych obiektów.

Jakość wyszkolenia personelu latającego uwzględniono w algorytmie za pomocą współczynnika wyszkolenia K_E, przez który mnożymy uchylenie prawdopodobne określone według normatywów.

Przyjęto następujące średnie wartości współczynnika poziomu wyszkolenia K_E :

- 0,5 dla mistrza;
- 0,7 dla bardzo dobrego poziomu wyszkolenia ;
- 1,0 dla dobrego poziomu wyszkolenia;
- 1,25 dla dostatecznego poziomu wyszkolenia wyszkolenia.

Obliczenia z zasady wykonuje się dla załóg o wyszkoleniu dobrym.

W przypadku gdy strefa rażenia i rozrzutu są w kształcie koła można określić prawdopodobieństwo rażenia celu z zależności :

$$P_{R1} = 1 - e^{-\left(\delta \frac{R}{UP}\right)^2} \tag{4.43}$$

gdzie :

R - promień rażenia użytych

Uwzględniając zależność 4.26, 4.30, prawdopodobieństwo rażenia można określić zależności:

$$P_{R1} = 1 - e^{-\frac{P * S_{Razw}}{\pi}} \tag{4.44}$$

gdzie:

S_{Razw} - względna powierzchnia rażenia celu ($S_{Razw} = \frac{S_{Raz}}{UP}$);

P - prawdopodobieństwo trafienia w cel.

Wartość prawdopodobieństwa rozpoznania stanowiska dowodzenia w module *Porażenie ogniowe* określana była na każdym etapie obliczeń uwzględniając wpływ takich czynników jak: stosowanie zakłóceń, warunki atmosferyczne, ukształtowanie terenu, pora dnia, jakość systemów celowniczych, na określany element.

Rozwiązanie to modelowo realizowane w programie PRZENIKANIE daje się być korzystniejszym, od rozwiązań tradycyjnie stosowanych, gdzie końcowy rezultat obliczeń mnożono przez zbiorcze współczynniki liczbowe.

W opracowanych algorytmach obliczenia realizowane są głównie oparciu o zależności funkcyjne, występują jednak elementy modelowania statystycznego (opartego na symulacji losowej) np. "generator pola rozrzutu ", który realizuje funkcję dwuwymiarowego rozkładu normalnego, dla niezależnych zmiennych losowych X i Y.

Przyjęte w algorytmie wartości różnego rodzaju współczynników zostały określone z wykorzystaniem metod analitycznych i ocen ekspertów. W przypadku braku pełnej informacji o danym typie sprzętu wykorzystywano analogie i porównanie z środkami tej samej generacji, o zbliżonym przeznaczeniu.

Otwarta struktura algorytmu umożliwia dalszą jego rozbudowę i modyfikację oraz dostosowanie do współpracy z innymi programami.

Wnioski do rozdziału czwartego.

Przeprowadzony w początkowej części rozprawy proces identyfikacji SD umożliwił opracowanie modelu matematyczno - ocenowego stanowiska dowodzenia.

Model reprezentuje uproszczony wariant oddziaływania sił i środków przeciwnika na SD. Stopień uproszczenia jest inny dla każdego z modułów i określony został w założeniach projektowych dla każdego z nich.

W modelu tym daje się wyróżnić trzy zasadnicze moduły: moduł porażenia ogniowego, moduł obezwładniania radioelektronicznego i moduł oceny stanów osobowych.

Moduł "Porażenie ogniowe" umożliwia określenie wartości prawdopodobieństwa stopnia porażenia stanowiska dowodzenia (obiektu technicznego). Pośrednio wartość ta może być wyrażona miarą procentową. Stopień porażenia SD detrminuje jego żywotność.

Uwzględnienie określonych strat procentowych w zespołach funkcyjnych stanowiska dowodzenia (program GRAF 1), umożliwia określenie stopnia realizacji zadań przez te zespoły w warunkach oddziaływania przeciwnika.

Prawdopodobieństwo porażenia SD może być również uwzględnione przy ocenie struktury niezawodnościowej sieci przewodowej i radiowej - programie GRAF2. Niezawodność środków łączności jak i jej strukturu w znaczący sposób wpływa na żywotność SD.

Praca z modelem umożliwi ocenę skutków oddziaływania ogniowego i radioelektronicznego na siłę żywą i obiekty techniczne SD.

5. Ocena żywotności realnego stanowiska dowodzenia.

Do oceny żywotności stanowiska dowodzenia w rozdziale tym wykorzystano omówione poprzednio algorytmy i programy, a także wyniki badań ankietowych i prac naukowo badawczych dotyczących wybranych elementów funkcjonowania tegoż stanowiska.

W pierwszej części nimniejszego rozdziału został omówiony proces opracowania ankiet, jak i samych wyników badań ankietowych. W części drugiej - przedstawiono analizę wyników badań oddziaływania ogniowego przeciwnika na stanowisko dowodzenia, natomiast w części trzeciej analizę wyników badań systemu radiolokacyjnego.

5.1. Stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego w badaniach ankietowych.

Dla potrzeb rozprawy opracowano dwie ankiety. Zadaniem jednej z nich było określenie czynników wpływających na żywotność stanowiska dowodzenia, a także określenia kierunków postępowania w celu jej zachowania. Wyniki badań drugiej ankiety wykorzystane zostały w procesie algorytmizacji oceny stanów osobowych stanowiska dowodzenia.

W badaniach nad modelowaniem procesów decyzyjnych realizowanych przez zespoły funkcyjne stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego kwestią najbardziej istotną[61] było ustalenie zbioru zadań realizowanych przez stan osobowy stanowiska dowodzenia oraz rang dla podzbioru zadań wyróżnionych przez ekspertów.

Występujący obiektywnie subiektywizm widzenia problemu żywotności przez ekspertów spowodować mógł trudności w zastosowaniu formalnego aparatu matematycznego podczas opracowania wyników badań ankietowych. Subiektywizm ten ograniczony został przez zastosowanie reguł rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej (kryterium formalne), uzupełniony gruntowną wiedzą i doświadczeniem (kryterium prakseologiczne). Możliwość takiej konsolidacji dały metody heurystyczne, a w nich metoda ocen ekspertów.

Głównym celem zastosowania metody ocen ekspertów w rozprawie było uzyskanie jakościowej informacji istotności zadań realizowanych przez poszczególne zespoły funkcyjne stanowiska dowodzenia i jakości realizowanych zadań poprzez poszczególne osoby tychże zespołów.

---

[61] Cholewicka - Goździk K. : Kompleksowa ocena jakości, PWE Warszawa 1984, s.76.

Tworzenie grupy ekspertów.

Tworzenie grupy ekspertów miało charakter organizacyjny i obejmowało ustalenie liczebności ekspertów, składu i zgodności kompetencji fachowych z celami badań.

Kompetentność ekspertów charakteryzuje: głęboka wiedza specjalistyczna, brak zainteresowania w uzyskaniu określonych wyników ankiety, zainteresowanie rozwiązywanym problemem, duże doświadczenie praktyczne i badawcze, umiejętność przedstawiania i uzasadniania swego punktu widzenia.

Aby skorzystać ze zróżnicowanej wiedzy i doświadczeń ekspertów w badaniach ankietowych ujęto oficerów pracujących:

- w sztabach korpusów WLOP;
- w dowództwach i sztabach pułków lotniczych, pułków rakietowych (brygad) i batalionach radiotechnicznych WLOP;
- na połączonych stanowiskach dowodzenia szczebla taktycznego WLOP.

Na wynik ankiety obok kompetencji ekspertów bardzo ważną rolę odgrywa ich liczba. Gdyby liczebność grupy ekspertów była zbyt mała, to zatraca się sens tworzenia ocen przez grupę specjalistów, gdyż na grupową ocenę w znacznym stopniu może wpływać ocena każdego z ekspertów. Natomiast gdy grupa jest zbyt liczna, to powstają następujące trudności:

- ocena każdego z ekspertów w małym stopniu wpływa na ocenę zbiorczą;
- wraz ze wzrostem liczby ekspertów rosną trudności w opracowaniu wyników ankiety i koordynacji pracy grupy;
- powstaje niebezpieczeństwo włączenia ekspertów o niskich kwalifikacjach, a nawet całkowicie niekompetentnych.

Na podstawie analizy literatury tematu za optymalny skład grupy uznano zespół liczący od 12 do 20 osób. Pogląd ten znajduje odbicie także w metodyce testowania stopnia zgodności sądu ekspertów[62], gdzie odpowiednie tabele przygotowane są dla grup ekspertów (e) mieszczących się w przedziale $3 \leq e \leq 20$.

Badaniami objęto 164 osób funkcyjnych stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego w tym: 20 osób funkcyjnych zespołu dowodzenia brt, 16 osób funkcyjnych zespołu dowodzenia plm, 12 osób funkcyjnych zespołu dowodzenia BR (pr), 20 osób funkcyjnych zespołu planowania, 20 osób funkcyjnych GPN, 18 osób funkcyjnych grupy rozpoznawczej, 18 osób funkcyjnych, 20 osób funkcyjnych miejscowej krt, 20 osób funkcyjnych grupy ZtSD, pracujących na PtSD dowódców, szefów sztabów, starszych oficerów operacyjnych, oficerów operacyjnych SD. Strukturę wiekową badanych osób funkcyjnych przedstawia tabela 5.1.

---

[62] Brzeziński J.: Elementy metodologii badań psychologicznych, PWN Warszawa 1980.

Wiek badanych osób funkcyjnych SD szczebla taktycznego.

Tabela 5.1

Lp.	Przedział wieku	% odpowiedzi
1	do 25 lat	17
2	26 - 30 lat	17
3	31 - 35 lat	28
4	36 - 40 lat	27
5	41 - 45 lat	15
6	46 - 50 lat	3
7	powyżej 50 lat	5

Jak wynika z powyższego zestawienia na SD występuje przewaga osób w wieku 31 - 40 lat. Dość liczną grupę (43%) obsady etatowej stanowiska dowodzenia stanowi kadra ze stażem pracy na tych stanowiskach do pięciu lat. Jest to efekt zmian w strukturze organizacyjnej i kadrowej WLOP w ostatnich latach.

Grupa kadry zawodowej najbardziej doświadczona, naszym zdaniem, ze stażem pracy na stanowisku dowodzenia (10 - 19) lat stanowi 30% stanu osobowego.

Staż pracy osób funkcyjnych na SD przedstawiono w tabeli 5.2.

Tabela 5.2

Lp	Przedział stażu pracy na stanowisku dowodzenia.	% odpowiedzi
1	do 5 lat	43
2	5 - 9 lat	23
3	10 - 14 lat	21
4	15 - 19 lat	9
5	20 - 24 lat	2
6	25 - 29 lat	2
7	30 i więcej lat	

Poziom wykształcenia w badanej próbie ekspertów przedstawiony został w tabeli 5.3.

Tabela 5.3

Lp.	Typ uczelni, szkoły.	% odpowiedzi.
1	WOSR	61
2	WSO inne	29
3	Wyższe cywilne	33
4	WAT	13
5	WAP	-
6	ASG (AON)	5
7	Inne	1

Struktura wykształcenia w grupie ekspertów wskazuje, że duża część kadry, najczęściej po WOSR i innych WSO, podwyższała swoje kwalifikacje na uczelniach cywilnych i wojskowych.Ta część kadry ze względu na odpowiedni poziom wykształcenia, a także dość długi staż pracy na stanowiskach dowodzenia pełni odpowiedzialne funkcje w strukturze WLOP.

Badana próba ekspertów wypowiedziała się w dwuczęściowym kwestionariuszu " Żywotność stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego obrony powietrznej", umieszczonym w załączniku 5.1 i 5.2. W części pierwszej ankiety, eksperci udzielili odpowiedzi na pytania bezpośrednio dotyczące żywotności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego, w części drugiej ankiety udzielone odpowiedzi dotyczyły prawdopodobieństwa poprawności realizacji zadań przez poszczególne osoby funkcyjne wyróżnionych zespołów funkcyjnych stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego.

Jak wynika z przeprowadzonych badań duża część ankietowanych (ankieta nr 1) proponuje konieczność zmian w strukturze PISD. Zmiany te powinny dotyczyć (pyt.4) odpowiednio; struktury funkcjonalnej, struktury technicznej i struktury organizacyjnej. Przeprowadzone zmiany organizacyjne miałyby na celu usprawnienie dowodzenia dysponowanymi środkami walki.

Poglądy ankietowanych co do miejsca pracy dowódcy i osób funkcyjnych plm i BR (pr) w czasie działań bojowych (PISD, SD w miejscu dyslokacji jednostek) ze względu na ciągłość dowodzenia podległymi wojskami - nie są jednoznacznie spolaryzowane (pyt.9). Za utrzymaniem PISD w obecnej strukturze (pyt.8 i 3) przemawia: istniejący już i sprawdzony system łączności i rozpoznania, infrastruktura SD, czas wypracowania i transmisji decyzji.

Około 76% ankietowanych uważa, że obecna struktura organizacyjna stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego zwiększa sprawność dowodzenia środkami walki. Zwraca się

jednocześnie w odpowiedziach uwagę na obniżenie żywotności dowodzenia obroną powietrzną podczas działań bojowych.

Ankietowani zwracają szczególną uwagę, iż utworzenie etatowego dowódcy strefy (pytanie 11), któremu podlegałyby plm i BR (pr) usprawniłoby dowodzenie aktywnymi środkami walki. Jednocześnie dość duży procent ankietowanych ma zdanie odmienne.

Wpływ wyposażenia technicznego stanowiska dowodzenia zdaniem około 46 % ankietowanych ma duży wpływ na jakość wykonywanych zadań. Zauważalny brak postępu technicznego w środkach łączności (pyt. 34), zbierania i opracowania informacji - pomimo zauważalnych zmian w tej dziedzinie (pyt. 33) - negatywnie wpływa na jakość realizowanych zadań.

Badania potwierdziły, że najczęściej wykorzystywanymi środkami łączności do realizacji zadań są środki przewodowe (pytanie 35 i 36) w małym natomiast stopniu środki radiowe. *Wynik tych badań utwierdził nas w przekonaniu o słuszności badania w rozprawie zarówno sieci łączności przewodowej i radiowej stanowiska dowodzenia.*

Z części badań ankietowych poświęconych pracy obsług funkcyjnych wynika, iż bardzo rzadko na stanowisku dowodzenia pracuje się w warunkach zakłóceń celowych (pytanie 37). Nieduża część ankietowanych pracowała w warunkach zakłóceń, gdzie wykorzystywane były zarówno aktywne środki zakłócające, jak i imitatory zakłóceń. Stosowane zakłócenia wymagały od osób pracujących na urządzeniach łączności i radiolokacji zwiększonego wysiłku, w mniejszym stopniu uniemożliwiały im pracę na tych urządzeniach - pytanie 39.

W pytaniu pierwszym - dotyczącym wyposażenia stanowiska dowodzenia w środki niezbędne do prowadzenia działań w warunkach użycia broni masowego rażenia, znacząca część ankietowanych twierdzi, że nie są one przygotowane do prowadzenia działań bojowych w takich warunkach. Ankietowani wskazują, że do czynników wpływających na wykonanie zadania w tych warunkach będzie miała wpływ przede wszystkim nieszczelność hermetycznej części pomieszczeń schronu. Część ankietowanych (pyt. 19) wskazywała na brak szczelności drzwi i przepustów kablowych na stanowiskach dowodzenia. *Stąd też w rozprawie podjęto próbę określenia wpływu czynników BMR na stanowisko dowodzenia i sposobu zabezpieczenia się przed jego skutkami.*

Bardzo mała grupa ankietowanych pracowała na SD w warunkach "ćwiczonej" pełnej izolacji. Praca w takich warunkach, zdaniem respondentów, wpływała negatywnie na realizację wykonywanych zadań.

Wyposażenie dużej ilości stanowisk dowodzenia w własne ujęcia wodne uniezależniło te obiekty od sieci wodociągowej.

Duży niepokój budzi u ankietowanych brak automatycznych zabezpieczeń na wypadek zaniku napięcia zasilającego w Krajowej Sieci Energetycznej, nieliczne stanowiska dowodzenia

szczebla taktycznego posiadają urządzenia, które w sposób automatyczny uruchamiałyby agregaty prądotwórcze. Jak wynika z badań dopiero po kilku minutach (pyt. 24) od nieplanowanego wyłączenia sieci można podjąć normalną pracę na urządzeniach automatyzacji. Taki okres czasu niesprawności urządzeń zasilanych energią elektryczną dezorganizuje najczęściej, zdaniem respondentów pracę na stanowisku dowodzenia (pyt. 25), powodując tym samym przerwę w ciągłości zbierania, opracowania i wydawania informacji.

W zakresie obrony i ochrony obiektu PISD przed ŚNP, respondenci potwierdzają konieczność dokonania zmian w pierwszej kolejności w zakresie obrony czynnej w następnej kolejności obrony biernej (pyt. 30). Respondenci zwaracają uwagę, iż posiadane siły i środki obrony przeciwlotniczej stanowiska dowodzenia (po mobilizacyjnym rozwinięciu) nie zapewniają ochrony przed uderzeniami z powietrza - pytanie 17. Również stan wyszkolenia pododdziałów ochrony do realizacji postawionych przed nimi zadaniami jest niedostateczny.

Zdaniem respondentów (pyt. 31 i 32) środki walki oraz sprzęt maskowniczy będący na wyposażeniu SD nie zapewnia ochrony i obrony obiektu przed uderzeniami z powietrza i grupami dywersyjno - rozpoznawczymi.

Respondenci uważają, że stanowisko dowodzenia powinno posiadać nowoczesny system elektroniczny i optoelektroniczny (pyt. 29) zabezpieczające je przed penetracją osób trzecich.

Wykorzystywana w obronie aktywnej stanowiska dowodzenia broń strzelecka zdaniem respondentów nie zapewnia właściwej obrony obiektu. Dlatego też postulują wprowadzenie nowych zestawów rakietowych np. STRZAŁA, IGŁA jak i też nowoczesnej broni strzeleckiej. W obronie biernej respondenci zwracają również uwagę na konieczność wprowadzenia większej ilości środków maskujących (pyt. 40), nowej generacji przy jednoczesnym stosowaniu środków pozorujących działalność SD.

Aparat matematyczno - statystyczny wykorzystany do analizy ankiety drugiej.

Uzyskane dane z ankiety drugiej poddane zostały obróbce statystycznej według następującego algorytmu[63] :

1. Ustalono zbiór zadań istotnych (m) realizowanych przez zespoły i grupy funkcyjne stanowiska dowodzenia ze zbioru zadań n[64] (załącznik 5.2).

---

[63] Jagielski J.: Wykorzystanie metody ekspertów do ustalania zbioru cech istotnych modelu jakości ŚNP. Metodyka, aparat matematyczno - statystyczny, przykładowe wyniki badań. WOSR, Jelenia Góra 1986.

[64] Zbiór zadań realizowanych przez osoby i grupy funkcyjne stanowiska dowodzenia opracowano na podstawie literatury [22], [50], [108] oraz "Instrukcji pracy bojowej 35 brt".

Zbiór ten tworzą zadania o największej sumie punktów uzyskanych od ekspertów. Przyjęto, że tak określony zbiór nie może zawierać więcej niż 10 elementów ($m \leq 10$). Gdy liczba wszystkich zadań $n < 10$, brane są pod uwagę wszystkie zadania.

2. Ustalono wagę wyróżnionych zadań dla zespołów i grup funkcyjnych stanowiska dowodzenia (kolumna pierwsza załącznik 5.2).

Do analizy ankiety wykorzystano relację P.C. Fishburna

$$a_j = \frac{2(m - R_j + 1}{m(m+1)} \tag{5.1}$$

gdzie:

m - liczba cech finalnych;

R_j (j = 1, m) - numery porządkowe cech.

W ten sposób otrzymuje się malejący zgodnie z porządkiem preferencyjnym ciąg współczynników wagowych (dla określonych zadań) spełniających warunek:

$$\sum_{i=1}^{n} a_j = 1 \tag{5.2}$$

3. Dokonano szacowania zgodności ocen ekspertów metodą korelacji rangowej i testowanie istotności współczynnika zgodności (zał.5.3).

Ze statystycznego punktu widzenia interesował nas stopień korelacji między *k* zbiorami ocen dotyczących *m* zadań. Miarą tej współzależności jest współczynnik zgodności *W*- Kendalla[65].

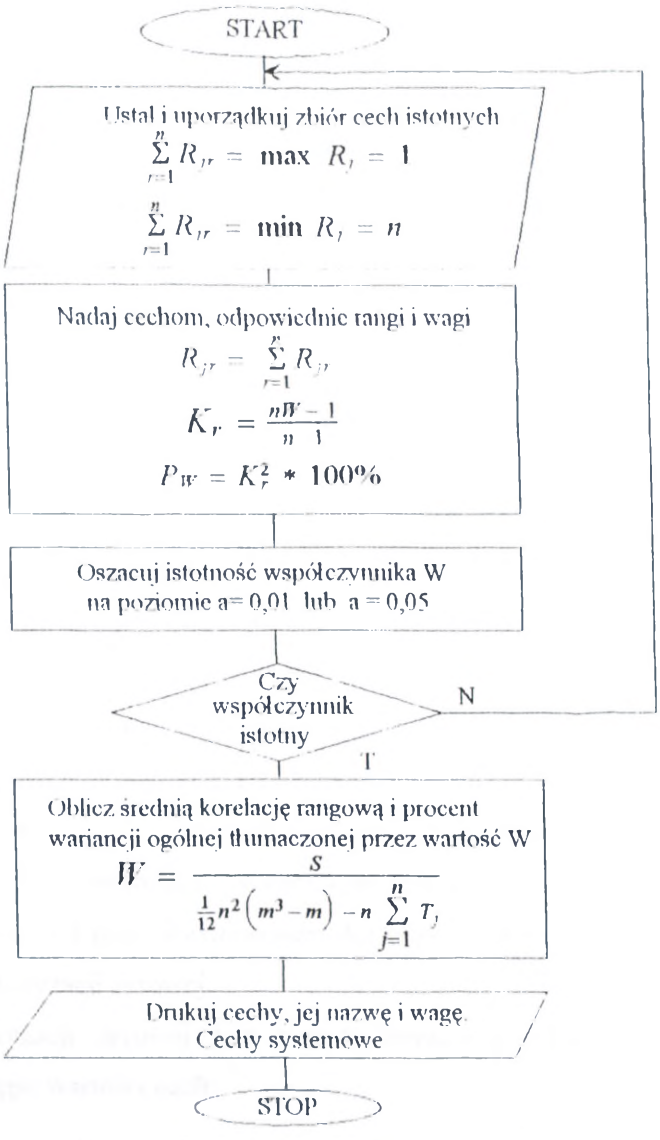
Współczynnik ten jest wyrażony na skali porządkowej, przyjmuje wartość równą "0" przy braku zgodności i równą "1" przy całkowitej zgodności. Wysoki istotny wynik *W*, w badaniach zawierał się w przedziale od 0,31 - 0,8 (zał. 5.3), interpretujemy jako fakt zgodności ekspertów co do kryteriów, jakimi posługiwali się przy ocenie zadań. Nie oznacza to wcale, że ocena zadań była poprawna lecz odpowiednie kompetencje ekspertów pozwalają sądzić, iż stosowali poprawne kryteria, a to z kolei pośrednio pozwala wnioskować o poprawności ocen przy wysokiej wartości współczynnika *W*.

Obliczenie współczynnika *W* ma sens tylko wówczas, gdy eksperci dokonują oceny niezależnie od siebie - co znalazło odzwierciedlenie w procesie ankietowania określonych grup ekspertów. Sposób obliczania współczynnika *W* przedstawiono w postaci algorytmu na rys.5.1.

Algorytm powyższy został zrealizowany w postaci programu RANG - opracowany przez dra hab. inż. J. Jagielskiego.

---

[65] Brzeziński J.: Elementy metodologii badań psychologicznych, PWN Warszawa 1980.



Rys. 5.1. Algorytm opracowania ocen ekspertów.

Program ten umożliwia określenie zbioru istotnych zadań, nadania im odpowiedniej rangi (wagi), określenie współczynnika zgodności *W - Kandalla* i oszacowanie jego istotności na poziomie a = 0,01 do a = 0,05.

Jeżeli współczynnik *W* okazał się istotny to została obliczona średnia korelacja rangowa i procent wariancji ogólnej tłumaczonej przez wartość *W*. Dla warunku gdy liczba ekspertów (e) zawiera się w przedziale:

$$3 \leq e \leq 20 \tag{5.3}$$

oraz gdy liczba zadań ocenianych (m) zadań jest większa od 7, to program aproksymuje rozkład *W* do rozkładu *chi - kwadrat* według zależności:

$$\chi^2 = n(m-1)W \tag{5.4}$$

ze stopniem swobody

$$df = m - 1 \tag{5.5}$$

Istotność W sprawdzamy przez istotność chi - kwadrat.

4. W celu sprawdzenia istotności W można wykorzystać tablice krytycznych wartości rozkładu χ^2 (umieszczonych w dowolnym podręczniku statystyki) - sprawdzając warunek:

$$\chi^2 \geq \chi^2_\alpha \tag{5.6}$$

Gdy wartość współczynnika W jest istotna na poziomie α , to etap badań został uznany za skończony, a otrzymany zbiór za wiarogodny. W przeciwnym wypadku badania powtarzano zgodnie z przedstawioną metodą.

5. Określenie współczynnika jakościowego (Y) realizacji wyróżnionych zadań przez osoby funkcyjne stanowiska dowodzenia - metodą Fishburna.

W tym celu wykorzystano metodę transformacji wartości bezwzględnych cech (wag i prawdopodobieństw poprawnej pracy osób funkcyjnych) na skalę ocen dającą wartość nasilenia ważności osób funkcyjnych w realizacji wyróżnionych zadań.

Dla celów rozprawy spośród wyróżnionych w literaturze [49] metod transformacji wartości bezwzględnej cech na poziomy relatywne - wybrano metodę unitaryzacji zerowej. W celach porównawczych w załączniku 5.3 przedstawiono wartości współczynników obliczonych metodą wzorca idealnego oraz unitaryzacji zerowej.

Metoda unitaryzacji zerowej jest metodą ilorazową wykorzystującą wartość zredukowaną cechy do rozstępu wartości cech:

$$Y = \frac{\text{wartosc zredukowana cechy}}{\text{rozstep wartosci cech}} \tag{5.7}$$

gdzie:

Y - wartość liczbowa określająca jakość realizacji zadania przez osobę funkcyjną.

Istnieje możliwość określenia podzbioru osób funkcyjnych obniżających jak i zwiększających poziom realizacji zadań w zespołach i grupach funkcyjnych zwanych odpowiednio destymulantami i stymulantami.

$$\textit{dla stymulanty} \quad \bigwedge_{i=1,n} Y_{sij} = \frac{X_{ij} - X_{kj\,\min}}{X_{kj\,\max} - X_{kj\,\min}} \tag{5.8}$$

$$\textit{dla destymulanty} \quad \bigwedge_{i=1,n} Y_{dij} = \frac{X_{kj\,\max} - X_{ij}}{X_{kj\,\max} - X_{kj\,\min}} \tag{5.9}$$

gdzie:

X_{ij} - wartość cechy ze zbioru wyróżnionych cech;

$X_{lj\ min}$ - minimalna wartość cechy ze zbioru wyróżnionych cech;

$X_{lj\ max}$ - maksymalna wartość cechy ze zbioru wyróżnionych cech.

Wykorzystując przedstawiona metodę postępowania w określaniu jakościowych współczynników realizacji zadań przy założeniu, że :
- grupy i zespoły funkcyjne stanowiska dowodzenia mają pełne zasilanie informacyjne;
- istnieje pełna zamienność stanowisk w zespole - przy zróżnicowanym poziomie realizacji zadań przez osoby funkcyjne w zespole,
obliczono prawdopodobieństwo realizacji zadań przez zespoły i grupy funkcyjne dla określonych procentowych strat stanu osobowego stanowiska dowodzenia - załącznik 5.4.

Jak wynika z obliczeń (zał. 5.4) realizacja zadań przy zakładanych stratach osobowych w zespołach kształtuje się na dość wysokim poziomie np.: dla poziomu 20% strat prawdopodobieństwo realizacji zadań zawiera się w przedziale 0,7 - 0,9.
Wnioskować można z tego, że jakość realizacji zadań w zespole jest nieznacznie zróżnicowana choć rozstęp jakości realizacji zadań może być nieraz znaczny np.: grupa rozpoznawcza posiada rozstęp 0,97, natomiast średnią wartość realizacji zadań 0,65 (załącznik 5.3).
Jeżeli średnia realizacja zadań w zespołach jest wysoka, oznacza to że osoby funkcyjne wchodzące w skład zespołu mogą realizować zadania na zbliżonym poziomie.
Nieduże straty w stanie osobowym wpływają nieznacznie na realizację zadań przez te zespoły.
Duży rozstęp realizacji zadań w zespole wskazuje, iż niektóre osoby funkcyjne zespołu realizują zadania na niskim poziomie.
Wysoka wartość średnia jakości realizacji zadań wskazuje na wysoki poziom wyszkoleniu składów osobowych.

Biorąc pod uwagę, że zespoły i grupy funkcyjne przy realizacji określonych zadań stanowią elementy sieci decyzyjnej, w rozprawie obliczono jakość realizacji zadań przez wybrane zespoły funkcyjne w oparciu o: grafy przepływu informacji dla zadań realizowanych przez te zespoły.
Zastosowano metodę przekształceń algebraicznych sieci alternatywno - stochastycznej .[66]
Założeniem dla opracowanej sieci obiegu informacji na stanowisku dowodzeniem plm, brt i WRiA szczebla taktycznego (zał. 5.5) jest to, iż jest to sieć antycykliczna. Sieć taką można przekształcić w sieć stochastyczną, w której daje się wyróżnić zbiór wierzchołków początkowych, losowych i finalnych. Metoda alternatywno - stochastyczna dała możliwość przekształcenia (uproszczenia) złożonych fragmentów modelu sieciowego w ścieżkę

[66] E. Ignasiak: Optymalne struktury projektów, PWE, Warszawa 1977, s.62.

elementarną.

W wyniku przekształceń ścieżek elementarnych otrzymaliśmy multigraf, w którym wartość prawdopodobieństwa przejścia od węzła do węzła szacowaliśmy według zależności [67]

- dla połączenia szeregowego węzłów - $p_{a-b} = p_a p_b$ (5.10)
- dla połączenia równoległego węzłów - $p_{a-b} = 1 - (1-p_a)(1-p_b)$ (5.11)

Jak wynika z obliczeń (zał. 5.4) jakość realizacji zadań przez zespoły funkcyjne w określonej sieci decyzyjnej kształtuje się na poziomie 0.5 - 0,65. Jakość ta zależy w dużej mierze od struktury połączeń sieci informacyjno - decyzyjnej, w której funkcjonuje dany zespół. Im sieć więcej posiada połączeń równoległych tym jakość realizacji zadań jest większa, im więcej elementów o strukturze szeregowej tym jakość realizacji zadań jest mniejsza.

Zestawiając średnią wartość jakości realizacji zadań, uzyskaną z badania próby reprezentatywnej stanowisk dowodzenia, z wartością średnią badanego stanowiska dowodzenia, można oszacować odchylenie jakości realizacji zadań badanego stanowiska od wartości średniej.

Wyrazem oceny realizacji zadań przez badane stanowiska dowodzenia, są wykresy przedstawione w załącznikach 5.4.

W ocenie tej uwzględniono również straty w stanie osobowym stanowiska dowodzenia powstałych w wyniku oddziaływania środków rażenia przeciwnika. Straty te w znacznym stopniu wpływają na realizacją zadań przez te stanowiska.

Danymi wejściowymi do obliczeń prawdopodobieństwa poprawnego funkcjonowania obiektów technicznych (systemu łączności, zautomatyzowanych systemów dowodzenia - WACŁAW) jest: struktura sieci łączności (zał. 2.11, 2.13, 2.14), intensywność uszkodzeń sieci i urządzeń automatyzacji i czas pracy. Dane wejściowe uzyskano z wyników badań naukowych przeprowadzonych w WOSR [140].

Metoda ta została wykorzystana również do określenia prawdopodobieństwa poprawnej pracy zautomatyzowanych systemów dowodzenia będących na wyposażeniu stanowiska dowodzenia. Wynikiem obliczeń jest wartość prawdopodobieństwa poprawnej pracy obiektu WACŁAW -1, WACŁAW - 2, która zawiera się w przedziale 0,73 - 0,89 (załącznik 5.3).

---

[67] Literatura jak na stronie poprzedniej.

5.2. Wnioski z badań porażenia ogniowego na żywotność stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego .

Zachodzące zmiany w jakości środków ogniowych, a także zwiększające się możliwości wykorzystania ich do rażenia elementów systemu obrony powietrznej stanowią niewątpliwie zagrożenie dla żywotności stanowiska dowodzenia.
W rozdziale tym, zawarto wnioski z analizy wpływu porażenia ogniowego na stanowisko dowodzenia. Określono także kierunki przedsięwzięć organizacyjno - technicznych umożliwiających zachowanie żywotności stanowiska dowodzenia w wyniku oddziaływania środków ogniowych.

5.2.1. Wykorzystanie modelu do określania wpływu oddziaływania ogniowego na żywotność stanowiska dowodzenia.

Wykorzystując algorytm *porażenie ogniowe* (zał. 4,6) oraz wybrane wielkości charakteryzujące potencjał bojowy środków napadu powietrznego, sposób jego działania, warunki terenowe i atmosferyczne w rejonie prowadzenia działań bojowych, a także parametry charakterystyczne obiektu uderzeń, przeprowadzono eksperyment umożliwiający liczbowe określenie stopnia porażenia ogniowego stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego.
Eksperymenty z modelem pozwoliły określić wpływ na wartość tego prawdopodobieństwa różnych czynników, a przede wszystkim:
- rozmiaru strefy rażenia danego środka (S_R);
- uchylenia prawdopodobnego rozrzutu indywidualnego (UP);
- przedsięwzięć w zakresie obrony czynnej i biernej wykonywanych na SD. (P_m);

W załączniku 5.6 przedstawiono przykładowe wyniki badań obrazujące wpływ powierzchni rażenia użytego środka na wartość prawdopodobieństwa rażenia stanowiska dowodzenia rys. 4. W obliczeniach wykorzystano wartość promienia rażenia bomby OFAB -100 i OFAB - 250 dla umocnień fortyfikacyjnych, zakładając stałą określoną wartość uchylenia prawdopodobnego równą 100 m. Jak wynika z rys.4 prawdopodobieństwo porażenia stanowiska dowodzenia 30 bombami o promieniu rażenia 5 m wynosi około $P_R = 0,12$. Zwiększenie promienia rażenia użytych środków o 10 m dla takich samych warunków początkowych oddziaływania spowoduje wzrost wartości prawdopodobieństwa porażenia obiektu o wartość 0,5.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na wartość prawdopodobieństwa porażenia ogniowego jest rozrzut środków rażenia na płaszczyźnie celowania, miarą którego jest wartość uchylenia prawdopodobnego. Wpływ uchylenia prawdopodobnego na stopień porażenia stanowiska dowodzenia przedstawiono na rys.1 załącznika 5.6. Obliczenia wykonano dla środków ogniowych o promieniu rażenia R_r= 10 m. Wartość prawdopodobieństwa porażenia ogniowego równego 0.4 osiągnięto już dla dwóch środków oddziaływania o R_r= 10 m, które mogą trafić w cel z dokładnością wielkości promienia rażenia. Jak wynika z wykresu rys 4 takie samo prawdopodobieństwo (P_R = 0,4) osiągnięto dopiero przy użyciu trzydziestu środków rażenia o R_r = 10 m dla których wartość uchylenia prawdopodobnego wynosiła 100 m. Porażenie stanowiska dowodzenia z prawdopodobieństwem równym 0,7 osiagnięto dla bomby GBU - 12E (zał.5.6. rys. 1), której średnie uchylenie wynosi 5 m. (zał.3.12 tab.5).

Aktywność obrony przeciwlotniczej, a także realizacja przedsięwzięć maskujących SD zwiększa prawdopodobieństwo jego przeżycia. Potwierdzeniem powyższej tezy jest wynik badań przedstawiony na rys.3. zał.5.6. Nomogram tego rysunku przedstawia dwie krzywe będące realizacją zależności prawdopodobieństwa porażenia ogniowego funkcji użytych środków rażenia tego samego typu, i jednakowym uchyleniu prawdopodobnym.

Uzyskane przesunięcie i zniekształcenie dolnej krzywej wykresu jest wynikiem uwzględnienia na etapie obliczeń wpływu obrony przeciwlotniczej i przedsięwzięć maskujących.

Realizacja przedsięwzięć w zakresie czynnej i biernej obrony stanowiska spowodowała zwiększenie prawdopodobieństwa przeżycia stanowiska dowodzenia o 0.2 w warunkach oddziaływania ośmiu środków rażenia.

Reasumując można stwierdzić, iż głównym czynnikiem porażenia ogniowego stanowiska dowodzenia wpływającym na jego żywotność jest wielkość powierzchni rażenia użytego środka oddziaływania, w następnej kolejności uchylenie prawdopodobne i realizacja przedsięwzięć obrony czynnej i biernej.

Zwiększenie powierzchni rażenia środków ogniowych wiąże się najczęściej ze zmianą ładunku miotającego ewentualnie zwiększeniem jego masy.

Stosowanie złożonych układów kierowania środkiem rażenia na cel np.: układ naprowadzania laserowego, telewizyjnego, radiowego czy termowizyjnego powoduje zwiększenie jego celności tym samym zwiększenie wartość prawdopodobieństwa rażenia.

Przyjęty taki kierunek rozwoju konwencjonalnych środków rażenia doprowadził do powstania nowych generacji środków walki zaliczanych do broni precyzyjnych. Środki te umożliwiają rażenie wybranych obiektów ze średnim uchyleniem 3 - 5 m, przykładem niech będzie wspominana już bomba GBU - 12E.

Powstanie nowych środków walki o tak dużym prawdopodobieństwie rażenia pozwala stwierdzić, że w przyszłych działaniach wojennych klasyczne środki napadu powietrznego nie będą decydować w sposób istotny o żywotności SD systemu obrony OP.

5.2.2. Ochrona i obrona stanowiska dowodzenia przed oddziaływaniem ogniowym.

Istnienie stanowisk dowodzenia wiąże się z ciągłym podejmowaniem przedsięwzięć zmierzających do ich ochrony i obrony. Te dwa odrębne pojęcia łączone wspólnie w ramach realizacji zabezpieczenia stanowiska dowodzenia mającego na celu niedopuszczenie do jego wykrycia i zniszczenia.

Przez ochronę stanowiska dowodzenia rozumie się zespół przedsięwzięć zabezpieczających ludzi sprzęt oraz rejon zajmowany przez SD przed rozpoznaniem, stworzenia tym samym korzystnych warunków dowodzenia.

Obrona stanowiska dowodzenia rozumiana jest jako zorganizowane przeciwdziałanie jego stanu osobowego oraz pododdziałów ochrony przeciwko bezpośrednim uderzeniom przeciwnika dla udaremnienia ich zniszczenia, obezwładnienia i tym samym przerwania procesu dowodzenia.

Stosowane obecnie techniki i środki ochrony muszą być dostosowane do nowoczesnej techniki i możliwości uzbrojenia. Zdaniem specjalistów wojskowych ochrona stanowisk dowodzenia może być realizowana przez stosowanie kombinacji następujących przedsięwzięć:

- rozmieszczenia poza zasięgiem niektórych środków rażenia;
- uodpornienie na zniszczenie;
- zmniejszenie wielkości;
- ograniczenie cech demaskujących;
- częste przemieszczanie;
- wprowadzanie przeciwnika w błąd;
- dublowanie;
- rozśrodkowanie.

Rozmieszczenie poza zasięgiem niektórych środków rażenia polegało by w praktyce na wybieraniu miejsc na rozwinięcie manewrowego SD poza zasięgiem artylerii lufowej i wieloprowadnicowych wyrzutni rakietowych przeciwnika. Uniknięcie uderzeń ze strony tych środków rażenia ma wyjątkowo duże znaczeniem, mimo że stanowią one tylko część środków przeciwnika w zakresie porażenia ogniowego. Jak wynika z analizy sił i środków porażenia ogniowego przeciwnika należy się liczyć z tym, że stanowiska dowodzenia będą atakowane w głównej mierze przez lotnictwo wyposażone zarówno w broń konwencjonalną jak i precyzyjnego rażenia.

Dlatego też rozmieszczenie stanowisk dowodzenia zarówno manewrowych jak i stacjonarnych poza zasięgiem wszystkich środków ogniowych jest niemożliwe.

Uodpornienie na zniszczenie stanowisk dowodzenia można osiągnąć w praktyce wieloma sposobami, jednak najskuteczniejszym sposobem zwiększenia ich żywotności jest rozbudowa fortyfikacyjna zabezpieczająca przed ogniem konwencjonalnym i broni jądrowej w tym zwłaszcza ładunków neutronowych.

Specyficzne działanie wybuchu neutronowego wpływa na właściwości ochronne urządzeń inżynieryjnych i obiektów stanowisk dowodzenia. Dotychczasowe wymagania stawiane obiektom fortyfikacyjnym nie gwarantowały odpowiedniego stopnia ochrony stanów osobowych. Konieczne jest więc dokonanie zmian w konstrukcji tych obiektów, przede wszystkim poprzez zwiększenie głębokości ich posadowienia, zagęszczenia wielowarstwowej obsypki gruntowej, poprawienie stopnia hermetyzacji wejść jak i przepustów kablowych wyposażenia urządzeń filtrowentylacyjnych w zawory przeciw wybuchowe, a także częściową zmianę konstrukcji stropów i ścian w celu zabezpieczenia obiektu przed oddziaływaniem fali uderzeniowej.

Podczas rozbudowy fortyfikacyjnej SD należy brać pod uwagę prawdopodobieństwo zastosowania przez przeciwnika broni ultradźwiękowej i innych nowych środków rażenia oraz amunicji burzącej (pocisków, głowic, rakiet, bomb) zdolnych do głębokiego przenikania w grunt. Aby spotęgować właściwości ochronne obiektów na stanowisku dowodzenia należy zwiększyć grubość warstwy obsypki, co najmniej o 1/3, stosując złożone konstrukcje warstwowe (np. warstwy twarde i miękkie, ekrany, materiały o bardzo dużej twardości).

Manewrowe stanowisko dowodzenia powinno być umieszczone w opancerzonych wozach dowódczych, które znacznie lepiej zabezpieczają przed bronią konwencjonalną i czynnikami rażenia broni jądrowych niż kontenery.

Zmniejszenie wielkości tj. ograniczenia liczby ludzi i sprzętu na stanowisku dowodzenia ma na celu przede wszystkim ograniczenie jego cech demaskujących. Realizacja tej koncepcji w stosunku do stacjonarnych stanowisk dowodzenia napotykać będzie trudności, gdyż istniejąca już infrastruktura fortyfikacyjna tych stanowisk nie pozwala ograniczyć wielkość istniejących SD bez utraty skuteczności ich działania, a także dużych nakładów finansowych i organizacyjnych.

Koncepcja zmniejszenia liczby ludzi i sprzętu może znaleźć zastosowanie w tworzonych obecnie manewrowych SD, symptomy tej koncepcji będą widoczne gdy rozwój środków automatyzacji zapewni lepsze wykorzystanie ludzi i sprzętu.

Ograniczenie cech demaskujących - to dążenie do udaremnienia przeciwnikowi wykrycia i zidentyfikowania stanowisk dowodzenia. Ogromne możliwości współczesnych systemów rozpoznawczych omówione w rozdziale 3.1, powodują, że ukrycie stanowiska dowodzenia jest

praktycznie niemożliwe. Cały wysiłek należy więc skupić na uniemożliwieniu identyfikowania go spośród innych obiektów działań bojowych.

Podstawowym wymogiem skutecznego maskowania stanowiska dowodzenia jest łagodzenie lub eliminowanie jego cech demaskujących. Jego spełnienie wymaga przede wszystkim wykorzystania maskujących właściwości terenu, w następnej kolejności realizacja przedsięwzięć maskowania technicznego.

Wśród przedsięwzięć maskowania technicznego stanowisk dowodzenia należy wyróżnić:

1. Maskowanie sztucznymi pokryciami z tkaniny sieciowej oraz materiału zapełniającego, który tworzy barwne i odpowiednio rozmieszczone płaty. Wielowarstwowość płatów o różnym zabarwieniu zapewnia kamuflaż barwny maskowanego sprzętu.

Siatki maskujące wykonane z tkanin bawełnianych lub tworzyw sztucznych stosowane wraz z matami pochłaniającymi lub rozpraszającymi promieniowanie cieplne pozwalają maskować obiekt przed rozpoznaniem środków pracujących w podczerwieni.

2. Malowania ochronne i kamuflażowe sprzętu radiolokacyjnego jak i samego obiektu pozwalają ukryć przed obserwatorem charakterystyczne jego cechy. Dzięki niemu uzyskuje się zdeformowany obraz (wygląd, wymiary, kontrastowość, cienie itp.) samej bryły obiektu jak i sprzętu. Uzyskane w ten sposób zredukowanie optycznego kontrastu między obiektem, a otaczającą go roślinnością, podłożem zmniejsza możliwość wykrycia optycznego przez obserwatora, w zakresie widzialnym widma fal elektromagnetycznych, charakterystycznych cech obiektu.

Środki rozpoznania w podczerwieni, wymuszają konieczność używania do maskowania farb o małej emisyjności, zmniejszających różnicę temperatur między powierzchnią sprzętu, obiektu fortyfikacyjnego wystawioną na promieniowanie słoneczne, a tłem. Malowanie to jest najbardziej efektywne, gdy emisyjność zmienia się w zależności od warstwy farby. Deformuje się w ten sposób bryłę maskowanego obiektu (środka) i ogranicza możliwość wykrycia przez czujniki zobrazowania termalnego.

Malowanie maskujące, kamuflażowe uzupełnia się stosując różnorodne maty, maski deformujące. Konstrukcja niektórych masek pozwala na wielowariantowe deformowanie maskowanego obiektu, nie obniżając przy tym jego zdolności bojowych. Mogą to być konstrukcje płaskie przestrzenne lub kombinowane.

Kształt maski deformującej zależy od terenu, w który będą wykorzystywane. W terenie lesistym, średnio pociętym najodpowiedniejszy jest kształt liniowy, natomiast w górzysto - pustynnym łamany. Każdy obiekt wojskowy, a szczególnie stacje radiolokacyjne mają wiele cech demaskujących (np. system antenowy). Dlatego tez elementy deformujące należałoby umieszczać wzdłuż jak i wewnątrz obrysu stacji.

Częste przemieszczanie stanowisk dowodzenia powinno być powszechną metodą w zakresie ochrony manewrowych SD. Podstawowym założeniem tego sposobu jest zmiana miejsca rozmieszczenia SD zanim przeciwnik zdąży je wykryć, zidentyfikować i postawić zadania do jego zniszczenia środkom ogniowym. Czas reakcji przeciwnika staje się coraz krótszy niż czas zwinięcia SD, prowadzi to nieuchronnie do pogorszenia sytuacji w tym zakresie.
Próby określenia czasu reakcji przeciwnika na niewiele się przydadzą i to z dwóch powodów po pierwsze - niemal ciągła zmiana miejsca rozmieszczenia SD nie wpływa dodatnio na efektywność jego działania natomiast częste przebywanie SD w ruchu zwiększa jego podatność na rozpoznania.

Mylenie jest obiecującym lecz rzadko stosowany sposobem ochrony stanowiska dowodzenia. Celem jego jest dążenie do przekonania przeciwnika, że poszukiwane SD znajduje się w zupełnie innym miejscu, lub też, że może być w kilku miejscach. Ta druga możliwość jest szczególnie cenna, jeżeli liczba potencjalnych celów przewyższa możliwości ogniowe przeciwnika.
Jednym ze sposobów mylenia jest stosowanie środków pozoracji głównie makiet i imitatorów, które stwarzałyby iluzję stanowiska dowodzenia i środków radiolokacyjnych.
Doświadczenie wskazuje, że elementów imitujących powinno być znacznie więcej niż prawdziwych. Podczas operacji jassko-kiszyniowskiej[68] w sierpniu 1944 roku w pasie 3 Frontu Ukraińskieg, w pozornym rejonie ześrodkowania wybudowano 5997 fikcyjnych umocnień, ustawiono 2257 sprzętu bojowego i 369 makiet samolotów.
Natomiast w Zatoce Perskiej okazało się, że podczas konfliktu, aż 65% nalotów wykonanych na pozycje irackie, było nalotami na obiekty pozorne.

Zupełnie innym środkiem pozoracji są odbijacze kątowe, które mogą wytwarzać tzw. ekwiwalent radarowy imitowanego obiektu np. czołgu, okrętu, stacji radiolokacyjnej. Są one w stanie stworzyć zasłonę chroniącą imitowany obiekt przed rozpoznaniem radiolokacyjnym.

Rezerwowanie (dublowanie) jes t ważnym przedsięwzięciem w zakresie zachowania żywotności ochranianego obiektu. Niezależnie jednak od zastosowanych środków, część stanowisk dowodzenia zostanie zniszczona. Środkiem zmierzającym do zachowania żywotności może być dublowanie personelu i sprzętu przez utworzenie zapasowego stanowiska dowodzenia celem którego jest przyjęcia funkcji zasadniczego SD w razie jego zniszczenia.
Realizacja tego przedsięwzięcia jest dość kosztowna i w zasadzie nie odpowiada założonemu celowi, gdyż wrażliwość zapasowego SD będzie przynajmniej taka sama jak stanowiska głównego.

---

[68] Stachura - Michalski D. Problemy maskowania w WLOP, PWLiOP, listopad 1994.

Rozśrodkowanie jest zasadniczym sposobem uchronienia SD przed zniszczeniem. Podstawą tego przedsięwzięcia ma być takie rozmieszczenie stanowiska dowodzenia, aby w razie uderzenia przeciwnika na jeden z jego wykrytych elementów nie nastąpiło zniszczenie innych jeszcze nie rozpoznanych. Zakres rozśrodkowania będzie zależał od przewidywanych środków ogniowych jakich przeciwnik może użyć do zniszczenia wykrytego SD. W rezultacie przeciwnik zmuszony będzie włożyć o wiele więcej wysiłku w wykrycie całego stanowiska dowodzenia i dużo więcej użyć środków. Efekty rozśrodkowania mogą być w istotny sposób zwiększone poprzez dublowanie istotnych elementów stanowiska dowodzenia.
Jak wynika z powyższych rozważań, przy dążeniu do ochrony stanowisk dowodzenia należy zachować subtelną równowagę między jego przetrwaniem a skutecznością działania.

Prawdopodobieństwo przeżycia stanowiska dowodzenia w wyniku oddziaływania broni precyzyjnej zależeć będzie w głównej mierze od możliwość jej wykrycia, a także skuteczności środków obrony powietrznej. Skuteczność oddziaływania broni precyzyjnej zależy więc od efektywnego działania technicznych środków i systemów rozpoznawczych.

Duże znaczenie dla wypracowania skutecznych metod obrony przed bronią precyzyjną ma również znajomość zasad jej wykorzystania przez przeciwnika.
Wszystkie typy broni precyzyjnej (poza nielicznymi wyjątkami) działają według następującego algorytmu: *wykrycie - decyzja - niszczenie lub śledzenie*. Decyzja o śledzeniu celu może być w każdej chwili zmieniona na decyzję o jego niszczeniu.
Wykrycie obiektu polega na stwierdzeniu jego istnienia w określonym czasie i przestrzeni oraz zidentyfikowaniu go w oparciu o wzorce rozpoznawcze[69]. Decyzja może być podejmowana przez system automatycznie lub przez ośrodek koordynacji. Czas reakcji systemu broni precyzyjnej (od momentu wykrycia do zniszczenia) przy pracy w trybie pełnej automatyzacji zamyka się dla większości systemów w granicach 30- 40 sek. Fakt ten oraz duża efektywność broni precyzyjnej sprawiają, iż wykryty obiekt będzie zniszczony.

Wysuwa się stąd wniosek, że jednym z najbardziej skutecznych sposobów obrony stanowiska dowodzenia przed bronią precyzyjną jest maskowanie.

Skutecznym środkiem pozwalającym obniżyć efektywność rozpoznania, jak i użycia broni precyzyjnego rażenia na stanowisko dowodzenia są zasłony dymne.

[69] Wzorce rozpoznawcze przedstawiają graficzne lub opisowe schematy, modele działań bojowych, ich wskaźników operacyjno - taktycznych i sposobów zachowania się (prowadzenia działań) w typowych sytuacjach (w czasie pokoju, działań bojowych). Są one sukcesywnie weryfikowane w miarę uzyskiwania informacji rozpoznawczych.

Zasłony dymne mogą zakłócać pracę urządzeń noktowizyjnych, aparatury do fotografowania w podczerwieni, namierników ciepła, pocisków kierowanych z głowicami termicznymi, natomiast nie pochłaniają ani nie rozpraszają promieniowania w zakresie podczerwieni średniej i mikrofalowego).

Za pomocą środków dymnych można obniżyć efektywność strzelecką o 10 - 15 razy (podczas maskowania celu 3-5 razy), ograniczyć skuteczność działania laserowych systemów kierowania wykorzystujących lasery pracujące w zakresie promieniowania widzialnego, ultrafioletowego i bliskiej podczerwieni. Stosowanie dymów w obronie SD obniży efektywność rażenia rakiet, bomb z laserowym i telewizyjnym systemem kierowania w stosunku do niego.

Skuteczność przeciwdziałania środkom ogniowym z głowicami pasywnymi zależeć będzie głównie od możliwości identyfikacji symptomów ataku na stanowisko dowodzenia i uruchomienia w odpowiednim czasie przygotowanych pułapek.

Obronę stanowiska dowodzenia przed atakami lotnictwa realizować się powinno w ramach ogólnego systemu obrony powietrznej kraju. Niezależnie jednak od tego organizować należy bezpośrednią obronę przeciwlotniczą pozycji stanowiska dowodzenia, w oparciu o siły i środki batalionów radiotechnicznych. W bezpośredniej obronie przeciwlotniczej pododdziały te mogą prowadzić aktywną walkę z atakującym przeciwnikiem powietrznym oraz realizować czynności zmniejszające skutki jego oddziaływania.

Do zwalczania atakujących, z małej wysokości samolotów i śmigłowców należy wykorzystywać środki obrony przeciwlotniczej jakim dysponuje pododdział oraz jego etatową broń strzelecką.

Uważa się obecnie, że do efektywnej walki z nowoczesnymi środkami napadu niezbędnym jest powiązanie ognia artylerii przeciwlotniczej z ogniem przeciwlotniczych pocisków kierowanych. Na konieczność integracji tych dwóch systemów wskazuje porównanie prawdopodobieństwa trafienia celu z działa i pociskiem kierowanym (zał.4.6 rys.2). Właściwości tych dwóch środków w korzystny sposób uzupełniają się.

Zadaniem dodatkowym bezpośredniej obrony przeciwlotniczej jest zwalczanie desantów powietrznych oraz jeżeli sytuacja tego wymaga, udział w walce z przeciwnikiem działającym na ziemi.

Analiza ochrony i obrony naziemnej stanowiska dowodzenia, a także ocena posiadanych sił i środków prowadzi do wniosku, iż przestarzały sprzęt niewielkie siły o niskim poziomie wyszkolenia nie stwarzają przesłanek do skutecznej obrony stanowiska dowodzenia.

Negatywnie w tej sprawie wypowiedziało się również 70% ankietowanych ekspertów. Wskazując na:

- mały stan ilościowy zespołów (uwzględniając uzupełnienie mobilizacyjne) ochrony;

- brak wyposażenia ich w nowoczesne środki walki i łączności.

Działanie w zakresie ochrony i obrony naziemnej powinno być intensyfikowane w zależności od stopnia zagrożenia obiektu. Obrona naziemna stanowiska dowodzenia wymaga stworzenia odpowiednich systemów ochronnych, w skład których oprócz zespołów ochrony, systemu zapór inżynieryjnych wchodziłyby urządzenia i systemy wykrywająco - alarmujące, budowane na bazie najnowszych osiągnięć w dziedzinie elektroniki.

System wykrywająco - alarmujący powinien składać się z trzech podsystemów:

- podsystemu wykrywania i obserwacji opartego na bazie czujników różnych typów (podczerwieni, termooptycznych, ultradźwięków, wibracyjnych, akustycznych);
- podsystemu analizy, opracowania i przesyłania sygnałów pochodzących od systemów wykrywania;
- podsystemu identyfikacji osób wchodzących w chroniony obszar (identyfikacja głosu, linii papilarnych itp.).

Zdaniem ekspertów do ochrony obiektów stacjonarnych najbardziej przydatne są instalowane na stałe, elektroniczne systemy obserwacyjno - alarmowe wyposażone w czujniki sejsmiczne, wibracyjne, magnetyczne itp. System taki tworzyłby swoistą *zaporę elektroniczną* podzieloną na sekcje o głębokości kilkudziesięciu metrów, a każda z nich stanowiła by niezależny element alarmowy całego systemu.

System ochronny umożliwiać powinien określenie miejsca, gdzie nastąpiło naruszenie systemu. Zastosowanie natomiast w centralach alarmowych zbudowanych w oparciu o systemy mikroprocesorowe zapewniłoby eliminowanie fałszywych alarmów spowodowanych np. zjawiskami atmosferycznymi czy też pojawieniem się zwierząt.

System obrony naziemnej stanowiska dowodzenia tworzony może być w oparciu o system zapór inżynieryjnych, wykonanych najczęściej w oparciu o zapory z drutu kolczastego, ustawianej w odległości około 50 m (poza zasięgiem rzutu granatem ręcznym) od stanowiska bojowego. Ponieważ liczebność zespołów ochrony nie pozwala na zorganizowanie obrony okrężnej na obwodzie około 300 - 400 m, stanowiska bojowe muszą być również rozmieszczone od wewnętrznej strony zapór inżynieryjnych. System takich stanowisk musi być przygotowany zawczasu.

Odpowiednie wyszkolenie zespołów ochrony, a także wyposażenie ich w nowoczesne środki walki pozwoliłoby skutecznie zwalczać grupy dywersyjno - rozpoznawcze przeciwnika. Reasumując można stwierdzić, że obrona naziemna powinna być organizowana kompleksowo, a jej aktywność ogniowa powinna być uzupełniona przedsięwzięciami z zakresu obrony biernej.

5.3. Wnioski z badań systemu radiolokacyjnego stanowiska dowodzenia.

5.3.1. Wykorzystanie modelu do oceny żywotności systemu radiolokacyjnego stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego.

Na podstawie przedstawionego algorytmu (rys 4.4) oraz struktur niezawodnościowych: sieci łączności przewodowej, sieci łączności radiowej zakresu UKF i KF oraz sieci zabezpieczenia w informację radiolokacyjną realnego stanowiska dowodzenia przeprowadzono eksperyment badawczy, który pozwolił na ocenę struktury stanowiska dowodzenia

Szczególną uwagę podczas eksperymentu zwrócono na zbieranie następujących wyników:

a.) liczbę wygenerowanych uszkodzeń w i - tych losowaniach;

b.) liczbę uszkodzeń węzła centralnego sieci gwiaździstej w i - tych losowaniach;

c.) średnią liczbę uszkodzonych węzłów do czasu t_i w i losowaniach;

d.) liczbę komunikujących się węzłów w sieci gdy nie występują w niej uszkodzenia - k;

e.) liczbę komunikujących się par węzłów w sieci po wystąpieniu k - uszkodzeń.

Wyniki z podpunktu d i e są podstawą do obliczenia względnej liczby komunikujących się węzłów (Q_k) po wystąpieniu k - uszkodzeń w sieci, a ilustrowanych w postaci funkcji $Q_K=f(t)$ w załączniku 5.7.

Prawdopodobieństwo uszkodzenia się węzła centralnego w sieci typu gwiazda określa się poprzez wyrażenie stosunku wyrażenia b do a.

Na podstawie procentu względnej liczby komunikujących się węzłów w sieci łączności przewodowej i radiowej jesteśmy w stanie określić, posługując się określonymi we wstępie rozprawy stopniami obezwładniania (utrudnienie, naruszenie i zerwanie) z jakimi stopniami obezwładnienia mamy do czynienia.

Tak więc relacja Q=100 % komunikujących się węzłów minus liczba procentowa względnie komunikujących się węzłów daje procent zerwanych relacji łączności w czasie t.

Wnioskiem generalnym z badań, potwierdzającym wcześnie stwierdzenia o strukturze gwiaździstej, jest fakt występowania przypadków braku komunikowania się węzłów grafu (SD). Dla stanowiska dowodzenia odpowiada to przypadkowi uszkodzenia się węzła centralnego (PISD). Tak skonstruowana struktura niezawodnościowa dla stanowiska dowodzenia jest strukturą niewłaściwą, bowiem w warunkach normalnej eksploatacji sprzętu radioelektronicznego, istnieją przypadki braku możliwości komunikowania się pomiędzy podległymi, nadrzędnymi i stanowiskami dowodzenia sąsiadów.

Właściwą strukturą niezawodnościową sieci łączności przewodowej i radiowej jest struktura typu pętla. W strukturze tej, jak wskazują wyniki badań (załącznik 5.7) dla intensywności uszkodzeń λ, minimalnej i maksymalnej (zadanej podczas symulacji), nigdy nie ma przypadku braku łączności między węzłami grafów (SD). Co oznacza, że stanowiska dowodzenia o takiej strukturze zawsze kontaktują się, oraz że informacja radiolokacyjna dostarczona w sieci tego typu zawsze byłaby dostarczona na stanowiska dowodzenia (PłSD).

Zwiększenie intensywności uszkodzeń (zwiększenie wartości λ dla elementów w strukturze) powoduje, iż ilość przypadków braku komunikacji między węzłami (Q=0) wzrasta, a średnia wartość liczby komunikujących się węzłów maleje, co przedstawia załącznik 5.7. Dla krótkich czasów oddziaływania (t do 4,5 godziny) i zwiększającej się wartości intensywności uszkodzeń średnia liczba komunikujących się węzłów sieci stanowiska dowodzenia maleje - co uwidaczniają wyniki badań symulacyjnych zadanych struktur sieci. Wyznacznikiem fizycznego wzrostu intensywności uszkodzeń może być np. uwzględnienie oddziaływania impulsu elektromagnetycznego czy też promieniowania gamma na elementy półprzewodnikowe urządzeń elektronicznych, a także fizyczne niszczenie czy też obezwładnianie zadanych w strukturze urządzeń radioelektronicznych.

I w tym przypadku struktura gwiaździsta sieci jest strukturą niezawodnościową gorszą, biorąc pod uwagę porównywalną strukturę pętlową, w której występuje tylko obniżenie się procentu komunikujących się węzłów, nigdy natomiast nie ma przypadku braku połączeń między węzłami. Co oznacza dla stanowiska dowodzenia, mającego strukturę niezawodnościową typu pętla, że informacje mogą być przez nie przyjmowane i wydawane wprawdzie na obniżonym poziomie ale wymiana informacji będzie występowała zawsze. Natomiast dla struktury gwiaździstej, a ta jest stosowaną na stanowiskach dowodzenia szczebla taktycznego, występują momenty przerwy w kontaktowaniu się stanowiska dowodzenia z stanowiskiem nadrzędnym i stanowiskami podrzędnymi. Oznacza to, że struktura gwiaździsta nie spełnia pokładanych w nim zadań.

Zwiększenie tylko czasu pracy urządzeń radioelektronicznych w sieci, powoduje zwiększenie liczby przypadków braku komunikacji pomiędzy węzłami (załącznik 5.7). Proces ten jest uwarunkowany zwiększeniem prawdopodobieństwa uszkodzeń katastroficznych, które są jednocześnie uszkodzeniami nagłymi i całkowitymi. Uszkodzenia te nie można przewidzieć ani na podstawie oględzin, ani pomiarów kontrolnych, a są wynikiem wyjścia cechy mierzalnej [70] jednej lub kilku, obiektu radioelektronicznego poza ustalone przedziały tolerancji lub zmianą cechy niemierzalnej, powodując utratę przez obiekt zdolności do pracy.

---

[70] Definicja cechy mierzalnej oraz niemierzalnej podana jest przez S.Firkowicza: Statystyczne badania wyrobów. WNT, Warszawa 1970.

Z badań struktury *zabezpieczania stanowiska dowodzenia w informację radiolokacyjną* dla założonej liczby n SD (n=5) wynika, iż dla małej ilości węzłów (załącznik 5.7) liczba komunikujących się węzłów Q (stanowisk dowodzenia) zależy od intensywności uszkodzeń elementów radioelektronicznych - dla małej intensywności uszkodzeń (wartość typowa dla bloków radioelektronicznych wynosi około $10000 * 10^{-6} 1/h$) wartość ta jest wartością stałą i wynosi Q=100 %. Zwiększenie intensywności uszkodzeń powoduje, jak to wskazują wyniki badań symulacyjnych, zmniejszenie się liczby komunikujących się elementów systemu zaopatrywania stanowiska dowodzenia w informację radiolokacyjną.

Eliminację stanowisk dowodzenia (węzłów sieci) uwzględniano w badaniach poprzez fizyczną zmianę liczby n elementów ze struktury sieci - ze względu na możliwości programu GRAF 2. W przypadku badanego realnego stanowiska dowodzenia liczbą maksymalną elementów (n) dla kierunków i sieci radiowych zakresu UKF i KF była liczba n =14 dla sieci przewodowej liczba ta wynosiła 22.

Uwzględnienie zakłócanych (obezwładnianych) radiostacji, poprzez eliminowanie ich w sieci niezawodnościowej, a także uwzględnienie eliminacji węzła zabezpieczającego stanowisko dowodzenia w informację radiolokacyjną (krt) w zaproponowanym kompleksowym programie oceny SD (rys. 4.4) umożliwiłoby badanie dowolnych struktur niezawodnościowych.

5.3.2. Ochrona i przedsięwzięcia zmierzające do zachowania żywotności systemu radiolokacyjnego.

Rozpoznanie radiowe służy w konsekwencji do wypracowania sposobu obezwładniania systemu dowodzenia. Istniejące obiektywne przyczyny wykluczają możliwości gwarantowanej ochrony systemu radiolokacyjnego przed rozpoznaniem radiowym. Wobec tego naczelnym zadaniem planowania i realizacji przedsięwzięć tego zakresu powinno być jego maksymalne ograniczenie.

Obronę radioelektroniczną systemu radioelektronicznego organizuje się i prowadzi w celu zapewnienia jego efektywnego wykorzystania w warunkach oddziaływania przeciwnika i własnych środków radioelektronicznych.

Obejmuje ona obronę przed:

- rozpoznaniem radioelektronicznym;
- celowymi zakłóceniami;
- oddziaływaniem impulsu elektromagnetycznego, impulsem wyładowań atmosferycznych i promieniowania przenikliwego;
- środkami samonaprowadzającymi się na źródła promieniowania elektromagnetycznego.

Ponadto w jej zakres wchodzi zabezpieczenie kompatybilności elektromagnetycznej środków teletransmisyjnych. Za najważniejszą w obronie radioelektronicznej uznaje się problematykę prowadzenia rozpoznania i ochronę przed środkami zakłócającymi stosowanymi przez przeciwnika.

Realizację ochrony systemu radiolokacyjnego przed rozpoznaniem radioelektronicznym i zakłóceniami dokonuje się sposobem aktywnym i pasywnym.

Aktywny sposób ochrony polega na niszczeniu obiektów lub kompleksów rozpoznania radioelektronicznego przeciwnika za pomocą aktywnych środków walki. Innym sposobem jest obezwładnianie radioelektroniczne lub wprowadzanie do jego systemu - dezinformacji. Takie działanie naszych wojsk zmusi przeciwnika do przegrupowania swoich sił i środków a tym samym, wydłuży czas potrzebny do rozpoznania systemu radiolokacyjnego. Przedsięwzięcia te są planowane przez oficerów operacyjnych i wykonywane przez inne rodzaje wojsk. W przypadku podsystemu łączności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego potrzeby takie powinien składać również szef łączności brt.

Ochrona pasywna polega na realizacji przedsięwzięć zmniejszających dostępność do systemu radiolokacyjnego przed rozpoznaniem przeciwnika.

W celu zmniejszenia dostępności elektromagnetycznej powinno się:

- ściśle przestrzegać warunków pracy z ograniczoną niezbędną mocą nadajników;
- stosować gdzie to jest to możliwe anteny o dużym zysku kierunkowym, które pod względem propagacji nie będą mogły być wykryte przez rozpoznanie przeciwnika;
- przydzielać do odpowiednich relacji radiowych takie częstotliwości, które pod względem propagacji fal nie będą mogły być wykryte przez rozpoznanie przeciwnika;
- wybierać trasy radiowe i radioliniowe uwzględniające właściwości maskujące terenu, takie jak pofaldowanie terenu, masywy leśne itp.;
- organizować zasłony radioelektroniczne dla najważniejszych relacji łączności dowodzenia wojskami.

Zmniejszenie czasowej dostępności środków radiowych dla systemów rozpoznawczych przeciwnika dokonuje się poprzez:

- ograniczenie lub całkowity zakaz pracy na nadawanie urządzeń radioelektronicznych tzw. " Cisza radiowa " w określonym etapie działań bojowych;
- skracanie czasu pracy nadajników drogą zwiększania szybkości transmisji danych i ograniczania zawartości słów w przekazywanej informacji;
- strojenie i regulację urządzeń nadawczo - odbiorczych w czasie nawiązywania łączności lub przejścia na nowe dane radiowe z zastosowaniem pracy na ekwiwalent;

- wykorzystanie do zastosowania łączności, zwłaszcza w zakresie VHF i UKF, częstotliwości, które są zajęte przez przeciwnika.

Do pełnego obrazu skuteczności przeciwdziałania środkom rozpoznania radioelektronicznego przeciwnika warto dołączyć cechy demaskujące stanowiska dowodzenia w czasie działań bojowych. Wśród nich dominują: intensywność wymiany informacji przez środki radiowe, schematyczność sieci i kierunków radiowych, schematyczność środków radiolokacyjnych: wykorzystywanie wąskiego zakresu częstotliwości, typowe układy sygnałów rozpoznawczych radiostacji; długi czas wymiany informacji oraz techniczne charakterystyki sygnałów.

W celu zmniejszenia dostępu charakterystycznych cech systemu łączności dla rozpoznania radioelektronicznego przeciwnika należy:

- systematycznie wykonywać obsługi techniczne sprzętu łączności, ujawniając a następnie usuwając cechy demaskujące;

- ściśle przestrzegać jednolitych przepisów prowadzenia korespondencji radiowej;

- organizować pozorne sieci i kierunki radiowe imitujące pracę węzła łączności;

- w miarę dobrej słyszalności w relacjach radiowych nie używać stałych lub zmiennych kryptonimów (sygnałów rozpoznawczych radiostacji);

- systematycznie przeszkalać i sprawdzać praktyczne umiejętności pracy na sprzęcie operatorów łączności.

Zmniejszenie dostępności semantycznej[71] systemu łączności dla przeciwnika można osiągnąć poprzez:

- stosowanie niezawodnych o dużej mocy kryptograficznej urządzeń kodowych i szyfrowych;

- częste sprawdzania tożsamości korespondentów radiowych;

- ścisle przestrzeganie przepisów koresondencji radiowej.

Analiza wymienionych metod i form przeciwdziałania środkom rozpoznania radioelektronicznego przeciwnika ujawnia szereg niedociągnięć - nie zawsze przestrzegane są przepisy i zasady prowadzenia korespondencji radiowej. Takiego stanu rzeczy upatrywać należy głównie w braku możliwości reagowania kompetentnych komórek organizacyjnych na przypadki łamania przepisów, a także wyegzekowaniu (dyscyplinarnym) stosowania tychże.[72] Przyczyny tkwią także w sferze technicznej, gdyż gro radiostacji nie posiada możliwości strojenia anten bez emitowania energii w przestrzeń. Powoduje to w przypadku ciszy radiowej lub przy ograniczeniach emisji prawie natychmiastowe rozpoznanie radiostacji przez przeciwnika, a tym

[71] Semantyka < analiza treści wyrażeń językowych w celu określenia charakteru zależności między treścią i formą. Encyklopedia Powszechna. PWN, Warszawa 1987.

[72] Do wniosków powyższych skłania kilkuletnia praca autora na stanowisku dowodzenia.

niekorzystnie wpływa na żywotność obiektów, w których są one rozmieszczone. Większość stosowanych radiostacji na wyposażeniu stanowisk dowodzenia promieniuje energię dookólnie (oprócz radiolinii) co wymaga dodatkowych przedsięwzięć.
Zmiany częstotliwości radiostacji dokonywane są z reguły w sytuacjach wymuszonych. Jak wykazała kilkuletnia praca autora na stanowisku dowodzenia proces przestrojenia radiostacji i nawiązanie kontaktu radiowego znacznie przekraczał ramowe (publikowane) normy.

Ochrona systemu radiolokacyjnego przed celowymi zakłóceniami.

W ewentualnej wojnie strony będą prowadzić zdecydowana walkę, której celem będzie obezwładnienie systemu dowodzenia wojskami i techniki bojowej. Jednym z elementów walki będzie dążenie przeciwnika do maksymalnego obezwładnienia szeroko rozumianego systemu radiolokacyjnego i naprowadzania przez stosowanie aktywnych zakłóceń. Stąd ochrona systemu radiolokacyjnego przed zakłóceniami powinna być naczelnym zadaniem szkoleniowym i technicznym na wszystkich etapach działalności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego.

Ochrona systemów łączności przed celowymi zakłóceniami stosowanymi przez przeciwnika, dzieli się na aktywną i pasywną.

Ochrona aktywna polega na niszczeniu: naziemnych oraz pokładowych lotniczych i okrętowych stacji zakłóceń, samolotów nosicieli rakiet samonaprowadzających się oraz nadajników zakłócających jednorazowego użytku. Ze względu na to, iż PISD nie ma możliwości fizycznego zwalczania środków zakłócających, a wykonują to inne rodzaje wojsk na wyraźne zapotrzebowanie stanowiska dowodzenia, w dalszej części rozprawy szczególna uwaga zostanie zwrócona na ochronę pasywną środków radioelektronicznych.

Pasywnymi przedsięwzięciami ochrony systemów łączności bezprzewodowej przed jej obezawładnianiem są zadania organizacyjne i techniczne.
Do *przedsięwzięć organizacyjnych zaliczyć należy:*

- opracowanie danych radiowych wariantu: podstawowego, skrytego i rezerwowego;
- wykorzystanie kompleksowe różnego rodzaju środków radiowych na ważnych kierunkach taktycznych takich jak radiostacje, radiolinie, oraz łączność przewodowa;
- wykorzystanie okrężnych (obejściowych, dublowanych) relacji łączności w kierunkach bezpośrednich;
- zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej środków łączności z innymi urządzeniami elektronicznymi rozwiniętymi na danym PISD;
- wykorzystanie na korzyść PISD stacjonarnych obiektów (lub pojedynczych egzemplarzy) radiowych np. innych rodzajów wojsk oraz resortu łączności. Sterowanie nimi powinno odbywać

się ze stanowiska dowodzenia, za pomocą istniejących linii kablowych i radiowych. Wykorzystanie ich może być dokonane po wzajemnym porozumieniu zainteresowanych szefów;

- opracowanie wykazu przydziału częstotliwości dyspozycyjnych, rezerwowych i grupowych, które by były do dyspozycji służby dyżurnej węzła łączności.

Plany przedsięwzięć powinny być sporządzone przez szefa łączności stanowiska dowodzenia. Realizacja zamierzeń powinna nastąpić w toku działań bojowych na specjalne zarządzenie odpowiedniego szefa łączności, ale tylko wtedy jeżeli inne sposoby ochrony łączności przed zakłóceniami nie skutkują.

Zamierzenia organizacyjno - techniczne ochrony systemów łączności WLOP powinny być wykonywane przez załogi sprzętu łączności na polecenie dyżurnych łączności - w przypadkach oddziaływań celowych. Do zamierzeń tych należy:

- przestrajanie urządzenia radiowego na częstotliwości zapasowe, grupowe lub dyspozycyjne w zależności od zaistniałej sytuacji. Przestrajanie powinno nastąpić po sprawdzeniu częstotliwości czy nie jest w danej chwili zajęte przez innych użytkowników;

- przekazać tą samą informację na kilku częstotliwościach (różnych sieciach lub kierunkach radiowych);

- stosować urządzenia utajniające i transmisji danych;

- stosowanie tam gdzie to jest możliwe anten kierunkowych;

- ustawienie optymalnych mocy nadajników radiowych aby uzyskać w miejscu odbioru informacji przewagę energetyczną sygnału użytecznego nad sygnałem zakłócającym;

- przestrzegać zasad korespondencji radiowej i tajnego dowodzenia;

- eliminowanie charakterystycznych cech pracy radiotelegrafistów i użytkowników sprzętu radiowego;

- stosować dublowany odbiór informacji dla ważniejszych relacji radiowych, polegający na odbiorze tej samej informacji dwoma odbiornikami radiowymi podłączonymi pod dwie różne anteny. Odbiorniki powinny być między sobą połączone z wyjść drugiej pośredniej częstotliwości. Dobre efekty osiąga się jeżeli anteny są oddalone od siebie do 2 km;

- w razie potrzeby zmienić rodzaj emisji. Najbardziej korzystną pracą z punkty widzenia odporności na zakłócenia jest emisja A1A;

- skracanie do minimum czasu nawiązywania i kontroli łączności radiowej.

Podstawowe czynniki wpływające na niezawodność linii łączności radiowej w warunkach zakłóceń dzielą się na czynniki zewnętrzne i wewnętrzne.

Czynnikami zewnętrznymi są:

- moc promieniowania stacji zakłóceń i ich oddalenie od zakłócanej radiostacji;

- charakter rozprzestrzeniania się fal radiowych na odcinku - stacja zakłóceń - radiostacja;

- liczba sił i środków rozpoznania radioelektronicznego i zakłóceń dysponowanych przez przeciwnika.

Podstawowymi wewnętrznymi czynnikami są:

- moc promieniowania radiostacji i parametry elektryczne anteny;
- zasięg łączności;
- rodzaj pracy radiostacji (amplitudowy, częstotliwościowy);
- charakter rozprzestrzeniania się fal radiowych na trasie współpracujących radiostacji własnych;
- czas reakcji danej linii łączności na zakłócenia radioelektroniczne.

Wskaźnikami niezawodności łączności radiowej w warunkach zakłóceń radioelektronicznych będą [73] :

- prawdopodobieństwo zakłócenia linii łączności (energetyczne);
- prawdopodobieństwo wystąpienia przerw w łączności wskutek zakłóceń radioelektronicznych;
- średni czas przerwy w pracy linii łączności wskutek zakłóceń.

Pogorszenie wskaźników niezawodności linii łączności w okresie oddziaływania środków zakłócających przeciwnika uwarunkowane jest intensywnością i długością powstających przerw.

I tak *prawdopodobieństwo przerw linii łączności* (P_{pz}) możemy określić za pomocą wyrażenia[74] :

$$p_{pz} = \frac{trl}{t_{rl}+(t_{rz}-t_{nl})} \quad przy \quad t_{rz} > t_{nl} \qquad (5.13)$$

$$p_{pz} = 1 \quad przy \quad t_{rz} \leq t_{nl}$$

gdzie:

- t_{rl} - średni czas reakcji linii łączności na zakłócenia radioelektroniczne:

$$t_{rl} = t_{ro} + t_{zf} + t_{nf} \qquad (5.14)$$

- t_{ro} - średni czas reakcji operatora na uznanie (stwierdzenie) zakłóceń;
- t_{zf} - średni czas potrzebny na zmianę częstotliwości roboczej na zapasową;
- t_{nf} - średni czas potrzebny na nawiązanie łączności po przejściu na częstotliwość zapasową.

---

[73] Efektiwnost i bojewoje wozmożnosti średstw i kompleksow wojennoj swiazi. Wypusk 1, Leningrad 1976.

[74] jw

- t_{rz} - średni czas reakcji danej linii łączności na zastosowane zakłócenia radioelektroniczne:

$$t_{rz} = t_{roz} + t_{org} \qquad (5.15.)$$

- t_{roz} - czas bezpośredniego rozpoznania radiowego, przeznaczony na wykrycie i rozpoznanie zakłócanej linii łączności po przejściu jej na linię zapasową po zastosowaniu innych środków ochrony radioelektronicznej;

- t_{org} - czas na określenie celów rozpoznania, przekazania komend kierowania, przestrojenia i naprowadzania nadajników zakłóceń.

- $t_{nł}$ - czas nawiązania łączności.

Średnie wartości czasów reakcji danej relacji łączności ($t_{rł}$) i czasów nawiązywania łączności po zastosowaniu zakłócenia ($t_{nł}$) przedstawia tabela 5.4 [75]

Tabela 5.4

Rodzaj łączności	$t_{nł}$ [min]	$t_{rł}$ [min]
1. Radiowa KF i UKF :		
- jawna	4,5	6
- tajna	12	15
2. Radioliniowa małokanałowa :		
- jawna	10	14
- tajna	20	25

Orientacyjne wartości czasów bezpośredniego rozpoznania w zależności od stopnia wykazywanych cech demaskujących[76] przedstawia tabela 5.5.

Tabela 5.5.

Stopień przejawiających cech demaskujących	Jawnie określone cechy demaskujące	Jawnie określone cech grupowe	Słabo określone cechy grupowe	Brak cech demaskuj.
	Czas bezpośredniego rozpoznania radiowego t_{roz} [min]			
1. Znana tylko częstotliwość robocza f_{rob}	2 - 3	5 - 10	15 - 20	30 - 45
2. Znana f_{rob} i f_{zap}	10 - 30 s	50 - 60 s	1,5 - 2 min	2- 3 min
3. Praca przy grupowym wykorzystaniu częstotliwości.	2 - 3	5 - 10	15 - 20	30 - 45

[75] Literarura jak na stronie poprzedniej.

[76] jw.

Do obliczenia prawdopodobieństwa powstania przerwy w łączności wskutek zakłóceń i średniego czasu tych przerw może być wykorzystana zależność 5.13 lub wykres przedstawiony w załączniku 5.8.

Struktura łączności radiowej (sieci i kierunki radiowe) i zastosowane w niej środki radiowe pracujące w zakresie fal elektromagnetycznych (UKF i KF) posiada następujące cechy demaskujące:

- struktura systemu łączności stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego jest oparta o węzeł łączności stanowiska dowodzenia i węzły łączności organizowane przez podległe pododdziały i stanowisko dowodzenia nadrzędne. Struktura ta jest strukturą stałą o zadanej stałej odległości, wyżej wymienionych stanowisk dowodzenia, o znanym stopniu nasycenia sprzętem łączności, znanej pojemności częstotliwości zapasowych i roboczych co uwidacznia załącznik nr 2.12 oraz 2.14. Są to tzw. jawne cechy grupowe systemu łączności radiowej PISD;

- różne są kwalifikacje operatorów urządzeń łączności oraz indywidualne własności pracy każdego z nich na środkach łączności (jak wykazała rozmowa z szefami łączności brt, każda zmiana operatora sprzętu łączności budziła duże zainteresowanie środków rozpoznania radioelektronicznego przeciwnika). Ponadto każde urządzenie, pomimo że jest produkowane seryjnie wykazuje indywidualne cechy wyróżniające je z grona innych. Ta indywidualna cecha wykorzystywana jest dla określania, do jakiego związku taktycznego należy dana radiostacja, jakie jest jej miejsce lokalizacji. Te właśnie indywidualne cechy sprzętu łączności stanowią bank danych środków rozpoznania radioelektronicznego przeciwnika.

Jeżeli założymy, że wyszkolenie operatorów radiostacji jest bardzo dobre, a więc brak jest cech indywidualnych i nie jesteśmy w stanie wyeliminować indywidualnych cech rozpoznawczych sprzętu łączności to w dalszych rozważaniach należy przyjąć, że czas t_{roz} jest równy 10 min (tabela nr 3.10). Jak wynika z załącznika 5.8 dla czasu $t_{roz} = 10$ min prawdopodobieństwo przerwy łączności (P_{pz}) dla linii łączności KF i UKF jawnej - wynosi 0,43, dla linii łączności radioliniowej (P_{pz}) wynosi 0, 78.

Przy obliczaniu *ogólnego prawdopodobieństwa powstania przerwy* w łączności (P_{OPZ}) dla całego systemu łączności PISD należy wziąć pod uwagę wszystkie najistotniejsze relacje łączności między podległymi SD i nadrzędnym stanowiskiem dowodzenia (podległe krt, brygada radiotechniczna, korpus obrony powietrznej i centralne stanowiska dowodzenia), np. dla brt w stałym dyżurowaniu: 3 relacje KF, 4 relacje UKF (załącznik 2.14).

Wartość prawdopodobieństwa P_{OPZ} obliczamy z zależności:

$$P_{OPZ} = \frac{N_{KF} \cdot P_{PZKF} + N_{UKF} \cdot P_{PZ\,UKF} + N_{PZ\,R}}{\sum(N_{KF} + N_{UKF} + N_{RL})} \qquad (5.16)$$

gdzie :

N_{KF} , N_{UKF} , N_{RL} - ilość relacji radiowych zakresu KF, UKF i radioliniowych.

P_{PZ} - prawdopodobieństwo powstania przerwy w linii łączności.

Tak więc dla rzeczywistego stanowiska dowodzenia *prawdopodobieństwo przerwy* łączności spowodowanej zakłóceniami wynosi:

$$P_{OPZ} = \frac{N_{KF} \cdot 0{,}43 + N_{UKF} \cdot 0{,}43 + N_{RL} \cdot 0{,}78}{\sum (N_{KF} + N_{UKF} + N_{RL})} \qquad (5.17.)$$

Z obliczonego prawdopodobieństwa przerwy łączności, wynika że *prawdopodobieństwo łączności* (P_L) wyniesie:

$$P_l = 1 - P_{OPZ} \qquad (5.18.)$$

Otrzymana wartość jest wskaźnikiem określającym żywotność systemu łączności radiowej z uwzględnieniem jawnie określonych cech grupowych i możliwości transmisji informacji przez środki radiowe obsługiwane przez operatorów tego sprzętu. Jeżeli podstawimy przedstawione wartości relacji łączności dla przypadku stałego dyżurowania SD, to $P_{OPZ} = 0{,}43$, natomiast $P_l = 0{,}57$.

Analiza rezultatów efektywności działania systemu jednoznacznie wyznacza kierunek rozwoju systemu łączności radiowej jaki powinien istnieć na stanowiskach dowodzenia. Powinien to być system transmisji z brakiem cech charakterystycznych o dużej prędkości transmisji informacji, a także transmisji zakodowanej.

W celu podwyższenia odporności posiadanych środków łączności radiowej na zakłócenia możemy wykorzystać *metodę stosowania grupy częstotliwości* do przekazywania wiadomości. Metoda ta polega na wykorzystaniu pewnej grupy częstotliwości do przekazywania informacji i stałym wyborze lepszej częstotliwości do przekazywania informacji w dowolnym momencie czasu, w sposób automatyczny lub ręczny. Możemy ocenić, jaką liczbę (Q) częstotliwości należy wcześniej przygotować, aby zapewnić zadane prawdopodobieństwo odbioru z wymaganą wiernością.

Liczbę Q możemy określić z zależności [77] :

$$Q = \frac{\lg [1 - P_W (K \geq 1)]}{\lg [1 - P_i]} \qquad (5.19)$$

gdzie :

- $K \geq 1$ - liczba częstotliwości, na których zabezpiecza się odbiór z $P_M \geq P_{M\,dop}$;

[77] Literatura jak na stronie poprzedniej.

- P_w - wymagane prawdopodobieństwo łączności danego kierunku;

- P_{PZ} - prawdopodobieństwo łączności danej relacji.

czy też z załącznika 5.9 [78].

Aby uzyskać prawdopodobieństwo łączności danej relacji rzędu 0,99 przy prawdopodobieństwie łączności P_{PZ} (UKF i KF = 0,43), należy mieć w grupie Q = 8 częstotliwości.

Jak więc widać, problem zapewnienia wymaganego prawdopodobieństwa łączności w tej metodzie sprowadzałby się do wyboru i zaprogramowania częstotliwości z częstotliwości zapasowych jakimi dysponuje dana radiostacja, jak również do wyszkolenia obsług radiostacji w zakresie sprawnego ich użytkowania. Najczęściej spotykane radiostacje (R - 137 i R - 140) na stanowisku dowodzenia szczebla taktycznego WLOP dysponują 10 zapasowymi częstotliwościami zapasowymi. Najlepszym rozwiązaniem, w chwili obecnej, w zakresie obrony przed celowymi zakłóce- niami jest stosowanie transmisji sygnałów analogowych i cyfrowych pracujących ze skokami zmiany częstotliwości nośnej sygnału radiowego w trakcie wymiany radiowej tzw. frequency hopping (FH). Istota uodpornienia na zakłócenia w tym przypadku sprowadza się o obróbki cyfrowej sygnału, a więc poszerzeniu pasma częstotliwości (emisja szerokopasmowa) zajmowanego przez sygnał emitowany.

Systemy szerokopasmowe charakteryzują się następującymi właściwościami:

- dużą odpornością na celowe zakłócenia;
- małym prawdopodobieństwem wykrycia emisji;
- odpornością na zlokalizowanie.

Są to zarazem trzy najważniejsze cechy współczesnej łączności taktycznej.[79]

W radiostacje tego typu wyposażone są siły zbrojne państw NATO. Możliwość zmian częstotliwości, w zależności od typu radiostacji, jest rzędu 1000 - kilkudziesięciu zmian na sekundę.

Zwiększenie odporności systemu sieci przewodowych.

Transmisja informacji przez przewody kablowe zakopane w ziemi, a z takimi mamy do czynienia na PłSD, odbywa się praktycznie bez zakłóceń, powodowanych przez celowe zakłócenia elektromagnetyczne pochodzące od środków WRe przeciwnika. Zarówno zakres częstotliwości fal elektromagnetycznych jak i właściwości gruntu uniemożliwiają bezpośrednie oddziaływanie na strumień informacji przenoszonych przez kable. Problem jest natomiast uodpornienie sieci przewodowych przed zakłóceniami pochodzącymi od wyładowań atmosferycznych i impulsu elektromagnetycznego.

---

[78] jw.

[79] Miller M. Niektóre aspekty wyboru rodziny radiostacji FH dla Wojska Polskiego. P. nr 53

W celu uodpornienia linii przewodowych od zewnętrznego pola elektromagnetycznego użytkownicy wojskowi coraz częściej wymieniają kable metalowe na kable światłowodowe, gdyż te mają wiele atrakcyjnych właściwości. Ponieważ łącze między źródłem informacji a odbiornikiem nie zawiera przewodników metalowych, a tylko włókna szklane z plastykowym pokryciem przestają istnieć problemy z zakłócaniem przesyłanej w łączu informacji, jak również cechuje te linie odporność na przechwycenie przesyłanej informacji.

Oceniając właściwości transmisyjne, należy podkreślić, że światłowód jest medium transmisyjnym o potencjalnie bardzo szerokim paśmie częstotliwości rzędu wielu gigaherców na 1 km długości lub setek megaherców na dystansie 10 km bez konieczności stosowania wzmacniaczy. Istnieje też alternatywna możliwość transmisji w węższym paśmie częstotliwości rzędu kilku megaherc na długości kilkudziesięciu kilometrów. Straty w kablu koncentrycznym ograniczają transmisję sygnałów do pasma około kilkuset megaherców na odcinku rzędu 1 km. Prędkość transmisji binarnej zawiera się w granicach 2 - 560 Mbit /s przy długości kabla światłowodowego 5 - 10 km. Tak więc istnieje możliwość transmisji wielu sygnałów o różnej częstotliwości za pomocą jednego kabla światłowodowego.

Z punktu widzenia użytkownika ważną zaletą kabli światłowodowych jest ich odporność na zniszczenie kabla wskutek zwarć wewnętrznych, które są charakterystyczne dla kabli metalowych.

Wydaje się również, iż zastosowanie na stanowiskach dowodzenia szczebla taktycznego proponowanych centrali dyspozytorsko - konferencyjnej CDK pozwoli na dostosowanie istniejącego i perspektywicznego systemu łączności do wymagań do specyficznej organizacji dowodzenia WLOP, gdzie podstawowymi wymaganiami są:

- maksymalnie duża niezawodność systemu, polegająca na tworzeniu systemu siatkowego (centrala będzie tą możliwość realizowała). Dodatkowym elementem wpływającym na niezawodność systemu będzie stosowanie central o podwyższonej niezawodności, w której podstawowe podzespoły są dublowane (centralny procesor, pole komutacyjne, obwody zasilania);
- maksymalnie duża elastyczność systemu, polegająca na wykorzystaniu central CDK oraz urządzeń dyspozytorskich, dostosowanych do współpracy między sobą, przy wykorzystaniu łączy analogowych i cyfrowych;
- maksymalnie szybka, bezpośrednia wymiana sygnalizacji pomiędzy stanowiskami pracy wyposażonymi w urządzenia dyspozytorskie, uzyskana dzięki wykorzystaniu mikrokomputera IBM;
- możliwość prowadzenia indywidualnej lub konferencyjnej rozmowy z dowolnego stanowiska pracy i z dowolną ilością uczestników konferencji;

- możliwość wykorzystania systemu do innych celów np.: prowadzenia rozmów telegraficznych, przesyłania sygnałów alarmowania jednostek, wymiany danych komputerowych między osobami funkcyjnymi lub jednostkami, w postaci pakietów poczty elektronicznej lub specyficznego przetwarzania wieloprocesorowego i wieloprogramowego.

Ochrona rozbudowanych systemów elektronicznych w obiektach stałych przed impulsem elektromagnetycznym.

Analiza zagrożenia stwarzanego przez impulsowe pole elektromagnetyczne na urządzenia pracujące w rozbudowanych systemach połączeń, a z takim przypadkiem mamy do czynienia na taktycznych stanowiskach WLOP, jest zadaniem bardzo skomplikowanym.

Zapewnienie niezawodnej i bezawaryjnej pracy urządzeń radioelektronicznych wymaga zabezpieczenia tych urządzeń przed działaniem zakłóceń wywołanych przez impulsy elektromagnetyczne występujące podczas eksplozji nuklearnej, tzw. NEMP (ang. Nuclear Electro- Magnetic Puls) oraz zakłóceń atmosferycznych LEMP (ang. Lighting Electro-Magnetic Puls).

W rozbudowanych systemach radioelektronicznych NEMP i LEMP oddziaływuje między innymi na:

- biegnące nad ziemią lub zakopane linie przesyłowe dochodzące do obiektów;
- układy przewodów ułożone w obiektach;
- różnego rodzaje anteny, konstrukcje stalowe budynków, instalacje wodno - kanalizacyjne, systemy uziemienia urządzeń;
- urządzenia, w sposób bezpośredni lub po przejściu przez stosowane ekrany.

W rozbudowanym systemie radioelektronicznym, telekomunikacyjnym trudności wywołuje zarówno całościowe jego rozpatrywanie, jak i określenie elektrycznych właściwości poszczególnych elementów składowych. W chwili obecnej podstawowym sposobem rozwiązywania tego problemu jest rozkładanie rozbudowanych systemów na poszczególne proste i stosunkowo niezależne części składowe. Określenie sposobów oddziaływania NEMP i LEMP na wyodrębnione części składowe jest mniej skomplikowane i łatwiejsze do przeprowadzenia. Wykonując taki podział, należy uwzględnić stopień wystawienia poszczególnych części na działanie impulsów elektromagnetycznych.

W kolejnym etapie, wykorzystując wyniki otrzymane dla poszczególnych części składowych, podejmuje się próby określenia zagrożenia stwarzanego dla całego systemu przez impulsy elektromagnetyczne. W metodzie tej podstawową sprawą jest odpowiednie wydzielenie obszarów, w których występuje jednakowe zagrożenie. W związku z takim podejściem badawczym w

rozprawie przedstawiono wpływ napięć atmosferycznych (oddziaływanie typu LEMP) i napięć indukowanych od zakłóceń NEMP na obszar wspólny dla obiektów stałych tj. :

- przewody sygnałowe;
- przewody sieci zasilania.

Napięcia indukowane w liniach przesyłu sygnałów.

Podstawowym źródłem informacji o napięciach atmosferycznych powstających w liniach przesyłu sygnałów są wyniki bezpośrednich rejestracji prowadzonych w rzeczywistych obwodach. Wykonanie takich badań jest zadaniem bardzo pracochłonnym i wymagającym znacznych nakładów finansowych. W krajowych liniach takich rejestracji do tej pory nie prowadzono i dlatego do wstępnej oceny zagrożenia piorunowego urządzeń elektronicznych zostaną wykorzystane wyniki obserwacji przeprowadzone przez ośrodki zagraniczne.

Wyniki rejestracji, przedstawiające wartości średnie lub wartości nie przekraczane przez 99,9% podstawowych parametrów charakteryzujących napięcia atmosferyczne, zaprezentowano w tabeli 5.6.[80]

Wartości podstawowych parametrów charakteryzujących przepięcia atmosferyczne w liniach telekomunikacyjnych.

q

Tabela 5.6

Typ linii sygnałowej	Amplituda		Czas czoła		Czas do półszczytu	
	w. śr [V]	w.max[V]	w.śr [us]	w.max[us]	w.śr [us]	w.max [us]
Przewody napowietrzne	500 - 800	kV	0,1-20	0,1- 2	20 - 200	250 - 800
Napowietrzne kable z wiązkami parowymi	300 - 500	1500 - 2500	20 - 500	5 - 20	300 - 800	1000-20000
Napowietrzne kable współosiowe	200 - 300	500 - 700	100 - 300	10 - 30	500 - 1000	1000 - 2000
Zakopane kable z wiązkami parowymi	100 - 200	500 - 600	50 -100	7 -10	1000 - 1500	2000 -7000
Zakopane kable współosiowe	50 - 150	500	200 - 500	50-100	500 - 1500	2000 - 3000

Napięcia atmosferyczne w przewodach sieci zasilających.

Jednym z podstawowych elementów zagrożenia piorunowego elementów elektronicznych są przepięcia dochodzące do nich z sieci zasilającej. Zagrożenie jest szczególnie duże w przypadku urządzeń pracujących w obiektach zasilanych z linii napowietrznych lub zakopanych przewodów kablowych, do których są dołączone odcinki linii napowietrznych.

---

[80] R. Floryński : Prace Instytutu Łączności, Instytut Łączności, Warszawa 1992, nr 100,s.65.

Dotychczasowe obserwacje wskazują, że przeciętnie w sieci zasilającej w ciągu roku występują przepięcia o następujących amplitudach:

- 300 - 500 V kilkadziesiąt przypadków;
- 500 - 1000 V kilkanaście przypadków;
- ponad 1000 V kilka przypadków przepięć.

Przebiegi czasowe przepięć atmosferycznych mają formę tłumionych oscylacji o częstotliwości od ok. 30 kHz do kilkuset kHz (5 kHz - 500 kHz). Fakt ten sugeruje, że impulsy elektromagnetyczne wywołane przez wyładowania główne pobudzają do drgań obwody zasilające.

W Polsce nie przeprowadzono dotychczas długotrwałych obserwacji przepięć w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia. Należy jednak sądzić, że może wystąpić w nich znacznie większa liczba przepięć o dużych wartościach szczytowych. Wynika to z faktu znacznego udziału linii napowietrznych niskiego napięcia w krajowym systemie energetycznym oraz braku nowoczesnych ochronników przepięciowych w tych liniach.

Napięcia indukowane przez NEMP.

Jednym z podstawowych źródeł zagrożenia stwarzanego przez NEMP są napięcia /prądy indukowane w liniach przesyłu sygnałów oraz w przewodach sieci zasilającej. Należy zaznaczyć, że pomimo prowadzonych analiz udarów indukowanych przez NEMP otrzymywane wyniki są w zależności od badacza czasami dość znacznie różniącymi się, typowe wartości uwidacznia poniżej tabeli 5.7.[81]

Parametry udarów napięciowych / prądowych wywołanych przez NEMP.

Tabela 5.7.

Autor	Zakłócany układ	Parametry impulsu
M.W. Wik	Linia napowietrzna	I=5kA. T_c =0,1us , T_p =1us
	Zakopany kabel	I=1,5kA, T_c =0,1 - 0,5 us , T_p =1 - 5 us
	Przewody ułożone wewnątrz budynku	I=1 - 20 A , oscylacje o częstotliwości 1 - 10 MHz

Analiza podstawowych parametrów elektrycznych przedstawionych w tabelach wskazuje jednoznacznie na konieczność przedsięwzięcia wszelkich starań takich, ażeby tak duże wartości napięć i prądów zniwelować. Bowiem praktycznie żadne przyrządy półprzewodnikowe i układy

[81] R. Floryński : Prace instytutu łączności, Instytut łączności, Warszawa 1992 , nr100, s 123.

scalone, w które wyposażony jest współczesny sprzęt radioelektroniczny, nie są technologicznie przygotowane do takich ekstremalnych warunków pracy - jak to pokazuje tabela 5.9.

W celu zmniejszenia wartości napięć indukowanych przez LEMP i NEMP należy wewnętrzne połączenia wewnątrz budynku układać pod posadzką, na lub obok uziemionych elementów (np. siatki, blachy, kątowniki), do których są dołączone przewody uziemiające urządzeń.

Uziemione elementy powinny być połączone z uzimieniem budynku połączeniami o możliwie najmniejszej impedancji.

Optymalnym sposobem ochrony jest układanie przewodów (na całej ich długości) w metalowych kanałach kablowych lub stosowanie kabli ekranowych.

1. Jeżeli przewody transmisji sygnałów i zasilania nie są umieszczone w przewodzącym kanale, to należy je układać najbliżej siebie (zachowując odległości uniemożliwiające wystąpienie przeników) i prowadzić drogą możliwie najkrótszą. W ten sposób unikamy tworzenia dużych pętli, w których mogłyby indukować się przepięcia o znacznych wartościach.

2. Zabrania się układania przewodów w taki sposób, aby tworzyły one duże pętle. Analizując zagrożenie LEMP i NEMP, należy uwzględnić możliwość powstania pętli tworzonych z przewodów sieci zasilającej, linii przesyłu sygnałów, przewodowych elementów konstrukcyjnych budynku, sieci wodno - kanalizacyjnej, co. itp. Wartości napięć indukowanych w pętlach tworzonych z przewodów zasilających i linii przesyłu sygnałów zależą od pola powierzchni pętli, przez które przenika strumień magnetyczny, oraz od szybkości zmian tego strumienia.

3. Jeżeli w obwodach nie można unikać tworzenia dużych pętli, to należy układać przewody niskonapięciowe w rurkach lub stosować dodatkowe przewody (taśmy miedziane), układane w bliskim sąsiedztwie układu przewodów tworzących pętle.

4. Nie należy układać przewodów przesyłu sygnałów i zasilających równolegle do przewodów instalacji odgromowej lub przewodzących elementów konstrukcyjnych, w których płyną prądy piorunowe. Jeżeli przewody niskonapięciowe i odgromowe są ułożone blisko siebie, to dopuszczalne długości odcinków ich równoległego ułożenia obok siebie wynoszą:

- 2 m w przypadku przewodów dochodzących do szczególnie wrażliwych urządzeń elektronicznych;
- 10 m w pozostałych przypadkach.

5. W rozległych obiektach przewody o znacznych długościach biegnące w budynku lub między budynkami należy układać w całkowicie osłoniętych (ekranowanych) kanałach.

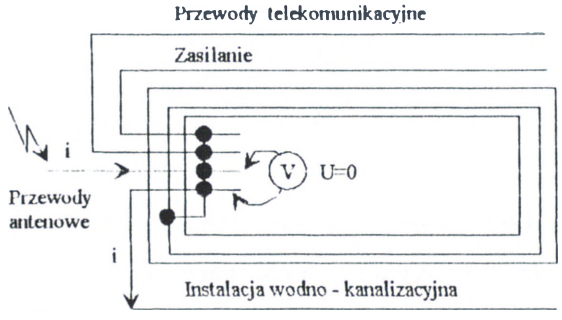
Doprowadzanie przewodów do obiektów budowlanych.

W obiektach budowlanych wszelkie elektryczne i nielektryczne metalowe przewody przychodzące do obiektów należy łączyć szynami wyrównywania potencjałów. Doprowadzanie

przewodów do budynków w dowolnych punktach stwarza możliwość wystąpienia przepięć pomiędzy poszczególnymi obwodami przewodzącymi. Dlatego też:

1. W obiektach budowlanych, w których pracują urządzenia elektroniczne, należy unikać różnic potencjałów pomiędzy poszczególnymi instalacjami, co stwarza konieczność wprowadzania ich do obiektów w jednym punkcie znajdującym się w strefie ochronnej (rys. 3.8).

Wykorzystanie szczególnie wrażliwych urządzeń elektronicznych wymaga zastosowania metalowej płyty w miejscu dojścia przewodów do obiektu. Płytę wykonaną ze stali lub ze stopu miedzi z cynkiem, należy połączyć ze wszystkich stron z ekranem zastosowanym w obiekcie. W przypadku wykorzystania do ekranowania obiektów prętów zbrojenia lub metalowej siatki wymiary płyty powinny być tak dobrane, aby odległość od miejsca wejścia przewodów do najbliższego krańca płyty wynosiła ok. 1,5m. Jeśli w obiekcie nie występują elementy ekranujące, to płytę należy połączyć z uziemieniem obiektu.



Rys. 5.2. Wprowadzanie do obiektu w jednym punkcie elektrycznych i nieelektrycznych przewodów.

2. Metalowe rury stosowane do przepustów należy dokładnie ze wszystkich stron zespawać lub szczelnie przylutować do ekranu obiektu albo do płyty metalowej, jeśli taką zastosowano no na wejściu do obiektu. Nieprzewodzące rury lub przewody światłodowe mogą być wprowadzane do obiektu przez krótkie rurowe. Falowody, zewnętrzne przewody kabli koncentrycznych, metalowe powłoki, osłony kabli telekomunikacyjnych i energetycznych łączy się szczelnie ze wszystkich stron, tj. na całym obwodzie, z rurami przepustów.

3. Przewody w kablowych liniach transmisji sygnałów i zasilających należy połączyć z elementami / układami ochrony przepięciowej przed ekranem lub płytą.

4. W przypadku szczególnie wrażliwych urządzeń elektronicznych należy stosować kable ekranowane lub nieekranowane - przewody umieszczać w stalowych rurkach.

5. Kable nieekranowane, nawet te zakopane, wymagają takich samych środków, jak linie napowietrzne. Natomiast przy ochronie kabli ekranowanych podstawowym kryterium jest ograniczenie przepięć pomiędzy rdzeniem a płaszczem kabla (powodowanych przepływem prądu

piorunowego wzdłuż ekranu kabla) do poziomu odpowiadającego izolacji kabla. Oznacza to zmniejszenie do określonych wartości impedancji sprzężenia rdzeń - ekran. W tym celu kable należy kłaść w stalowych rurach lub stosować kable o budowie warstwowej.

Innym przedsięwzięciem obrony radioelektronicznej o nieznacznych nakładach (inwestycyjnych) wymagającym szerszej popularyzacji jest kompleksowe maskowanie przede wszystkim technicznych środków dowodzenia i radiolokacji, rozmieszczonych na stanowisku dowodzenia. Znaczne rezerwy tkwią w wykorzystaniu właściwości maskujących terenu, a także wykorzystaniu środków podręcznych. Faktem niewątpliwym jest potrzeba modernizacji etatowych środków maskowania występujących na stanowiskach dowodzenia szczebla taktycznego.
Nie należy również rezygnować z innych przedsięwzięć obrony radioelektronicznej, jak choćby manewr środków radiolokacji i łączności.

Stosowanie jednorazowych nadajników emitujących zakłócenia radioelektroniczne wymaga weryfikacji poglądu na przygotowanie fachowe osób (drużyn na PISD), odszukiwanie i niszczenie tych środków.

Kolejnym ważnym przedsięwzięciem wpływającym na żywotność stanowiska dowodzenia jest zapewnienie kompatybilności pracy środków radioelektronicznych uwarunkowane odpowiednim ich rozśrodkowaniem w terenie, właściwym doborem charakterystyk promieniowania, ustaleniem priorytetów pracy, należytym rozdziałem częstotliwości i sektorów działania.

Jak wykazały badania, stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego WLOP nie są, jak na stan dzisiejszy, przygotowane do ochrony urządzeń systemu radiolokacyjnego na oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego zarówno typu NEMP jak i LEMP.

Przebicia elektryczne wskutek zaindukowania się wysokich napięć, pochodzących od impulsów elektromagnetycznych we wszystkich elementach przewodzących, mogą być przyczyną zniszczeń urządzeń radioelektronicznych jak i porażeń elektrycznych ludzi. Dlatego też celowym wydaje się kompleksowo zabezpieczyć budowle techniczne stanowiska dowodzenia przed oddziaływaniem impulsów typu NEMP i LEMP, pomimo poniesionych kosztów finansowych na ekranowanie obiektów, stosowanie szyn wyrównywania potencjałów wewnątrz obiektów technicznych.
Celowym też wydaje się zastosowanie na stanowiskach dowodzenia systemów światłowodowych, które tworzą łącza odporne na działanie impulsu elektromagnetycznego, przebicia elektryczne, a także są odporne na oddziaływanie radioelektroniczne przeciwnika. Zwiększona odporność sieci przewodowej na celowe i niecelowe zakłócenia czyni stanowisko dowodzenia bardziej żywotnym.

ZAKOŃCZENIE

Podczas rozwiązywania głównego i szczegółowych problemów badawczych posługiwano się metodami uznanymi powszechnie jako przydatne w badaniach naukowych. Stąd też, wykorzystując dorobek metodyczny, w rozprawie przedstawiono wyniki badań nad żywotnością stanowisk dowodzenia, a stanowisk dowodzenia szczebla taktycznego OP w szczególności.

Uzyskane rezultaty badań, których podstawę stanowiła przeprowadzona analiza literatury i materiałów źródłowych, badania ankietowe i eksperymenty na modelach, utwierdziły autorów w przekonaniu, że podjęcie badań w ramach tematu rozprawy znalazło głębokie uzasadnienie.

W celu rozwiązania problemu badawczego konieczne było wydzielenie istotnych czynników mających wpływ na żywotność stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego. Doprowadziło to do uporządkowania terminologii z zakresu żywotności, a także do wydzielenia obszarów niewiedzy wymagających szczegółowego potraktowania podczas prowadzenia badań.

Złożoność problemu żywotności stanowiska dowodzenia stała się przyczyną metodologicznych ograniczeń, które sprecyzowano w rozdziale pierwszym i drugim rozprawy.
Zastosowane metody badawcze przy przyjętych ograniczeniach w rozprawie pozwoliły jednak osiągnąć główny cel rozprawy. Udało się zidentyfikować i określić czynniki determinujące żywotność stanowiska dowodzenia. Określono również kryteria pomiaru żywotności stanowiska dowodzenia. Dowiedziono także, że dla zachowania żywotności istotne są takie właściwości, które pozwalają skutecznie przeciwdziałać środkom rozpoznania, porażenia ogniowego i obezwładniania radioelektronicznego. Dowiedziono również, że istotna rola w procesie informacyjno - decyzyjnym przypada zespołom i grupom funkcyjnym stanowiska dowodzenia.

Na podstawie wypracowanych w toku badań kryteriów pomiaru żywotności dokonano jej oceny dla rzeczywistych stanowisk dowodzenia.

Badania wykazały, że infrastruktura fortyfikacyjna stanowiska dowodzenia wykazuje małą odporność na oddziaływanie broni klasycznej. Zabezpiecza natomiast w stopniu dostatecznym przed czynnikami rażenia broni jądrowej. Rozwój broni jądrowej,a zarazem postępująca dewastacja struktury technicznej stawia pod znakiem zapytania możliwości ochronne tej budowli.

Badania wykazały , że skuteczność broni precyzyjnej w odniesieniu do oddziaływania na SD jest porównywalna z oddziaływaniem na nie broni jądrowej. Prawdopodobieństwo przeżycia SD w czasie działań bojowych przy oddziaływaniu na nie broni precyzyjnego rażenia określono na poziomie $P \leq 0,3$. Natomiast prawdopodobieństwo przeżycia SD dla klasycznych środków rażenia np. bomb kształtuje się na poziomie P = 0,4 - 0,5.

Badania struktur sieci przewodowej, radiowej i zaopatrywania stanowiska dowodzenia w informację radiolokacyjną wykazały, iż struktura gwiaździsta stosowana na stanowiskach dowodzenia szczebla taktycznego jest strukturą niewłaściwą.

Stany osobowe badanych stanowisk dowodzenia są dobrze przygotowane do prowadzenia działań bojowych. Wartość prawdopodobieństwa realizacji zadań przez wyróżnione w badaniach zespoły i grupy funkcyjne SD kształtowała się na poziomie P = 0,7 - 0,9 przy stratach 20% stanu osobowego.

Sprzęt automatyzacji dowodzenia badanych stanowisk dowodzenia jest dobrze przygotowane do pracy w warunkach działań bojowych. Wartość prawdopodobieństwa poprawnej pracy obiektów automatyzacji dowodzenia zawarta była w przedziale P = 0,7 - 0,92.

W rozprawie przedstawiono również propozycje co do wyposażenia stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego OP. Wskazano, że dla zachowania żywotności SD w czasie działań bojowych istnieje konieczność wyposażenia ich w środki dowodzenia, które nie tylko usprawnią proces przetwarzania informacji, lecz będą odporne na rozpoznanie, rażenie ogniowe i obezwładnianie radioelektroniczne. Wskazano również na konieczność zmian w strukturze łączności i zabezpieczania SD w informację radiolokacyjną.

Uwzględniając całokształt wyników badań, można stwierdzić, że potwierdziła się przyjęta hipoteza robocza.

Autorzy mają świadomość, że uzyskanie pozytywnych opinii o proponowanych rozwiązaniach, to dużo, ale dopiero ich weryfikacja w praktyce może dać jednoznaczną odpowiedź na temat rzeczywistych korzyści proponowanych rozwiązań.

BIBLIOGRAFIA

[1] Abramow S.A.: Metody analizy sieciowej w planowaniu i zarządzaniu. MON, Warszawa Warszawa 1967.

[2] Adamczyk A. , Adamczyk M.: Zabezpieczenie radiolokacyjne oddziałów wojsk OP. AON, Warszawa 1991.

[3] Adamczyk A.: Batalion radiotechniczny. AON, Warszawa 1994.

[4] Adamczyk A.: Rozpoznanie radiolokacyjne w obronie powietrznej Rzeczpospolitej Polskiej. Opracowanie studyjne. AON, Warszawa 1992.

[5] Amanowicz M.: Symulacja systemów łączności. WAT, Warszawa 1987.

[6] Andrzejczak Z.: Doskonalenie rozpoznania radiolokacyjnego w operacji obronnej. (Rozprawa doktorska). AON, Warszawa 1993.

[7] Antczak S.: System radiolokacyjny obrony powietrznej jako obiekt zakłóceń radioelektronicznych.(Rozprawa doktorska). AON, Warszawa 1993.

[8] Antczak S. , Miodek S., Zablocki E.: Ocena nieprzyjaciela powietrznego na szczeblu taktycznym wojsk OPK. ASG WP 1986.

[9] Antczak S. i inni.: Podstawy dowodzenia wojskami w systemie obrony powietrznej. Podręcznik. AON, Warszawa 1993.

[10] Badania systemów eksploatacyjnych. Tom II, PAN. 1989.

[11] Barszczewski M.:Eksploatacja urządzeń łączności - niezawodność. WAT, Warszawa 1994

[12] Biuletyn Informacyjny nr 1 (149). MON, Szt. Gen. WP, Warszawa 1986.

[13] Biuletyn Informacyjny o ŚNP państw NATO. MON. Szef Wojskowej Obrony Przeciwchemicznej, Nr 40, Warszawa 1980.

[14] Boguta J.: Kierunki doskonalenia struktur organizacyjnych i funkcjonowania systemu rozpoznania wojsk OPK w czasie działań bojowych. (Rozprawa doktorska) ASG WP, Warszawa 1985.

[15] Bojarski W.: Wprowadzenie do oceny niezawodności działania układów technicznych. PWN, Warszawa 1967.

[16] Bombardowanie. Podręcznik . LOT, Poznań 1985.

[17] Brzostek W.: Armijny system obezwładniania radioelektronicznego środków i systemów dowodzenia przeciwnika. (Rozprawa habilitacyjna) ASG WP, Warszawa 1984.

[18] Cechy rozpoznacze źródeł rozpoznania radioelektronicznego. OPK, Warszawa 1980.

[19] Cegła H. , Adamczyk A.: Metody obliczania możliwości bojowych wojsk radiotechnicznych obrony powietrznej kraju w zakresie wykonywania zadań zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych wojsk OPK. ASG WP, Warszawa 1978

[20] Chrzanowski M.: Modelowanie niezawodności sieci telekomunikacyjnych. WAT. (Rozprawa doktorska), Warszawa 1994.

[21] Ciszewski T.: Odbudowa lotnisk zniszczonych w operacji obronnej na obszarze kraju. (Rozprawa doktorska). AON, Warszawa 1992.

[22] Czernow A. , Lipowski B.: Problemy podziału kompetencji między poszczególne szczeble dowodzenia wojsk obrony powietrznej kraju w świetle perspektyw rozwoju środków walki i automatyzacji.(Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1977.

[23] Dadas L.: Możliwości i sposoby rozbudowy inżynieryjnej stanowisk dowodzenia dywizji w obronie. (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1989.

[24] Doluchanow M.:Propagacja fal radiowych. WNT, Warszawa 1979.

[25] Dubrawski Z.: Metoda oceny możliwości bojowych systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK. (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1988.

[26] Dziedzic R.: Zastosowanie satelitów nadzorujących w wojnie o Kuwejt. Myśl Wojskowa. Warszawa 1993 nr 6.

[27] Encyklopedia organizacji zarządzania. PWE, Warszawa 1985.

[28] Findeisen W.: Analiza systemowa - podstawy i metodologia. PWN, Warszawa 1985.

[29] Florynski R i inni: Zakłócenia impulsowe powodowane przez impulsy elektromagnetyczne wybuchu jądrowego. Instytut Łączności, Warszawa 1992, nr 100.

[30] Floryński R. i inni: Zakłócenia impulsowe wywołane przez wyładowania atmosferyczne. Instytut Łączności, Warszawa, 1992 nr 100.

[31] Gębala A.: Symulacyjne badanie procesu uogólniania informacji o sytuacji powietrznej w systemie rozpoznania radiolokacyjnego obrony przeciwlotniczej armii (frontu). (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1985.

[32] Gościński J.: Encyklopedia organizacji i zarządzania. PWE, Warszawa 1981.

[33] Górski J.: Metody zwiększania niezawodności ZtSD. PWL i OPK, nr 5 ,1987.

[34] Górski J.: Metoda oceny skuteczności działania stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego wojsk radiotechnicznych OPK wyposażonych w zautomatyzowane systemy dowodzenia. (Rozprawa doktorska).ASG WP, Warszawa 1989.

[35] Gregorek Z.: Komputerowe opracowanie wyników badań ankietowych SWAN. WAP, Warszawa 1979.

[36] Groszek Z.: Metoda oceny możliwości bojowych systemu rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK z wykorzystaniem symulacji komputerowej. (Rozprawa doktorska).ASG WP, Warszawa 1988.

[37] Gryciuk P.: Doskonalenie metod oceny zagrożenia radioelektronicznego i uodpornienia systemu łączności dywizji (DZ / DPanc) z wykorzystaniem symulacji komputerowej. (Rozprawa doktorska). Warszawa 1987.

[38] Guzdek S.: Ochrona inżynieryjna przepraw przed współczesnymi środkami rażenia na szczeblu taktycznym. (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1985.

[39] Hempel L.: Człowiek i maszyna. Model techniczny współdziałania. WKiŁ, Warszawa 1984.

[40] Horst D.: Naziemne środki i systemy obrony NATO. MW, Warszawa 1989, nr 3.

[41] Informator o środkach bezpilotowych armii państw kapitalistycznych. Szt. Gen, Warszawa 1984.

[42] Informator sprzętu radiolokacji i automatyzacji cz.1. OPK, Warszawa 1984.

[43] Instrukacja łączności radiowej i radiotelegraficznej w wojskach OPK. DW OPK, Warszawa 1983.

[44] Inżynieryjna rozbudowa i maskowanie stanowisk pododdziałów radiotechnicznych OPK. OPK, Warszawa 1969.

[45] Iwanow A. , Naumienko J., : Rakieto - jadiernoje orużie i jewo orażajuszczije diejstwie. Moskwa 1971

[46] Iwanowicz J.: Łączność w systemie obronnym RP. AON, Warszawa 1994.

[47] Jagielski J.: Prognozowanie uderzeń środków napadu powietrznego przeciwnika na obiekty obrony korpusu OPK metodą symulacji grafodynamicznej. (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1984.

[48] Jagielski J.: Wykorzystanie metody ekspertów do ustalania zbioru cech istotnych modelu jakości SNP. WOSR, Jelenia Góra 1986.

[49] Jagielski J.: Kwantyfikacja jakości obiektów wielocechowych na przykładzie samolotów w lotnictwa państw NATO. Metody, modele, przykłady. Seria Wydawnicza - Rozprawy Naukowe, Zeszyt 4, Jelenia Góra 1987.

[50] Jankiewicz D., Winsztal L.: Potrzeby informacyjne stanowiska dowodzenia związku operacyjno taktycznego obrony powietrznej. (Rozprawa doktorska). AON, Warszawa 1994.

[51] Jańczak J.: Wybrane metody zagrożenia radioelektronicznego polowych systemów łączności. MW.1993 nr 9.

[52] Jazdoń A.: Wpływ człowieka na niezawodność obiektów technicznych na etapie eksploatacji. Materiały Szkoły Zimowej -88, Warszawa - Katowice 1988.

[53] Jędruszczak St.: Analiza przepustowości systemu łączności DZ w natarciu. (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1983.

[54] Kierbiński H.: Modelowanie walki podstawowych rodzajów walki wojsk OPK na szczeblu taktycznym (BAR, plm, brt) z zastosowaniem symulacji komputerowej (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1984.

[55] Kozlowska J.: Niezawodność sieci o strukturze gwiaździstej. KST - 91.ATR - Bydgoszcz 1991 s. 270 -272.

[56] Koliński K.: Dowodzenie wojskami w systemie obrony powietrznej na terytorium kraju. (Rozprawa doktorska). AON, Warszawa 1993.

[57] Kotarbiński T.: Traktat o dobrej robocie. Ossolineum, Wrocław 1969.

[58] Kowalewski M.: System łączności dywizji. (Rozprawa habilitacyjna). AON, Warszawa 1994.

[59] Kowalewski M.: Odporność na zakłócenia systemu łączności DZ - 89, KN SŁ - 93, Zegrze 1993.

[60] Kowalski E.: Zwiększanie żywotności bojowej pułku rakiet przeciwlotniczych bliskiego zasięgu działającego w osłonie oddziałów i obiektów dywizji zmechanizowanej w obronie. (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1988.

[61] Konieczny J.: Inżynieria systemów działania. WNT, Warszawa 1983.

[62] Korniejecki A.: Współczesna obrona radioelektroniczna elementów systemu łączności połączonego stanowiska dowodzenia oddziałów i związków taktycznych w KOP. (Rozprawa doktorska). AON, Warszawa 1991.

[63] Korzan B.: Teoria niezawodności. WAT, Warszawa 1983.

[64] Koźmiński A.K.: Zarządzanie - analiza systemowa procesów i struktur. PWE. Wyd. 2, Warszawa 1976

[65] Krzyżanowski L.: Podstawy nauki zarządzania PWN, Warszawa 1985.

[66] Kulikowski J.L.: Zarys teorii grafów. Zastosowania w technice. PWN. Warszawa 1986.

[67] Kwestarz W. : Probabilistyczne parametry sieci łączności. Prob. Tech. Uzbr. i Raddiol., Warszawa 1994 nr 53.

[68] Latek J. : Ocena efektywności perspektywicznego taktycznego systemu łączności metodą symulacji komputerowej. (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1989.

[69] Lotnictwo taktyczne państw NATO. Zasdy użycia i prowadzenia walki. MON, Szt. Gen. WP - Zarz. II, Warszawa 1989.

[70] Lotnicze środki walki radioelektronicznej państw NATO. Szt. Gen. WP, Warszawa 1986.

[71] Łączność bezprzewodowa szczebla taktycznego sił zbrojnych głównych państw NATO jako obiekt obezwładniania radioelektronicznego. ASG WP, Warszawa 1989.

[72] Łokociewski M.: Systemy stanowisk dowodzenia na szczeblach taktycznych i operacyjnych w armiach głównych państw NATO. Wykład. ASG WP, Warszawa 1986

[73] Majewski W.: Systemy sieci zintegrowanej. WKŁ, Warszawa 1978.

[74] Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji. Ossolineum, Wrocław 1978.

[75] Maskowanie sił i środków wojsk OPK. Podręcznik. DW OPK. Warszawa 1984.

[76] Matyszczak J., Podgórny Z.: Żywotność i jej cechy. Materiały II Konferencji Naukowej. Biuletyn 1 (18), Jelenia Góra 1994.

[77] Matyszczak J.: Czynniki determinujące żywotność stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego, WOSR, OINiB 212/170 Jelenia Góra 1993.

[78] Możliwości RLS wojsk radiotechnicznych WOPK w zakresie zakłóceń radioelektronicznych i obrony przed pociskami kierowanymi. OPK. Warszawa 1981.

[79] Metody oceny działalności batalionu radiotechnicznego w relacji koszt - efekt. OPK, Warszawa 1984.

[80] Metodyka oceny zagrożenia obszaru kraju przez środki napadu powietrznego nieprzyjaciela. DW OPK, Warszawa 1984.

[81] Metoda oceny efektywności systemów informatycznych. Szt. Gen WP, Warszawa1984.

[82] Metodyka kontrolowania zmiany dowodzenia stanowiska dowodzenia batalionu radiotechnicznego wyposażonego w obiekt RPT - 21/20. OPK,Warszawa 1987.

[83] Metodyka opracowania planów zabezpieczenia działań bojowych LM i WR WOPK przez brt. DWOPK, Warszawa 1982.

[84] Metodyki obliczeń operacyjno - taktycznych obezwładniania radioelektronicznego. Szt. Gen. Zarząd I - Oddział Walki Radioelektronicznej, Warszawa 1979.

[85] Migdalski J.: Poradnik niezawodności. Podstawy matematyczne. WPN, Warszawa 1982.

[86] Midwinter J.E : Światłowody telekomunikacyjne. WNT, Warszawa 1983.

[87] Miller J.M.: Systemy żywe. Prakseologia. PWN, Warszawa 1969.

[88] Miller M.: Niektóre aspekty wyboru rodziny radiostacji FH dla Wojska Polskiego. Prob. Tech. Uzbr. i Radiol., Warszawa 1994 nr 53.

[89] Morawski B. , Nowakowski J.: Metodologiczne podstawy teorii dowodzenia. (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1978.

[90] Możliwości rozpoznawcze sił zbrojnych państw NATO i przedsięwzięcia w wojskach OPK wpływające na zmniejszenie efektywności rozpoznania obiektów. OPK, Warszawa 1980.

[91] Mroczko F.: Żywotność bojowa wojsk lotniczych i obrony powietrznej we współczesnych działaniach bojowych. Biuletyn 1 (21), Jelenia Góra 1995.

[92] Mroczko F.: Pozoracja działń bojowych wojsk radiotechnicznych.(Rozprawa doktorska).ASG WP, Warszawa 1989.

[93] Mroczko F.: Żywotność ugrupowania bojowego wojsk radiotechnicznych. Praca naukowo - badawcza. Jelenia Góra 1989.

[94] Mulawa A.: Zasłona radiowa metodą obrony radioelektronicznej. Myśl Wojskowa. Warszawa,1994, nr 11 -12.

[95] Natarcie radioelektroniczne nieprzyjaciela i jego wpływ na działanie bojowe wojsk OPK. DW OPK. Warszawa 1981.

[96] Nieczyporienko W.U.: Strukturnyj analiz system. Sowietskoje radio, Moskwa 1977.

[97] Nieties W.A.: Wybor obobszcziennych pokazitieliej nadieżnosti sieti swiazi. Elektroswiaź Moskwa 1977.

[98] Obezwładnianie radioelektroniczne pokładowych stacji radiolokacyjnych i ultrakrótkofalowej łączności lotniczej podczas osłony wojsk i obiektów. Warszawa - Cytadela, 1991.

[99] Organizacja łączności w Wojskach Obrony Powietrznej Kraju. DW OPK, Warszawa 1988.

[100] Odtwarzanie naruszonego systemu OPK w czasie działań wojennych. OPK, Warszawa 1983.

[101] Obliczanie skuteczności oddziaływania aktywnych zakłoceń na środki radiolokacyjne. Podręcznik. Warszawa 1976.

[102] Oblój K.: Strategia przetrwania. PWN, Warszawa 1987.

[103] Oblój K.: Zarządzanie ujęcie praktyczne. PWE, Warszawa 1986.

[104] Paradowski L.: Problemy rozpoznania i przeciwdziałania radioelektronicznego. WAT, Warszawa 1986.

[105] Pytkowski W.: Organizacja badań i ocena prac naukowych. PWN, Warszawa 1981.

[106] Prażewska M.: Niezawodność urządzeń elektronicznych. WKiŁ, Warszawa 1987.

[107] Szutkowski F. , Pencak Z.: Ocena struktur systemu obsługi technicznej urządzeń łączności. MW,1989, nr 4 i 5.

[108] Połączone stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego wojsk OPK. DW OPK, Warszawa 1980.

[109] Piekarski H.: Walka radioelektroniczna. Metodyka obliczeń zasięgu skutecznych zakłóceń radiowych i radioliniowych. ASG WP, Warszawa 1988.

[110] Piekarski H.: Środki i sposoby obezwładniania RE systemów dowodzenia nieprzyjaciela. ASG WP, Warszawa 1987.

[111] Podgórny Z.: Żywotność SD WOPK. Konferencja Naukowa. Biuletyn 2 (8), Jelenia Góra 1990.

[112] Podgórny Z.: Ogólne uwagi o badaniu żywotności układów złożonych. Konferencja Naukowa. Biuletyn 1 (12), Jelenia Góra1992.

[113] Podgórny Z. , Wojciechowski A.: Odporność urządzeń elektronicznych na narażenia elektromagnetyczne. Konferencja Naukowa. Biuletyn 2 (19). Jelenia Góra 1994.

[114] Podgórny Z. , Wojciechowski A.: Ochrona rozbudowanych systemów elektronicznych w obiektach stałych. VI Konferencja Naukowa. Biuletyn (2), Jelenia Góra 1995.

[115] Poglądy państw NATO na użycie lotnictwa taktycznego. DW OPK, Warszawa 1985.

[116] Raiszke K.: Ocienka nadieżnosti sistiem z ispolzowaniem grafów. Radio i swiaż. Moskwa 1988.

[117] Rajackas R.J. : System modeli planowania i prognozowania. PWN, Warszawa 1981.

[111] Rękas S.: Kompleksowa ocena użycia uzbrojenia samolotów. ASG WP, Warszawa 1988.

[118] Rogalski M.: Fortyfikacja, cz.1 Ogólne wiadomości o fortyfikacji i projektowniu schronów. Zeszyt 2. Podstawy projektowania schronów. WAT, 1989.

[119] Rogalski M.: Fortyfikacja. Ogólne wiadomości o fortyfikacji i projektowaniu schronów Zeszyt 3. Pomieszczenia schronowe i układ funkcjonalny. WAT, Warszawa 1989.

[120] Rogalski M.: Fortyfikacja, cz.2. Konstruowanie i obliczanie schronów zabezpieczających przed działaniem klasycznych środków rażenia. Zeszyt 1. Klasyczne środki rażenia. WAT, Warszawa 1984.

[121] Ryszkowski M.:Problemy niezawodności układów " człowiek - maszyna ". Myśl Wojskowa Warszawa 1987, nr 1.

[122] Sikorski K.: Doskonalenie obrony radioelektronicznej dywizji zmechanizowanej w obronie w początkowym okresie wojny. (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1989.

[123] Sikorski E.: Wpływ użycia broni neutronowej na działanie polowego systemu łączności dywizji (DZ, DPanc). (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1984.

[124] Sienkiewicz P.: Inżynieria systemów. MON, Warszawa 1983.

[125] Sienkiewicz P.: Teoria efektywności systemów kierowania, t.1. Wstęp do systematodologii, Warszawa 1979.

[126] Siły i środki walki radioelektronicznej sił zbrojnych państw NATO. Szt. Gen. WP, Warszawa 1989.

[127] Siry A.: Żywotność systemów rozpoznania radiolokacyjnego i dowodzenia OP na szczeblu taktycznym. Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej. 1994 nr 2.

[128] Skrzyniarz B.: Prognozowanie uderzeń środków napadu powietrznego na obiekty logistyczne lotnictwa. (Rozprawa doktorska). AON, Warszawa 1993.

[129] Słownik języka polskiego. PWN, Warszawa 1992.

[130] Stępień S. i inni.: Poradnik konstruktora sprzętu elektronicznego. WKiŁ, Warszawa 1981.

[131] Stosowanie lotniczych środków rażenia obiektów na naziemne (nawodne). Cz.1. Lotnicze niekierowane środki rażenia. WLOP, Poznań 1991.

[132] Stosowanie lotniczych środków rażenia na obiekty naziemne (nawodne). Cz.3. Obliczanie skuteczności zastosowania bojowego lotniczych środków rażenia. Poznań, 1991.

[133] Suzdajew A.B.: Pieredacza danych w lokalnych sietiach swiazi. Radio i swiaź. Moskwa 1987.

[134] Sysło M. i inni : Algorytmy optymalizacji dyskretnej z programami w języku Pascal. PWN, Warszawa 1993.

[135] Środki walki radioelektronicznej przeciwnika oraz ich wpływ na działalność bojową wojsk OPK. DW OPK, Warszawa 1989.

[136] Tendencje rozwojowe w technice bojowej głównych państw zachodnich. Szt. Gen., Warszawa 1990.

[137] Tołkacz M.: Analiza wpływu zakłóceń radioelektronicznych na możliwości rozpoznawcze systemu radiolokacyjnego z wykorzystaniem metody symulacji komputerowej. (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1987.

[138] Tarasiuk B.: Odtwarzanie systemu dowodzenia dywizji w natarciu. (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1985.

[139] Weinberg G.M :Myślenie systemowe. WNT, Warszawa 1979.

[140] Wesołowski Z., Szumiata R.: Analiza niezawodnościowa elementów struktury niezawodnościowej systemu Wacław 1 i Wacław 2. Praca naukowo badawcza. WOSR. Jelenia Góra 1990.

[141] Wieczorek S.: Techniczne środki łączności wojsk lotniczych i OPK. Cz.2 Charakterystyka sprzętu. ASG WP, Warszawa 1984.

[142] Wiskowski J.: Niezawodność przyrządów półprzewodnikowych w polu promieniowania jądrowego. Centrum Badań Kosmicznych, Warszawa 1991.

[143] Wierzbicki A.: Dowodzenie związkami taktycznymi i oddziałami wojsk OPL w strefie odpowiedzialności połączonego stanowiska dowodzenia wojsk OPK. (Rozprawa doktorska). ASG WP, Warszawa 1989.

[144] Wojnar A.: Systemy radiokomunikacji ruchomej lądowej. WKiŁ, Warszawa 1989.

[145] Wojska lotnicze i obrony powietrznej w systemie obronnym Rzeczypospolitej Polskiej (WLOP - 1 , IV etap badań). Podstawowe kierunki rozwoju oraz zasady użycia WLOP w systemie obronnym państwa. AON, 1992.

[146] Wróbel S.: Żywotność stanowisk dowodzenia dywizji w walce.(Rozprawa doktorska) ASG WP, Warszawa 1989.

[147] Wójcik S.: Zobrazowanie lotnicze i satelitarne w badaniach wojskowo - geograficznych przyszłych teatrów działań wojennych. MW nr1, Warszawa 1993.

[148] Zaborowski M.: Budownictwo podziemne, cz.1. Zarys projektowania schronów wykonywanych pod ziemią. WAT, Warszawa 1982.

[149] Zamojski W.: Niezawodność i eksploatacja systemów. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1981.

[150] Zasady organizacji łączności w wojskach radiotechnicznych wojsk OPK. OPK, Warszawa 1987.

[151] Zbiór wskaźników normatywnych regulowanego poziomu intensywności zakłóceń radioelektronicznych dla podstawowego sprzętu radiolokacyjnego wojsk obrony przeciwlotniczej. OPL, Warszawa 1985.

[152] Zieliński R.: Generatory liczb losowych. Programowanie i testowanie na maszynach cyfrowych. WNT, Warszawa 1979.

[154] Zubek J.: Ocena jakości stanów osobowych wojsk. (Rozprawa habilitacyjna). AON, Warszawa 1990.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Akademii Obrony Narodowej
Nr ewid. 57166