

**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO**

IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

~~Do użytku
służbowego~~

~~TAJNE~~

Egz. nr 2



Ppłk dypl. Piotr GRYĆIUK

DOSKONALENIE
METOD OCENY ZAGROŻENIA
RADIOELEKTRONICZNEGO
I UODPORNIANIA SYSTEMU
ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI (DZ, DPanc)
Z WYKORZYSTANIEM SYMULACJI
KOMPUTEROWEJ

Rozprawa doktorska

12111

WARSZAWA 1987





**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO**
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

~~Do użytku
służbowego~~

~~TAJNE~~

Egz. nr 2



Pptk dypl. Piotr GRYŃCIUK

**DOSKONALENIE
METOD OCENY ZAGROŻENIA
RADIOELEKTRONICZNEGO
I UODPORNIANIA SYSTEMU
ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI (DZ, DPanc)
Z WYKORZYSTANIEM SYMULACJI
KOMPUTEROWEJ**

Rozprawa doktorska



12111

1) Let. nakl. 03327
0389/880

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

~~Do użytku
służbowego~~

Egz.nr .2.

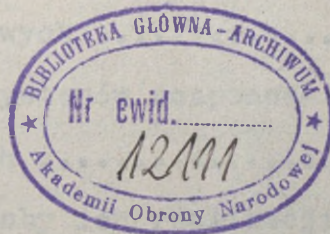
Innekt Prof. 749/21.08.95 PH



Ppłk dypl. Piotr GRYCIUK

DOSKONALENIE METOD OCENY ZAGROŻENIA RADIOELEKTRONICZNEGO
I UODPORNIANIA SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI DWIZJI /DZ, DPanc/
Z WYKORZYSTANIEM SYMULACJI KOMPUTEROWEJ

Rozprawa doktorska



Opracowana
pod kierownictwem naukowym

ppłk.doc.dr.hab.inż. Waldemara BRZOSTKA

SPIS TREŚCI

	str.
WSTĘP	4
1. SYSTEM ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI /DZ, DPanc/ JAKO OBIEKT ODDZIAŁYWANIA RADIOELEKTRONICZNEGO	10
1.1. Czynniki determinujące odporność systemu łączności dywizji na zakłócenia radioelektroniczne	11
1.2. Skład systemu łączności	18
1.3. Charakterystyka funkcjonalna systemu łączności	28
1.3.1. Struktura systemu łączności	28
1.3.2. Intensywność ruchu	42
1.4. Charakterystyka przestrzenna systemu łączności	59
1.5. Wnioski i uogólnienia z zakresu badań systemu łączności	67
2. WOJNA ELEKTRONICZNA PRZECIWNIA JAKO ELEMENT AKTYWNEGO ODDZIAŁYWANIA NA SYSTEM ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI	82
2.1. Wojna elektroniczna według poglądów państw NATO i jej elementy	82
2.2. Charakterystyka bazy materialnej podsystemów rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych	84
2.3. Charakterystyka funkcjonalna podsystemów rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych	99
2.3.1. Zadania podsystemów i sposoby ich realizacji.	99
2.3.2. Proces realizacji zadań przez podsystemy rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych	103
2.4. Charakterystyka przestrzenna podsystemów rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych	112
2.5. Wnioski i uogólnienia	113

	str.
3. WYBRANE METODY OCENY ZAGROŻENIA RADIOELEKTRONICZNEGO SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI	118
3.1. Metody ilościowe	118
3.2. Metody graficzne	123
3.3. Metody analityczne	126
3.4. Wnioski dotyczące oceny stosowanych metod	129
4. OCENOWY MODEL SYMULACJI ZAGROŻENIA RADIOELEKTRONICZNEGO SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI	131
5. BADANIE ODPORNOŚCI SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI NA ZAKŁÓCENIA RADIOELEKTRONICZNE	142
5.1. Badanie odporności rzeczywistego systemu łączności dywizji	143
5.2. Badanie odporności hipotetycznych systemów łączności dywizji	147
5.2.1. Badanie wpływu intensywności ruchu w systemie łączności na jego odporność	148
5.2.2. Badanie wpływu długości linii łączności na odporność systemu łączności	153
5.2.3. Badanie wpływu czasu reakcji podsystemu zakłóceń przeciwnika na odporność systemu łączności	158
5.2.4. Badanie łącznego wpływu czasu reakcji podsystemu zakłóceń i długości linii na odporność systemu łączności	161
5.3. Uwagi o odporności systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne emitowane przez nadajniki zakłócające jednorazowego użytku	162
WNIOSKI I KIERUNKI DALSZYCH BADAN	170
BIBLIOGRAFIA	173

WSTĘP

We współczesnych działaniach bojowych wykorzystywanie coraz nowszych, o większych możliwościach, środków walki doprowadza do pewnych dysproporcji pomiędzy możliwościami bojowymi wojsk, a możliwościami dowodzenia nimi. Bez obawy o przesadę można stwierdzić, że determinantą efektywnego wykorzystania możliwości bojowych wojsk jest sprawność systemów dowodzenia. Generał armii A.I.GRIBKOW na konferencji naukowej w PRADZE w kwietniu 1984 r., w zagajeniu stwierdził między innymi:^{x/}

" ... Zapewnienie ciągłości dowodzenia stanowi dziś jeden z podstawowych komponentów gotowości bojowej wojsk, jeden z decydujących czynników prowadzenia skutecznych działań bojowych..

" ... Powszechnie wiadomo, że żadna decyzja, nawet ta najwłaściwsza, żaden najlepiej opracowany plan, nie będą wprowadzone w życie bez zapewnienia ciągłości dowodzenia wojskami. Utracenie dowodzenia, nawet na krótki okres, potwierdzają to zresztą doświadczenia wojenne, prowadzi do nieodwracalnych, tragicznych skutków - nie wykonania postawionych zadań. Straty będą tym dotkliwsze, czym dłuższa będzie przerwa w dowodzeniu".

Ciągłość dowodzenia polega na " ... zapewnieniu dowódcom i organom dowodzenia możliwości nieprzerwanego wpływania na przebieg działań bojowych"^{xx/}. Osiąga się ją przede wszystkim poprzez utrzymanie nieprzerwanej łączności z przełożonym, podwładnymi, wspierającymi i współdziałającymi związkami taktycznymi /oddziałami, pododdziałami/. Tak więc ranga ciągłości dowodzenia

x/ Zagajenie w czasie konferencji naukowej Sił Zbrojnych Układu Warszawskiego, gen.armii A.I.GRIBKOWA, PRAGA, kwiecień 1984 r.

xx/ Dowodzenie dywizją /pułkiem/ w działaniach bojowych. Podręcznik ASG WP 1980 r., s.25.

określa znaczenie problemu zapewnienia ciągłości łączności, rozumianej jako zdolność systemu łączności zabezpieczenia możliwości działania we wszystkich możliwych sytuacjach, a więc i w sytuacjach radioelektronicznego oddziaływania nań przez przeciwnika.

Aktualne oddziaływanie radioelektroniczne przeciwnika ukierunkowane jest na obezwładnienie lub utrudnienie wykorzystania przez nasze wojska środków i systemów radioelektronicznych, a w tym środków i systemów łączności. Istnieje więc realne zagrożenie ciągłości funkcjonowania systemu łączności wskutek radioelektronicznego oddziaływania przeciwnika. Potwierdzeniem znaczenia problemu ciągłości łączności w warunkach oddziaływania radioelektronicznego przeciwnika są zadania stawiane w rozkazach ministra Obrony Narodowej do szkolenia Sił Zbrojnych PRL, kolejno w latach 1985, 1986, 1987:

"Poszukiwać efektywniejszych sposobów obrony systemów łączności przed rozpoznaniem i zakłóceniami";

"Wypracować i stosować w procesie szkolenia efektywne sposoby ochrony własnych środków łączności przed oddziaływaniem przeciwnika";

"Wypracować i wdrożyć przedsięwzięcia zmierzające do zwiększenia odporności systemów łączności na rozpoznanie, dywersję i zakłócenia radioelektroniczne ...".

Podstawowym warunkiem podjęcia skutecznego przeciwdziałania zagrożeniu radioelektronicznemu jest jego dokładne poznanie, w tym określenie skali zagrożenia oraz sprecyzowanie jego parametrów ilościowo-jakościowych. Dlatego też, zasadniczym celem rozprawy doktorskiej jest wypracowanie n a r z ę d z i a m e t o d o l o g i c z n e g o w postaci symulacyjnego modelu

komputerowego do badania zagrożenia radioelektronicznego systemu łączności dywizji g w a r a n t u j ą c e g o możliwość otrzymania odpowiedzi na następujące pytania problemowe:

1. Jakie czynniki i w jakim zakresie decydują o odporności systemu łączności na oddziaływanie radioelektroniczne ?
2. Jakie są możliwości potencjalnego przeciwnika w zakresie oddziaływania radioelektronicznego ?
3. Jaka jest odporność aktualnego systemu łączności dywizji na oddziaływanie radioelektroniczne ?
4. Jakie działania organizatorskie, obniżające skuteczność oddziaływania radioelektronicznego przeciwnika, można uznać za optymalne z uwzględnieniem możliwości ich wdrożenia do aktualnych systemów łączności ?

Po przeanalizowaniu dostępnej literatury, w wyniku wstępnego rozpoznania sformułowanych problemów badawczych, przyjęto następującą hipotezę roboczą:

Potencjał zakłócający, jakim dysponuje w dobie obecnej przeciwnik, stanowi poważne zagrożenie dla sprawnego, ciągłego funkcjonowania systemów łączności naszych wojsk. Uodpornienie systemu łączności dywizji na oddziaływanie radioelektroniczne przeciwnika jest możliwe poprzez dokładne poznanie istniejącego zagrożenia oraz wprowadzenie różnorodnych przedsięwzięć organizacyjno-technicznych obniżających skutki tego oddziaływania.

Rozwiązanie sformułowanych problemów badawczych i osiągnięcie celu rozprawy, wymagało stosowania różnorodnych metod badawczych. Metodą podstawową była metoda symulacji komputerowej. Umożliwiła ona dokonanie, w eksperymentach symulacyjnych, konfrontacji obu przeciwstawnych systemów, to jest systemu łączności dywizji z

systemem walki radioelektronicznej przeciwnika i to zarówno na modelach systemów rzeczywistych, jak i systemów hipotetycznych. Stwarzało to możliwość dokonywania badań zarówno w zakresie oceny zagrożenia radioelektronicznego, jak i wpływu różnorodnych przedsięwzięć na odporność systemu łączności dywizji na radioelektroniczne oddziaływanie przeciwnika. W rozprawie wykorzystywano również i inne metody, takie jak: analiza logiczno-ilościowa, interpretacja logiczna, synteza wyników oraz badania dostępnej literatury i dokumentów. Miały one zastosowanie głównie w trakcie opracowania modeli systemu łączności i systemu walki radioelektronicznej, jak również wykorzystywane były w formułowaniu i uogólnianiu wyników badań.

Literatura dotycząca zarówno oceny zagrożenia radioelektronicznego systemów łączności, jak i jego uodporniania jest stosunkowo uboga, niewspółmierna do rangi problemu. Charakteryzuje ją przede wszystkim statyczne rozpatrywanie zarówno podmiotu jak i przedmiotu oddziaływania radioelektronicznego oraz fragmentaryczne rozpatrywanie problemu. Brak jest materiałów teoretycznych, ujmujących w sposób kompleksowy problematykę oceny zagrożenia radioelektronicznego i uodpornienia systemu łączności. Występują opracowania zawierające opis potencjału walki radioelektronicznej, lecz uogólnienia możliwości tego potencjału cechuje brak uwzględnienia uwarunkowań dynamicznych, zarówno środków i systemu walki radioelektronicznej, jak i systemu łączności. Z dostępnej literatury traktującej o odporności systemu łączności na oddziaływanie radioelektroniczne przeciwnika, jedynie wydawnictwo Wojskowej Akademii Łączności Związku Radzieckiego "Effiektiwnost i bojewyje wozmożnosti średstw i kompleksow wojennoj swiazi" przedstawia w miarę kompleksową, analityczną metodę oceny tej odporności.

Jednak dość odległy rok wydania /1976/ przy bardzo szybkim procesie unowocześniania przez przeciwnika środków walki radioelektronicznej oraz dość skomplikowany i czasochłonny sposób określania odporności systemu łączności, czynią tę pozycję literatury mało przydatną do dokonywania ocen aktualnego zagrożenia radioelektronicznego.

Odrębną grupę literatury, wykorzystywaną w toku prowadzenia badań, stanowiły pozycje traktujące o symulacji komputerowej, jako metodzie badawczej. Szczególną pozycją w tej grupie jest rozprawa habilitacyjna płk.dr.doc.hab.inż. Waldemara BRZOSTKA "ARMIJNY SYSTEM OBEZWŁADNIANIA RADIOELEKTRONICZNEGO ŚRODKÓW I SYSTEMÓW DOWODZENIA PRZECIWNIKA". Uniwersalność zaproponowanej przez autora zarówno metody badawczej, jak i modelu oceny, umożliwiły przyjęcie go, po dokonaniu adaptacji, do badania zagrożenia radioelektronicznego systemu łączności naszej dywizji.

Uogólnienia teoretyczne i wnioski z badań nad doskonaleniem metod oceny zagrożenia radioelektronicznego i uodpornienia systemu łączności dywizji przedstawiono w pięciu rozdziałach.

W rozdziale pierwszym, w celu identyfikacji systemu łączności dywizji jako obiektu oddziaływania radioelektronicznego przeciwnika, dokonano określenia czynników determinujących jego odporność na to oddziaływanie. W konsekwencji umożliwiło to rozpatrzenie i scharakteryzowanie systemu łączności w aspekcie jego zagrożenia radioelektronicznego poprzez dokonanie: opisu składu materialnego systemu, sprecyzowanie jego struktury funkcjonalnej z uwzględnieniem dynamiki intensywności ruchu oraz określenie przestrzennego rozmieszczenia bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych. Pozwoliło to sporządzić modele rzeczywistego systemu łączności dywizji w natarciu i obronie.

W rozdziale drugim, w wyniku określenia w toku badań: wielkości potencjału walki radioelektronicznej przeciwnika oddziałyującego na system łączności dywizji, identyfikacji możliwości techniczno-taktycznych jego środków oraz ich przestrzennego rozmieszczenia, opracowano modele rzeczywistego systemu zakłóceń radioelektronicznych, odrębne dla działań zaczepnych i obronnych. Modele te zawierają w sobie również możliwości rozpoznania radioelektronicznego, ale jedynie w zakresie niezbędnym do zabezpieczenia informacyjnego środków zakłóceń.

W rozdziale trzecim poddano krytycznej analizie wybrane, dotychczasowe metody oceny zagrożenia radioelektronicznego systemu łączności.

Zasadniczą część rozprawy stanowią rozdziały: czwarty i piąty, zawierające opis modelu badawczego oraz prezentację wyników badań uzyskanych w efekcie przeprowadzonych eksperymentów symulacyjnych dla modeli systemów, zarówno rzeczywistych jak i hipotetycznych.

W zakończeniu przedstawiono wnioski i propozycje, ujmujące w syntetycznej formie, wyniki przeprowadzonych badań, zarówno w zakresie oceny zagrożenia radioelektronicznego, jak i niezbędnych przedsięwzięć uodparniających system łączności dywizji na oddziaływanie radioelektroniczne przeciwnika.

1. SYSTEM ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI /DZ, DPanc/ JAKO OBIEKT ODDZIAŁYWANIA RADIOELEKTRONICZNEGO

"... Zdecydowana, bezkompromisowa walka o przewagę w dowodzeniu stanowi obecnie jedną z zasadniczych prawidłowości prowadzonych operacji. Niezbędne jest przy tym nieustanne zwalczanie i obezwładnianie wszystkimi dostępnymi środkami systemów dowodzenia nieprzyjaciela. Z drugiej strony - wymagane jest zachowanie jak największej odporności własnych systemów na oddziaływanie przeciwnika ..." ^{1/}.

W ramach walki o przewagę, system dowodzenia dywizji będzie obiektem oddziaływania ze strony nieprzyjaciela wszelkimi dostępnymi środkami, zarówno ogniowymi jak i radioelektronicznymi. Zasadniczy potencjał środków radioelektronicznych przeciwnika, przeznaczony do oddziaływania na system dowodzenia dywizji, funkcjonuje w ramach systemu walki radioelektronicznej. Obejmuje on [8]: rozpoznanie radioelektroniczne, przeciwdziałanie radioelektroniczne i kontrprzeciwdziałanie. Jedynie przeciwdziałanie radioelektroniczne, obok uderzeń ogniowych, może bezpośrednio dezorganizować system dowodzenia.

Stąd też w rozprawie podstawowym przedmiotem badań w zakresie zagrożenia radioelektronicznego systemu dowodzenia dywizji będzie przeciwdziałanie radioelektroniczne zwane często w literaturze również "obezwładnianiem radioelektronicznym". Ponadto zachodzi konieczność objęcia badaniami również i rozpoznania radioelektronicznego przy założeniu, że stanowi ono istotny element walki radioelektronicznej, zasilając informacyjnie siły i środki obezwładniania radioelektronicznego.

1/ Gen.dyw.dr Wojciech Barański - Wybrane wnioski i doświadczenia z ćwiczenia "SOJUZ-83" - Myśl Wojskowa 1983 r.

Z elementów systemu dowodzenia dywizji, a mianowicie: organów dowodzenia, stanowisk dowodzenia, systemu łączności i środków automatyzacji dowodzenia [28] jedynie system łączności podatny jest na obezwładnienie radioelektroniczne przeciwnika. Uwzględniając, że zakłócenia radioelektroniczne^{2/} w swej istocie odnoszą się wyłącznie do tych elementów składowych systemu łączności, które w procesie przesyłania wiadomości wykorzystują zjawisko propagacji fal elektromagnetycznych, obiektem obezwładniania radioelektronicznego są jedynie bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne systemów łączności. Dlatego też, w rozprawie będą one przedmiotem szczegółowych badań.

W celu ukierunkowania badań systemu łączności jako obiektu oddziaływania radioelektronicznego przeciwnika uznano za celowe określenie w pierwszej kolejności głównych czynników determinujących odporność systemu na zakłócenia radioelektroniczne.

1.1. Czynniki determinujące odporność systemu łączności dywizji na zakłócenia radioelektroniczne

W celowym zakłócaniu pracy bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych jest wykorzystywana właściwość urządzeń odbiorczych, tj. odbierania nie tylko sygnałów użytecznych, ale również i sygnałów niepożądanych, w tym zakłóceń emitowanych przez przeciwnika. W rezultacie na wejściu urządzenia odbiorczego powstaje sygnał wypadkowy, będący wynikiem nałożenia się sygnałów zakłócających na sygnał użyteczny.

2/ Według poglądów teoretyków wojskowych armii państw NATO [28] obezwładnianie radioelektroniczne obejmuje zakłócenia radioelektroniczne środków i systemów łączności oraz przeciwdziałanie radiotechniczne.

Stopień oddziaływania sygnałów zakłócających na poprawny odbiór sygnału użytecznego, określany jest współczynnikiem zakłóceń /Kz/, który zależy od stosunku natężeń pól elektrycznych sygnału zakłócającego /Ez/ i sygnału użytecznego /Es/ mierzonych na wejściu odbiornika.

$$Kz = \frac{Ez}{Es} \quad /1/$$

Przyjmuje się, że zakłócenia są skuteczne /sygnał użyteczny na wyjściu odbiornika jest zniekształcony w stopniu uniemożliwiającym jego prawidłowy odbiór/ wówczas gdy spełniona jest nierówność:

$$Ez \geq Kzw \cdot Es \quad /2/$$

gdzie Kzw - wymagany współczynnik zakłóceń

Wymagane wartości współczynnika zakłóceń, jak potwierdzają badania, uzależnione są głównie od rodzaju emisji.

Zestawienie wartości wymaganego współczynnika zakłóceń dla podstawowych rodzajów emisji przedstawia tabela nr 1.

Tabela 1

Lp.	Rodzaj emisji	Wymagana wartość współczynnika zakłóceń /Kzw/
1.	Manipulacja amplitudy	0,8
2.	Manipulacja częstotliwości	1 - 1,1
3.	Modulacja amplitudy	1,5 - 2
4.	Modulacja częstotliwości	1,5
5.	Modulacja jednowstęgowa	4 - 5

Porównanie rzeczywistej wartości współczynnika zakłóceń /będącego stosunkiem natężeń pól elektrycznych sygnałów zakłócającego i użytecznego na wejściu odbiornika/ z jego wartością

wymaganą pozwala wnioskować o skuteczności zakłóceń, a tym samym o odporności danej linii łączności na zakłócenia. I tak w przypadku gdy:

$K_z \geq K_{zw}$ - zakłócenia są skuteczne /linia łączności nie odporna na zakłócenia/.

Natomiast dla:

$K_z < K_{zw}$ - zakłócenia będą nieskuteczne /linia łączności odporna na zakłócenia/.

Dążąc do ustalenia rzeczywistej wartości współczynnika zakłóceń w odniesieniu do systemu łączności dywizji^{3/} można się posłużyć następującymi zależnościami [29] określającymi wartość natężenia pola elektrycznego dla propagacji fal przyziemnych:

- dla propagacji fali powierzchniowej

$$E = 69 \sqrt{P_n G_n} \frac{h_m^2}{\lambda d^2} \quad /3/$$

- dla propagacji fali typu ogólnego

$$E = 69 \sqrt{P_n G_n} \frac{h_1 h_2}{\lambda d^2} \quad /4/$$

- dla propagacji fali przestrzennej

$$E = 69 \sqrt{P_n G_n} \frac{h_n h_0}{\lambda d^2} \quad /5/$$

gdzie:

E - natężenie pola elektrycznego [V/m];

P_n - moc nadajnika [W];

G_n - zysk energetyczny anteny nadajnika;

d - odległość między antenami /km/ nadajnika i odbiornika;

3/ Z około 300 bezprzewodowych linii łączności dywizji jedynie około 5 wykorzystuje sporadycznie propagację jonosferyczną.

λ - długość fali [m] ;

h_m - wzniesienie pozorne anteny [m] przy danej polaryzacji, zależne od długości fali oraz parametrów ziemi tj. konduktywności i przenikalności elektrycznej^{4/} ;

$h_1 = \sqrt{h_n^2 + h_m^2}$ - wzniesienie skorygowane anteny nadawczej [m] ;

$h_2 = \sqrt{h_o^2 + h_m^2}$ - wzniesienie skorygowane anteny odbiorczej [m] ;

h_n - wysokość zawieszenia /wzniesienia/ anteny nadawczej nad ziemią [m] ;

h_o - wysokość zawieszenia /wzniesienia/ anteny odbiorczej nad ziemią [m] ;

Uwaga: w dalszej części rozprawy dla zróżnicowania poszczególnych czynników wprowadzono dodatkowe indeksy:

- "z" - dla czynników wpływających na wartość natężenia pola elektrycznego od sygnału zakłócającego;
- "s" - dla czynników wpływających na wartość natężenia pola elektrycznego od sygnału użytecznego.

Podstawiając do wyrażenia [2] za E_s i E_z zależności określające wartość natężenia pola elektrycznego /zależności 3,4,5/ można ustalić rzeczywistą wartość współczynnika zakłóceń dla różnych wariantów wykorzystywanych propagacji fal przez korespondujące środki łączności i stacje zakłóceń. Nieprzyjaciel może emitować zakłócenia za pomocą naziemnych i powietrznych stacji zakłóceń /tj. instalowanych w pojazdach naziemnych, śmigłowcach lub samolotach /, natomiast w naszej dywizji łączność będzie

$$4/ \quad h_m = \frac{\lambda}{2\pi} [(\epsilon \pm 1)^2 + (60 \lambda G)^2]^{\pm 1/4} \quad [m]$$

gdzie: ϵ - przenikalność elektryczna gleby;
 G - konduktywność elektryczna gleby;
+ - dla polaryzacji poziomej;
- - dla polaryzacji pionowej.

utrzymywana głównie za pomocą środków naziemnych wykorzystujących propagację fal przyziemnych. W związku z tym badania podejmowane w rozprawie zostały ograniczone do trzech wariantów propagacyjnych, a mianowicie:

a/ stacja zakłóceń i korespondujące środki łączności wykorzystują identyczne propagacje:

$$K_z = \sqrt{\frac{P_{nz} \cdot G_{nz}}{P_{ns} \cdot G_{ns}}} \cdot \left(\frac{d_s}{d_z}\right)^2 \quad /6/$$

b/ stacja zakłóceń wykorzystuje propagację fal przestrzennych, a korespondujące środki łączności dywizji - powierzchniową:

$$K_z = \sqrt{\frac{P_{nz} \cdot G_{nz}}{P_{ns} \cdot G_{ns}}} \cdot \frac{h_{nz} \cdot h_o \cdot d_s^2}{h_{ms}^2 \cdot d_z^2} \quad /7/$$

c/ stacja zakłóceń wykorzystuje propagację fal przestrzennych, a korespondujące środki łączności dywizji - propagację przyziemnych fal typu ogólnego:

$$K_z = \sqrt{\frac{P_{nz} \cdot G_{nz}}{P_{ns} \cdot G_{ns}}} \cdot \frac{h_{nz} \cdot h_o \cdot d_s^2}{h_{1s} \cdot h_{2s} \cdot d_z^2} \quad /8/$$

W oparciu o analizę przedstawionych wariantów propagacyjnych fal /zależności 6,7,8/ i ocenę wartości współczynnika zakłóceń /tabela 1/ można stwierdzić, że do czynników wywierających wpływ na odporność linii łączności na zakłócenia radioelektroniczne należy zaliczyć:

- odległość między stacją zakłócającą i zakłócanym środkiem łączności tzw. odległości zakłóceń / d_z /;
- odległość pomiędzy środkami łączności, przesyłającymi sygnał użyteczny, tzw. długość linii łączności / d_s /;
- rodzaj wykorzystywanych emisji;

- rodzaje wykorzystywanych propagacji fal;
- moc stacji emitującej sygnał zakłócający $/P_{nz}/$;
- moc środka łączności emitującego sygnał użyteczny $/P_{ns}/$;
- zysk energetyczny anteny stacji zakłóceń $/G_{nz}/$;
- zysk energetyczny anteny środka łączności emitującego sygnał użyteczny $/G_{ns}/$.

Analiza powyższych czynników pozwala stwierdzić, że są to czynniki natury technicznej i przestrzennej.

Czynnikami natury technicznej są parametry techniczne środków łączności dywizji i stacji zakłóceń przeciwnika, które określają wartość natężeń pól emitowanych sygnałów /zakłócających i użytecznego/. Z zależności 6,7,8 wynika, że czynnikami tymi są: moce nadajników i zyski anten oraz rodzaje emisji i propagacji fal wykorzystywane przez środki łączności dywizji i stacje zakłóceń przeciwnika.

Z kolei czynniki natury przestrzennej wynikają z rozmieszczenia w terenie podczas prowadzenia walki bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych dywizji oraz stacji zakłóceń przeciwnika. Rozmieszczenie w terenie środków łączności i stacji zakłóceń określa długość linii łączności $/d_s/$ oraz odległość zakłóceń $/d_z/$. Suma obu tych grup czynników decyduje o rzeczywistej wartości współczynnika zakłóceń $/K_z/$, a tym samym i o stopniu odporności linii łączności na zakłócenia radioelektroniczne.

System łączności w aspekcie odporności na zakłócenia wyraża się zbiorowością bezprzewodowych linii łączności organizowanych w poszczególnych relacjach systemu łączności. Przesyłane w nich wiadomości stanowi obciążenie eksploatacyjne poszczególnych linii łączności i w odniesieniu do łączności radiowej /wykorzystującej z reguły transmisję dwukierunkową naprzemienną -

simpleksową/ wpływają bezpośrednio na częstość występowania oraz czasokres promieniowania /odbierania/ energii elektromagnetycznej przez bezprzewodowe urządzenia teletransmisyjne. Przyjmując, iż przesyłanie wiadomości występuje w trakcie seansu łączności, rozumianego jako zjawisko emitowania i odbierania fali elektromagnetycznej przenoszącej wiadomości, można stwierdzić, że cechą charakterystyczną pracy bezprzewodowych linii łączności jest występowanie seansów łączności o różnym czasie trwania.

System zakłóceń przeciwnika, z punktu widzenia odporności systemu łączności na zakłócenia, charakteryzują przede wszystkim jego możliwości w zakresie ilości jednocześnie zakłócanych linii łączności oraz możliwości czasowe jego reakcji na występowanie seansów w systemie łączności.

Na podstawie prowadzonych badań można stwierdzić, że na odporność systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne obok omówionych wyżej czynników zarówno natury technicznej jak i przestrzennej wpływają również czynniki funkcjonalne.

Do czynników funkcjonalnych, wywierających wpływ na odporność systemu łączności na zakłócenia, możemy zaliczyć:

a/ w systemie łączności:

- ilość i rodzaj linii łączności zarówno bezpośrednich jak i pośrednich /zestawianych na drogach okrężnych/ organizowanych w poszczególnych relacjach oraz w systemie łączności;

- ilość seansów łączności oraz czas ich trwania tj. intensywność ruchu zarówno w poszczególnych liniach, relacjach, jak i w systemie łączności;

b/ w systemie zakłóceń:

- ilościowe możliwości jednoczesnego zakłócania linii

łączności;

- czasowe możliwości reakcji systemu zakłóceń na pracę naszych środków łączności /rozumiane jako możliwości wykrycia seansu łączności, podjęcia decyzji i wykonanie zakłóceń w trakcie tegoż seansu łączności/;

- możliwości obsłużenia zakłóceniami intensywności wymiany wiadomości realizowanej w systemie łączności.

Przedstawiona charakterystyka czynników wywierających wpływ na odporność systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne przeciwnika sugeruje, aby w dalszych badaniach poddać system wnikliwej analizie pod kątem:

- materialnym - ilustrującym i charakteryzującym skład bazy materialnej systemu;

- funkcjonalnym - wykazującym powiązania informacyjne /linie łączności/ pomiędzy elementami systemu, ich ilość i rodzaj oraz intensywność wymiany;

- przestrzennym - przedstawiającym usytuowanie przestrzenne elementów bazy materialnej systemu względem siebie oraz w stosunku do źródeł radioelektronicznych przeciwnika.

1.2. Skład systemu łączności

"System łączności - część składowa systemu dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki - to organizacyjno-techniczny zespół sił i środków łączności rozwinięty w sposób odpowiadający organizacji dowodzenia, charakterowi prowadzonych działań i wykonywanym zadaniom" [19] .

Hierarchiczność systemów dowodzenia wskazuje na występowanie sprzężeń systemu łączności dywizji z systemami łączności: nadrzędnym /przełożonego/, równorzędnymi /np.współdziałającej

dywizji/ i podrzędnymi /podwładnych/. Wynika z niej również konieczność traktowania systemów podrzędnych jako elementów składowych systemu nadrzędnego. Stąd też, elementami składowymi systemu łączności dywizji, które stanowiły przedmiot badań w niniejszej rozprawie, są:

- system łączności dywizyjnego szczebla dowodzenia;
- systemy łączności oddziałów i pododdziałów dywizji.

W systemach łączności poszczególnych szczebli dowodzenia występują elementy złożone i proste. Elementami złożonymi są węzły łączności stanowisk dowodzenia, będące podstawą organizowanych systemów łączności. Elementami prostymi są środki /grupy środków/ łączności występujące w terenie samodzielnie /poza węzłami łączności/ działające jednak w ramach systemu łączności.

(W systemie łączności dywizji organizuje się następujące węzły łączności:

1. Węzeł łączności stanowiska dowodzenia /WŁ SD/ - organizowany od szczebla pułku wzwyż. Zapewnia on dowódcy, sztabowi i szefom rodzajów wojsk łączność dalekosiężną z przełożonym, podwładnymi, sąsiadami, organami dowodzenia wojsk wspierających i współdziałających, pozostałymi stanowiskami /punktami/ dowodzenia danego szczebla organizacyjnego oraz łączność wewnętrzną w ramach stanowiska dowodzenia. WŁ SD jest głównym węzłem w każdym systemie łączności. Z jego składu wydzielą się siły i środki łączności dla doraźnie organizowanych:

- powietrznego punktu dowodzenia - na szczeblu dywizji;
- punktu obserwacyjno-dowódczego - na szczeblu pułku.

2. Węzeł łączności wysuniętego stanowiska dowodzenia /WŁ WSD/- organizowany na szczeblu dywizji. Przeznaczony jest do zapewnienia łączności grupie operacyjnej zastępcy dowódcy dywizji do spraw

liniowych z przełożonym, zasadniczymi elementami ugrupowania bojowego dywizji oraz z pozostałymi stanowiskami dowodzenia organizowanymi na szczeblu dywizji. W sytuacjach dowodzenia dywizją przez dowódcę z WSD w skład tego węzła wejdą dodatkowo środki łączności dowódcy dywizji i towarzyszących mu osób funkcyjnych. WŁ WSD powinien być w gotowości do przyjęcia roli głównego węzła łączności w przypadku zniszczenia /obezwładnienia/ WŁ SD dywizji.

3. Węzeł łączności tyłowego stanowiska dowodzenia /WŁ TSD/ - organizowany od szczebla pułku wzwyż. Przeznaczony jest do zapewnienia tyłowym organom dowodzenia łączności z przełożonym i podwładnymi tyłowymi organami dowodzenia, z przełożonym dowódcą i sztabem ogólnowojskowym oraz z podległymi pododdziałami i elementami tyłowymi.

4. Węzeł łączności stanowiska dowódczo-obszernego /WŁ SDO/ - organizowany na szczeblu batalionu /dywizjonu/. Przeznaczony jest do zapewnienia łączności dowódcy i sztabowi batalionu /dywizjonu/ z przełożonym i podwładnymi oraz z dowódcami pododdziałów /oddziałów/ wspierających i współdziałających.

Węzły łączności stosownie do ich roli i przeznaczenia są wyposażone w różnego rodzaju urządzenia i środki łączności, a mianowicie:

- teletransmisyjne, zapewniające przesyłanie na odległość energii, przenoszącej wiadomości w postaci sygnałów elektrycznych;
- komutacyjne, przeznaczone do zestawiania różnego rodzaju połączeń tj. dalekosiężnych, wewnętrznych, tranzytowych i okólnikowych;
- końcowe, przeznaczone do przetwarzania energii akustycznej

lub kinetycznej użytkowników łączności na sygnały elektryczne oraz do realizacji procesu odwrotnego;

- specjalne, zapewniające utajnienie przekazywanych wiadomości;

- ruchome, przeznaczone do dystrybucji przesyłek pocztowych.

Z przedstawionych rodzajów środków i urządzeń węzłów łączności jedynie bezprzewodowe urządzenia teletransmisyjne przesyłając wiadomości poprzez wypromieniowanie /odbieranie/ fal elektromagnetycznych, są obiektem obezwładniania radioelektronicznego. Teletransmisyjnymi urządzeniami bezprzewodowymi w dywizji są radiostacje, radiotelefony i radiolinie.

Dążąc do ustalenia bazy materialnej systemu łączności w aspekcie jego odporności na zakłócenia radioelektroniczne należało ustalić ilość węzłów łączności na poszczególnych szczeblach dowodzenia, ich wyposażenie w bezprzewodowe urządzenia teletransmisyjne, a także dokonać identyfikacji charakterystyk /czynników/ technicznych tych urządzeń.

Ogółem w dywizji w taktycznym ogniwie dowodzenia, obejmującym szczebel dywizja, pułk, batalion - organizuje się 38-41 węzłów łączności, w tym:

- 3 węzły na szczeblu dywizji /WŁ SD, WŁ WSD i WŁ TSD/;
- po 2 węzły na szczeblu pułku /WŁ SD i WŁ TSD/;
- po 1 węzle na szczeblu batalionu /dywizjonu/ - WŁ SDO.

Wyposażenie węzłów w bezprzewodowe urządzenia teletransmisyjne jest zróżnicowane w zależności od roli i przeznaczenia danego węzła oraz od szczebla dowodzenia. Ilustruje to porównanie wyposażenia głównych węzłów w systemie łączności szczebla dywizji, pułku i batalionu:

- WŁ SD dywizji - 39-64 radiostacji i 12-16 półkompletów

radiolinii;

- Wł SD pułku - 23-28 radiostacji i 4 półkomplety radiolinii;
- Wł SDO batalionu piechoty - 3 radiostacje.

Szczegółowe zestawienie ilości teletransmisyjnych urządzeń bezprzewodowych rozwijanych na węzłach łączności dywizji ilustruje tabela nr 2.

Charakterystyka parametrów technicznych /czynników technicznych/ bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych wpływających na odporność linii łączności na zakłócenia powinna uwzględniać przede wszystkim moc nadajnika, stosowane rodzaje emisji oraz wykorzystywane rodzaje propagacji fal.

Zdecydowana większość bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych dywizji /około 95 %/ charakteryzuje się małą mocą, od 1,5 do 75 W. W wyposażeniu dywizji znajduje się tylko 21 radiostacji zaliczanych do średniej mocy /200-1000 W/.

Rodzaje stosowanych w łączności propagacji fal w praktyce są ściśle związane przede wszystkim z wykorzystywanym zakresem częstotliwości przez bezprzewodowe urządzenia teletransmisyjne.

Wynika to z następujących kryteriów:

- $h_n \cdot h_o \ll h_m^2$ - propagacja powierzchniowa;
- $h_n \cdot h_o \approx h_m^2$ - propagacja typu ogólnego;
- $h_n \cdot h_o \gg h_m^2$ - propagacja przestrzenna.

Uwzględniając zakresy częstotliwości teletransmisyjnych urządzeń bezprzewodowych dywizji oraz wysokości zawieszenia ich anten można ogólnie stwierdzić, że wykorzystują one następujące rodzaje propagacji:

- propagację powierzchniową - wszystkie urządzenia wykorzystujące zakres fal krótkich i ultrakrótkich;
- propagację typu ogólnego - urządzenia wykorzystujące

zakres fal ultrakrótkich przy zawieszeniu anten na masztach antenowych;

- propagację przestrzenną - jedynie stacje radioliniowe oraz urządzenia teletransmisyjne powietrznego punktu dowodzenia dywizji /PPD-3/ podczas lotu;

- propagację jonosferyczną - urządzenia wykorzystujące zakres fal krótkich^{5/}.

Rodzaje emisji uwarunkowane są rozwiązaniami konstrukcyjnymi poszczególnych bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych. Aktualnie urządzenia dywizji wykorzystują następujące rodzaje emisji charakteryzujące się różnymi wartościami wymaganego współczynnika zakłóceń K_{zw} :

- manipulację amplitudy i częstotliwości oraz modulację amplitudy - wszystkie środki krótkofalowe /KF/ i niektóre ultrakrótkofalowe /UKF/, dla których wartość wymaganego współczynnika zakłóceń K_{zw} wynosi odpowiednio - 0,8; 1,1; 1,5-2;

- modulację częstotliwości - wszystkie radiostacje UKF i stacje radioliniowe oraz niektóre radiostacje KF, wymagana wartość współczynnika zakłóceń K_{zw} - 1,5;

- modulację jednowstęgową - jedynie radiostacje typu R-140, R-137 i R-130, wymagana wartość współczynnika zakłóceń K_{zw} = 4-5.

Charakterystykę poszczególnych rodzajów i typów teletransmisyjnych urządzeń bezprzewodowych dywizji przedstawia tabela nr 3.

5/ W praktyce, w systemie łączności dywizji propagacja jonosferyczna wykorzystywana jest sporadycznie jedynie w kilku liniach łączności.

Zestawienie ilości teletransmisyjnych urządzeń bezprzewodowych
rozwiniętych na węzłach łączności w taktycznym ogniwie dowodzenia

Nazwa węzła łączności	Typ urządzenia											Razem na WŁ: a-rst.śr.mocy b-rst.n.mocy c-półkompl. radiol.
	R-137 R-140	R-118	R-130	R-111	Rst.UKF 20W	Rst.UKF 1,5W	R-809	R-802W R-832M	R-847	R-405		
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
WŁ WSD ^{1/} :												
wariant 1	-	-	1	2	1	2	-	-	-	1	a - 0 b - 6 c - 1	
wariant 2	2	-	5	7	8	2	1	2	1	9	a - 2 b - 26 c - 9	
WŁ SD ^{2/} :												
wariant 1	5	3	8	10	24	12	1	2	1	16	a - 8 b - 58 c - 16	
wariant 2	3	3	4	4	13	8	-	-	-	12	a - 6 b - 29 c - 12	
WŁ TSD	1	-	2	2	7	4	-	-	-	2	a - 1 b - 15 c - 2	
Razem	6	3	11	14	32	18	1	2	1	19	a - 9 b - 79 c - 19	
WŁ SD	-	1	5	3	13	5	1	-	-	4	a - 1 b - 27 c - 4	
WŁ TSD	-	-	2	2	6	2	-	-	-	-	a i c - 0 b - 12	
Razem	-	1	7	5	19	7	1	-	-	4	a - 1 b - 39 c - 4	
WŁ SD	-	1	2	1	10	2	1	-	-	2	a - 1 b - 16 c - 2	
WŁ TSD	-	-	1	1	3	-	-	-	-	-	a i c - 0 b - 5	
Razem	-	1	3	2	13	2	1	-	-	2	a - 1 b - 21 c - 2	
WŁ SD	1	1	2	2	6	2	-	-	-	2	a - 2 b - 12 c - 2	
WŁ TSD	-	-	1	-	2	1	-	-	-	-	a i c - 0 b - 4	
Razem	1	1	3	2	8	3	-	-	-	2	a - 2 b - 16 c - 2	
WŁ SD	1	1	2	2	11	2	-	-	-	2	a - 2 b - 17 c - 2	
WŁ TSD	-	-	1	-	2	1	-	-	-	-	a i c - 0 b - 4	
Razem	1	1	3	2	13	3	-	-	-	-	a - 2 b - 21 c - 2	

		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
WŁ	SDO drt		1	1	3	1	6	3	-	-	-	2	a - 2 b - 13 c - 2
	SDO dar		-	-	2	1	6	2	1	-	-	-	a 1 c - 0 b - 12
	SDO dappanc		-	-	2	1	5	2	1	-	-	-	a 1 c - 0 b - 11
	SDO br		-	2	1	2	3	-	-	-	-	-	a - 2 b - 6 c - 0
	SDO bsap		-	-	1	-	3	2	-	-	-	-	a 1 c - 0 b - 6
	SDO bzaop		-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	a 1 c - 0 b - 2
	SDO brem		-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	a 1 c - 0 b - 2
	SDO bm		-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	a - 1 b - 1 c - 0
	SDO bp		-	-	-	-	2	1					a 1 c - 0 b - 3
	SDO bcz						3						a 1 c - 0 b - 3
	SDO dae				2	2	4						a 1 c - 0 b - 8
	SDO da				1		2	2	1				a 1 c - 0 b - 6
	Ogółem na WŁ	DZ		8	13	66	51	204	74	10	1	2	45
DPanc			8	13	62	50	184	68	8	1	2	45	a - 21 b - 375 c - 45

Uwagi: 1/ wariant 1 - na WŁ WSD znajduje się tylko wóz dowodzenia R-3Z z-cy d-cy dywizji d/s liniowych;

wariant 2 - na WŁ WSD znajdują się środki łączności grupy operacyjnej dowódcy dywizji /R-137, R-3M, R-4, R-2AM, R-3Z/ i drugi zespół środków radioliniowo-przewodowych /ATfTI, ATgS, R-405Z/.

2/ wariant 1 - wykazano podstawowe wyposażenie WŁ SD dywizji;

wariant 2 - wykazano wyposażenie węzła bez środków łączności grupy operacyjnej dowódcy dywizji

Tabela nr 3

Charakterystyka teletransmisyjnych urządzeń
beprzewodowych dywizji

Rodzaj i typ urządzenia	Zakres częstotliwości /MHz/	Moc /W/	Rodzaje emisji	Typ anten i ich zysk kierunkowy
1	2	3	4	5
R-137	20-60	1000	A1A, F1A F1B, F3E J3E, R3E, H3E	- wibrator objętościowy - półrombowa - prętowa
R-118 "K"	1,5-7,5	100- pr. fon. 200- pr. tlg.	A1A, F1A, F1B, A3E, F7A	- prętowa - półteleskop - dipol symetryczny - pionowego promieniowania
R-130	1-5-10,99	40	A1A, A3E J3E, H3E	- prętowa - pionowego promieniowania
R-111	20-52	75	F3E	- prętowa - prętowa na maszcie
R-123	20-51,5	20	F3E	- prętowa
R-113	20-22,375			- prętowa na maszcie
R-107	20-52	1,5		- prętowa
R-105	36-46,1	lub	F3E	- prętowa na maszcie
R-108	28-36,5	20 ze wzm.mocy		
R-109	21,5-28,5			
R-809	100-150	0,5		- stożkowo-dyskowa
R-802W	100-150	20	A3E	
R-832M	118-140 220-330	15		
R-847	2-3		A3E, F3E A1A, F1A	- teleskopowa
radiolinia R-405Z	60-69,975	1,5	F3E	- "Vagi" - 10dB
	390-420	lub 15 ze wzm. mocy		- "Kątowa" - 15dB
radiotelefon K-1	75,375-77,725 85,075-87,525	20	F3E	- prętowa - prętowa na maszcie

Analizując ilościowe zestawienie teletransmisyjnych urządzeń bezprzewodowych rozwiniętych na węzłach łączności /tabela 2/ oraz ich charakterystyki techniczne /tabela 3/ można sformułować następujące wnioski:

1. Węzły łączności, grupując około 400-500 teletransmisyjnych urządzeń bezprzewodowych dywizji /co stanowi około 30 % stanu etatowego/ są zasadniczymi obiektami radioelektronicznymi dywizji. Pozostałe urządzenia /70 %/ występują jako samodzielne środki łączności z reguły na niższych szczeblach dowodzenia /drużyna, pluton, kompania/ oraz jako radiostacje pokładowe wozów bojowych, wyrzutni rakiet, pojazdów specjalnych rodzajów wojsk itp. i nie stanowią one dla nieprzyjaciela obiektów o istotnej randze z punktu widzenia celowości ich ciągłego zakłócania.

2. Węzły łączności grupują 100 % radiostacji średniej mocy dywizji, w tym 13 radiostacji typu R-118 o mocy do 200 W wykorzystujących praktycznie^{6/} emisje charakteryzujące się niską odpornością przed zakłóceniami / $K_{zw} = 0,8-2$ / oraz 8 radiostacji tzw. nowego parku /R-140 i R-137/ o mocy 1000 W wykorzystujących różne rodzaje emisji, w tym również emisje jednowstęgowe charakteryzujące się stosunkowo wysoką odpornością przed zakłóceniami / $K_{zw} = 4-5$ /.

3. Zasadniczą grupę /około 85 %/ teletransmisyjnych urządzeń bezprzewodowych stanowią radiostacje małej mocy, w tym 84 % to radiostacje UKF /50 rst. o mocy 75W, 180-200 rst. o mocy 20W i około 70 rst. o mocy 1,5W/ wykorzystywane modulację częstotliwości / $K_{zw} = 1,5$ / oraz 16 % /około 60 rst./ to radiostacje KF o mocy 40W wykorzystujące emisje dwu- i jednowstęgowe / $K_{zw} = 0,8-1,5$ i 4-5/.

6/ Wersja tej radiostacji oznaczona symbolem R-118"K" przystosowana jest jedynie do odbioru emisji jednowstęgowych, co przy wykorzystaniu tych radiostacji w jednorodnych sprzętowo sieciach radiowych praktycznie wyklucza stosowanie emisji jednowstęgowych.

4. Wszystkie eksploatowane w systemie łączności dywizji.. półkomplety stacji radioliniowych /z wyjątkiem znajdujących się w odwodzie łączności/ są rozwijane na węzłach łączności.

Charakteryzują się one stosunkowo małą mocą /około 10-15W ze wzmacnianiem mocy/ oraz wykorzystywaniem emisji o niskiej odporności przed zakłóceniami / $K_{zw} = 1,5$ /.

5. Wszystkie eksploatowane na węzłach łączności teletransmisyjne urządzenia bezprzewodowe zajmują stosunkowo wąskie pasma częstotliwości tj:

- od 1,5 do 10,99 MHz - radiostacje KF /jedynie R-140 do 30 MHz/;

- od 20 do 52 MHz - radiostacje UKF /jedynie R-137 do 60 MHz/;

- od 66 do 69,975 MHz i od 390 do 420 MHz stacje radioliniowe.

1.3. Charakterystyka funkcjonalna systemu łączności

1.3.1. Struktura systemu łączności

Struktura systemu łączności jest warunkowana w znacznej skali sposobem organizacji telekomunikacyjnej sieci pierwotnej, stanowiącej zbiorowość linii łączności rozwiniętych pomiędzy węzłami łączności, grupami środków łączności i pojedynczymi środkami łączności.

Aktualnie w dywizji wykorzystuje się dwa sposoby organizacji sieci pierwotnej: gwiazdzisty i złożony. W układzie gwiazdzistym linie dalekosiężne sieci pierwotnej rozwijane są od jednego centralnego węzła łączności do węzłów /grup i pojedynczych środków/ łączności podległych i współdziałających. W sieci pierwotnej

rozwinętej w układzie złożonym linie dalekosiężne tworzą kilka wzajemnie sprzężonych układów gwiaździstych, z których każdy rozwijany jest z innego węzła łączności danego szczebla organizacyjnego. Na szczeblu dywizji sieć pierwotna organizowana jest w układzie złożonym, w którym poszczególne układy gwiaździste rozwijane są z węzłów łączności: stanowiska dowodzenia, wysuniętego stanowiska dowodzenia i tyłowego stanowiska dowodzenia. Na szczeblu pułku występują dwa sprzężone układy gwiaździste rozwijane z węzłów łączności SD i TSD. Natomiast na szczeblu batalionu /dywizjonu/ sieć pierwotna organizowana jest w jednym układzie gwiaździstym.)

Cechą charakterystyczną aktualnego systemu łączności dywizji jest organizowanie łączności w sposób kompleksowy, który zakłada zapewnienie łączności w poszczególnych relacjach dowodzenia w kilku równolegle eksploatowanych liniach łączności organizowanych za pomocą różnych środków łączności. Odnosi się to zwłaszcza do zasadniczych relacji dowodzenia. Dlatego też rozpatrując odporność systemu łączności dywizji na zakłócenia radioelektroniczne, a ściślej jego sieci pierwotnej^{organizowanej} za pomocą bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych, koniecznym było ustalenie ilości i rodzajów bezprzewodowych linii łączności w poszczególnych relacjach dowodzenia.

Z analizy obowiązujących zasad oraz ustaleń dyrektywnych [17,19] normujących organizację łączności radiowej, radiotelefonicznej i radioliniowej na szczeblach taktycznych wynika, że ogółem w dywizji organizuje się około 270-290 sieci i kierunków radiowych^{7/}, w tym około 120 na szczeblu dywizji, pułku i batalionu

7/ W obliczeniach pominięto sieci radiowe i radiotelefoniczne organizowane za pomocą radiostacji R-126 i radiotelefonów K-2, ponadto traktowano sieci radiotelefoniczne jako radiowe.

oraz do 24 kierunków radioliniowych. Ilość linii łączności organizowanych na poszczególnych szczeblach dowodzenia waha się od 2-4 na szczeblu batalionu, około 15 na szczeblu pułku, do około 60 na szczeblu dywizji. W celu ustalenia w poszczególnych relacjach dowodzenia ilości i rodzaju linii łączności organizowanych za pomocą teletransmisyjnych urządzeń bezprzewodowych, koniecznym było dokonanie analizy ilości i składu linii łączności organizowanych w taktycznym ogniwie dowodzenia. Skład sieci oraz kierunków radiowych, radiotelefonicznych i radioliniowych przedstawiają tablice nr 4 i 5, sporządzone na podstawie "Normatywny system łączności dywizji zmechanizowanej i pancernej" wydany przez Szefostwo Wojsk Łączności MON w 1984 roku.

Analiza i ocena ilości, rodzaju i składu linii łączności /tabele 4 i 5/ pozwoliły ustalić rzeczywistą strukturę sieci pierwotnej. Wyniki badań w tym zakresie w formie zestawienia ilości i rodzaju linii łączności rozwijanych pomiędzy podstawowymi elementami składowymi systemu łączności dywizji przedstawiono w tabeli nr 6. Z badań tych wynikają następujące uogólnienia oraz wnioski dotyczące ilości i rodzaju bezprzewodowych linii łączności:

1. W relacji WE SD dywizji - WE SD pułków /pz, pcz, pa, prplot/ organizuje się od 7 do 13 linii łączności, w tym:
 - 1 linię KF przy wykorzystaniu radiostacji R-118;
 - 1-5 linii KF przy wykorzystaniu radiostacji R-130;
 - 4-6 linii UKF przy wykorzystaniu radiostacji R-111, R-123;
 - 1 linię radioliniową.
2. W relacji WE SD dywizji - WE SD batalionów /dywizjonów/ organizuje się od 2 do 8 linii łączności, w tym:
 - 1-3 linie KF przy wykorzystaniu radiostacji R-130;

Tabela 4

Ilość i skład linii łączności organizowanych na szczeblach dowództwa dywizji, pułków i samodzielnych pododdziałów z wykorzystaniem radiostacji i radiotelefonów

Opis linii lub kierunku	Nazwa sieci lub kierunku	Skład sieci lub kierunku	Liczba korospondentów	Typ rst.	Uwagi
-	I na szczeblu dywizji				
01	S/r dowódcy dywizji	dowódca i z-ca d/s lin. d-cy dywizji, dowódcy sz.pcz,prplot, desantu taktycznego	8	R-130	
01	S/r dowódcy dywizji	dowódca i z-ca d/s lin. d-cy dywizji, SD dywizji, PPS	10	R-111	
02	S/rtlf dywizji	dowódca, z-ca d/s lin. d-cy, szef sztabu, szefowie rodz.wojsk, kwatermistrz, szef sk.tech., PPS-3 dywizji; dowódcy /szefowie sztabów/ br,dar,dappanci; mogą się włączyć: dowódcy, szefowie sztabów, kwatermistrzowie sz.pcz,pa	18	K-1	
03	K/rtlf na wprowadzenie korespondenta z S/rtlf nr 2		2	K-1	
02	S/r sztabu dywizji	SD dywizji, SD: pz,poz,pa	6	R-118	
03	S/r sztabu dywizji	SD i MSD dywizji, SD: pz,prplot	7	R-130	
04	S/r sztabu dywizji	SD dywizji, SD: pz,prplot	6	R-111	
05	S/r wewnętrzna dywizji	dowódca, szef sztabu, z-ca dcy d/s lin., szefowie rodz.wojsk, szef CDBL, ładowisko, kwatermistrz i szef służb techn.dywizji; dowódcy radiostacji średniej mocy SD dywizji; odbiorniki na SD: pz,prcz,br,drt, dar i dappanc	19	R-111 R-123 R-107PM R-123	
06	S/r regulacji ruchu	dowódca i szef sztabu dywizji, komendanci dróg	4	R-123	
04	S/r regulacji ruchu	szef sztabu dywizji, komendanci dróg	3	R-130	
07	S/r komendanta drogi nr 1	komendant drogi, posterunki regulacji ruchu	4	R-123 R-107	
08	S/r komendanta drogi nr 2	komendant drogi, posterunki regulacji ruchu	4	R-123 R-107	
09	S/r "na spotkanie" z desantem taktycznym	dowódca desantu, dowódcy pododdziałów desantu, dowódcy pododdziałów działających na spotkanie z desantem	8	R-123 R-107	

05	S/r szefa wydziału rozp. dywizji	szef wydz., dca br, dcy OR, SPR	5	R-130
06	S/r szefa wydz. rozp. dywizji	szef wydz., dca br, szefowie rozp. pz, pcz	6	R-130
10	S/r szefa wydz. rozp. dywizji	szef wydz., dcy SPR	4	R-111 R-123
11	K/r szefa wydz. rozp. dywizji	szef wydz., dca GAD	2	R-111 R-107PM
07	S/r szefa artylerii dywizji	szef i zca szefa artylerii dywizji, szefowie art. pz; dcy: pa /DGA/, drt, dar, dappanc	9	R-130
08	S/r szefa art. dowodzenia poprzez szczebel	szef i zca szefa art. dywizji; dcy pa, da, drt i bs	9	R-130
12	K/r szefa art. dywizji	szef artylerii, dca drt	2	R-137
13	S/r szefa artylerii dywizji	szef i zca szefa art. dywizji; szefowie art. pz; dcy: pa /DGA/, drt, dar, dappanc	9	R-123
14	S/r szefa art. dowodzenia poprzez szczebel	szef art., dca pa, dcy da pułku artylerii	5	R-123
15	S/r szefa art. dywizji	szef i zca szefa art. dywizji, szef sztabu drt., dcy bs dywizjonu rakiet taktycznych	5	R-123
16	S/r rozpoznania powietrznego i korygowania ogniem art.	szef art., dca pa /DGA/; dcy: dar, dappanc, da, śmigłowca rozpozn., art., szefowie art. pz	11	R-802
17	S/r rozp. artyleryjskiego dywizji	szef i zca szefa art. dywizji; dcy /szefowie szt./; pa, drt, dar, dappanc, pl. rozp. dzwięk-wego	7	R-123 R-107PM
09	S/r zabezp. meteo dywizji	rst. art; odbiorniki: pa, da, pz, bs, dar, dappanc	12	R-118 R-311
18	S/r szefa OPL dywizji	szef OPL dywizji, dca prplot; szefowie OPL: pz i pcz	6	R-123
19	S/r dowodzenia rozpoznaniem szefa OPL	szef OPL, dcy RSWP	3	R-123
20	S/r wskazywania celów RSWP	RSWP, szefowie OPL: dywizji, pz, pcz; dcy bplot pz, pcz, prplot; SD prplot	14	R-123 R-323 R-107
10	K/r szefa OPL dywizji	szef OPL dywizji, dca prplot	2	R-130
96	S/r dowodzenia lotnictwem	szef GDBL, dcy: RiWL, eskadr śmigłowców, ładowisko	6	R-832
21	S/r dowodzenia lotnictwem	szef GDBL, ładowisko, PWP, śmigłowce łącznikowe	5	R-802
22	S/r szefa saperów dywizji	szef i pomocnik szefa saperów, dca bsap, dcy dr. rozp. inż.	6	R-123 R-111
11	K/r szefa saperów dywizji	szef saperów, dca bsap	2	R-130
23	S/r szefa saperów dywizji na okres forsowania	szefowie saperów: dywizji, pz, pcz; komendanci przepraw dywizyjnych	8	R-111 R-107
24	S/r szefa zabezp. chem. dywizji	szefowie zabezp. chem.: dywizji, pz, pcz	5	R-107PM R-107 /R-123/

25	S/r szefa zabezp.chem.dywizji skazeń	szef zabezp.chem, dca kchem, dcy dr.rozp.	5	R-107FM, R-123
12	S/r kwatermistrza dywizji	kwaterymistrzowie: dywizji, pz, pcz, pa, prplot	7	R-130
13	S/r szefa służb technicznych dywizji	szefowie służb techn. dywizji, pz, pcz, pa, prplot	7	R-130
26	S/r kwatermistrza dywizji	kwaterymistrzowie: dywizji, pz, pcz, pa, prplot	7	R-111
27	S/r szefa służb technicznych dywizji	szefowie służb technicznych: dywizji, pz, pcz, pa, prplot	7	R-111
28	S/r TSD dywizji	kwaterymistrzowie: dywizji, drt, dar, dappanc, bsap, dr, bfi, dca, kchem	8	R-123, R-107FM
29	S/r TSD dywizji	szefowie służb technicznych: dywizji, drt, dar, dappanc, bsap, dr, bfi, dca, kchem	8	R-123, R-107FM
30	S/r TSD dywizji	kwaterymistrz dywizji; dcy bmed, bzaop, brem	4	R-123, R-107FM
31	S/r TSD dywizji	szef służb technicznych dywizji, dca brem	2	R-123, R-107FM
II. Na szczeblu pułku				
a/ 1 pz				
14	S/r dowódcy 1 pz	dowódca; pz, bpz, bcz; szef sztabu pz	6	R-130
32	S/r dowódcy pz	dowódca, szef sztabu i kwatermistrz pułku; dcy bpz, bcz	7	R-123
33	S/r sztabu pz	szef sztabu, kwatermistrz i szef służb technicznych pułku; szefowie sztabu bpz, bcz	6	R-123, R-107FM
34	S/r wewnętrzna pułku	dowódca, szef sztabu, szefowie rodzajów wojsk, kwatermistrz i szef służb technicznych pułku; dcy rst. średniej mocy i aparatowni ruchomego węża łączności	10	R-123, R-105FM, R-107
35	S/r regulacji ruchu pz	dca i szef sztabu pułku; posterunki regulacji ruchu	5	R-123, R-107
15	S/r szefa rozpoznania pz	szef rozpoznania, dcy kr i SPR	3	R-130
36	S/r szefa rozpoznania pz	szef rozpoznania, dca kr dcy PR i SPR	55	R-123
37	S/r szefa artylerii pz	szef artylerii, dcy das /PGA/, bappanc	3	R-123
38	S/r szefa OPL pułku	szef OPL, dcy: baplot, pplot	7	R-123, R-107
39	K/r szefa saperów pułku	szef saperów, dca ksap	2	R-107
40	S/r szefa zabezp.chem. pz	szef zabezp.chem., dcy dr.rozp. skazeń	5	R-123, R-107FM
41	K/r kwatermistrza pz	kwaterymistrz, dca kmed.	2	R-123, R-107FM
42	S/r szefa służb technicznych pz	szef służb technicznych, dowódcy krem, GRE, PZUS	5	R-123
43	S/radiotelefoniczna pz	dowódca, szef sztabu, kwatermistrz, szef służb technicznych, dca aparatowni ruchomego węża łączności	5	K-1

1	2	3	4	5	6
44-55	16-17	b/ 2 pz	ilości i skład sieci jak 1 pz		
56-67	18-19	c/ 3 pz			
	20	d/ pcz			
68		S/r dowódcy pcz	dca, szef sztabu, szef sz. techn. pcz; dcy bcz	4	R-130
		S/r sztabu pcz	dca, szef sztabu, kwatermistrz i szef służb technicznych pułku; dca kpz, szefowie sztabu bcz	8	R-123, R-107FM
69		S/r kwatermistrza pcz	dca, szef sztabu, szef rozpoznania, szef OPL, kwatermistrz, szef służb technicznych pułku; dcy R-118 i RWI	8	R-123, R-105PM
70		S/r regulacji ruchu pcz	dca i szef sztabu pułku; posterunki regulacji ruchu	5	R-123, R-107
21		S/r szefa rozpoznania pcz	szef rozpoznania, dcy kr i SPR	3	R-130
71		S/r szefa rozpoznania pcz	szef rozpoznania, dcy kr, SPR i PR	5	R-123
72		S/r szefa OPL pcz	szef OPL, dcy baplot i piplot	4	R-123
73		K/r szefa saporów pcz	szef saporów, dca ksap	2	R-107
74		S/r szefa zabezp. chem pcz	szef zabezp. chem, dcy dr. rozpoznania skazań	5	R-123, R-107PM
75		K/r kwatermistrza pcz	kwatermistrz, dca kmei.	2	R-123, R-107PM
76		S/r szefa służb techn. pcz	szef służb technicznych, dcy krem, GRE, PZUS	5	R-123
77		S/radiotelefoniczna pcz	dca, szef sztabu, kwatermistrz, szef służb techn. pułku	5	K-1
		III. Na szczeblu pa			
22		S/r dowódcy pa	dowódca, szef sztabu i kwatermistrz pułku, dcy da	6	R-130
78		S/r dowódcy pa	dca i szef sztabu pułku, dcy da	5	R-111, R-123
79		S/r sztabu pa	szef sztabu, dcy autotopografa i pl. rozp. dwiętkowego	3	R-123, R-107
80		S/r scentralizowanego kierowania ogniem pa	dca pułku, dcy da, oficerowie ognioi baterii, dcy autotopografów i punktów przygotowania nastaw	15	R-123, R-107
		IV. Na szczeblu prplot			
81		S/r dowódzenia prplot	dca i szef sztabu prplot; dcy brplot, dca RSWP	7	R-111, R-123, R-107
82		S/telekocowa prplot	dca pułku, dcy brplot	5	R-107
83		S/r sztabu prplot	dca, szef sztabu i kwatermistrz pułku, dca techn., dcy rst srebniej mocy, dca plc i rr	7	R-123, R-107

1	2	3	4	5	6	7
84	V. Na szczeblu pododdz. dywizji					
	S/r dowódcy br	dca br, dcy OB, SPR, wozów patrolowych i bojowych		13	R-111, R-123	
85	S/r dowódcy br	dca br, dcy: PR, wozów patrolowych i bojowych		10	R-111, R-123	
86	K/r dowódcy br	dca br, dca GAD		2	R-111, R-107PM	
23	S/r kierowania rozpoznaniem grup rozpoznawczych	SDO br, dcy GR		4	R-118, R-350	
24	S/r dowódcy drt	dca i szef sztabu drt, dca gr. rekonesansowe]		3	R-130	
87	S/r dowódcy drt	dca i szef sztabu drt, dcy bs, dca dr. rekonesansowej		5	R-123, R-107PM	
88	S/r wewnętrzna drt	dca i szef sztabu drt, dcy bs, PGT, pl. meteo, grupy rekonesansowej i rst, średniej mocy		8	R-123, R-107	
89	S/r dowódcy dar	dca i szef sztabu dar, dcy bar		4	R-123, R-107	
90	S/r szefa sztabu dar	szef sztabu dar, oficerowie ognioi baterii, dcy wyrzutni i autotobozu		13	R-123, R-108	
91	S/r dowódcy dappanc	dca i szef sztabu dappanc, dcy baterii		5	R-123, R-107	
92	S/r szefa sztabu dappanc	szef sztabu dappanc; dcy i oficerowie ognioi dappanc; dcy baterii i pl. obslugi wyrzutni		9	R-123, R-107	
93	S/r dowódcy bsap	dca bsap; dcy: kszap, kdp, kid		4	R-105PM, R-107	
94	S/r dowódcy bsap	dca i szef sztabu bsap, dcy ktechun, i kpoint.		4	R-107	
95	S/r dowódcy bzaop	dca bzaop, dcy kzaop		4	R-107	

Tabela 5

Ilość i skład linii łączności organizowanych na szczeblach dowodzenia dywizji i pułków z wykorzystaniem stacji radioliniowych

Lp. kierunku rdl.	Skład kierunku	Liczba koresp.	Typ rdl.	Uwagi
01	SD dywizji - WSD dywizji			
02	SD dywizji - TSD dywizji			
03	SD dywizji - SD 1pz			
04	SD dywizji - SD 2pz			
05	SD dywizji - SD 3pz			
06	SD dywizji - SD pcz			
07	SD dywizji - SD pa /DGA/			
08	SD dywizji - SDO drt			
09	SD dywizji - SD prplot	2	R-405	
10	R-3M dcy dywizji - R-137			
11	R-3M szefa sztabu /WSD dywizji - R-140 sztabu			
12	WSD dywizji - SDO drt			
13	WSD dywizji - SD 1pz			
14	WSD dywizji - SD 2pz			
15	WSD dywizji - SD 3pz			
16	WSD dywizji - SD pcz			
17	SD 1pz - POD dcy 1pz			
18	SD 2pz - POD dcy 2pz			
19	SD 3pz - POD dcy 3pz			
20	SD pcz - POD dcy pcz			
21	SD pa - POD dcy pa			

Ilość i rodzaj bezprzewodowych linii łączności sieci pierwotnej
systemu łączności dywizji

Relacje łączności	Ilość, rodzaj i numery ^{1/} linii łączności			Razem linii
	ilość linii KF nr linii	ilość linii UKF nr linii	ilość linii rdł nr linii	
	2	3	4	5
WŁ SD dywizji z:	$\frac{2}{01,03}$	$\frac{3}{01,02,05}$	$\frac{1}{01}$	6
WSD dywizji ^{2/}	$\frac{2}{01,03}$	$\frac{8}{01,02,05,13,15,17,18,19}$	$\frac{2}{01,11}$	12
TSD dywizji		$\frac{3}{01,02,05}$	$\frac{1}{02}$	4
SD pz	$\frac{5}{01,02,03,06,07}$	$\frac{7}{01,02,04,13,18,20,24}$	$\frac{1}{03 \text{ lub } 04 \text{ lub } 05}$	13
SD pcz	$\frac{4}{01,02,03,06}$	$\frac{6}{01,02,04,18,20,24}$	$\frac{1}{06}$	11
SD prplot	$\frac{2}{03,10}$	$\frac{4}{01,04,18,20}$	$\frac{1}{09}$	7
SD pa /DGA/	$\frac{3}{02,07,08}$	$\frac{4}{02,13,14,17}$	$\frac{1}{07}$	8
SDO drt	$\frac{2}{07,08}$	$\frac{5}{05,12,13,15,17}$	$\frac{1}{08}$	8
SDO dar	$\frac{1}{07}$	$\frac{3}{02,13,17}$	-	4
SDO deppanc	$\frac{1}{07}$	$\frac{3}{02,13,17}$	-	4
SDO br	$\frac{2}{05,06}$	$\frac{1}{02}$	-	3
dcy OR /SPR/,GAD	$\frac{1}{05}$	$\frac{2}{10,11}$	-	3
SDO bsap	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{22}$	-	2
SDO kchem		$\frac{1}{25}$	-	1
WŁ WSD dywizji ^{2/} z:	$\frac{2}{01,03}$	$\frac{3}{01,02,05}$	$\frac{1}{01}$	6
SD dywizji		$\frac{3}{01,02,05}$		3
TSD dywizji		$\frac{2}{01,02}$		4
SD pz	$\frac{2}{01,03}$	$\frac{2}{01,02}$		4
SD pcz	$\frac{2}{01,03}$	$\frac{2}{01,02}$		4
SD prplot	$\frac{2}{01,03}$	$\frac{2}{01,18}$		4
SD pa /DGA/		$\frac{1}{02}$		1
SDO drt		$\frac{1}{05}$		1
SDO dar		$\frac{2}{02,05}$		2

	2	3	4	5
SDO dappano		$\frac{1}{02}$		1
SDO br		$\frac{1}{02}$		1
WŁ WSD dywizji z: 3/				
SD dywizji	$\frac{2}{01,03}$	$\frac{8}{01,02,05,13,15,17,18,19}$	$\frac{2}{01,11}$	12
TSD dywizji		$\frac{3}{01,02,05}$		3
SD pz	$\frac{4}{01,03,06,07}$	$\frac{6}{01,02,13,18,23,24}$	$\frac{1}{13 \text{ lub } 14 \text{ lub } 15}$	11
SD pcz	$\frac{3}{01,03,06}$	$\frac{5}{01,02,18,23,24}$	$\frac{1}{16}$	9
SD prplot	$\frac{3}{01,03,10}$	$\frac{2}{01,18}$		5
SD pa /DGA/	$\frac{2}{07,08}$	$\frac{4}{02,13,14,17}$	$\frac{1}{07}$	7
SDO drt	$\frac{2}{07,08}$	$\frac{5}{05,12,13,15,17}$	$\frac{1}{12}$	8
SDO dar	$\frac{1}{07}$	$\frac{4}{02,05,13,17}$		5
SDO dappanc	$\frac{1}{07}$	$\frac{3}{02,13,17}$		4
SDO br	$\frac{2}{05,06}$	$\frac{1}{02}$		3
dca OR /SPR/	$\frac{1}{05}$	$\frac{1}{10}$		2
SDO bsap	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{22}$		2
SDO kchem		$\frac{1}{25}$		1
WŁ TSD dywizji z:				
SD dywizji	-	$\frac{3}{01,02,05}$	$\frac{1}{02}$	4
WSD dywizji	-	$\frac{3}{01,02,05}$	-	3
TSD pz,pcz,pa; prplot	$\frac{2}{12,13}$	$\frac{2}{26,27}$	-	4
SDO drt,dar,dappanc, bsap,br,kchem	-	$\frac{2}{28,29}$	-	2
SDO bmed,bzaop	-	$\frac{1}{30}$	-	1
SDO brem	-	$\frac{1}{31}$	-	1
WŁ SD pz z:				
POD pz	$\frac{1}{14 - 1 pz16 - 2 pz18 - 3 pz}$	$\frac{4}{32,34,35,43 - 1 pz44,46,47,55 - 2 pz56,58,59,67 - 3 pz}$	$\frac{1}{17 - 1 pz18 - 2 pz19 - 3 pz}$	6
TSD pz	-	$\frac{4}{32,33,34,43 - 1 pz44,45,46,55 - 2 pz56,57,58,67 - 3 pz}$	-	4
SDO bpz	$\frac{1}{14 - 1 pz16 - 2 pz18 - 3 pz}$	$\frac{3}{32,33,58 - 1 pz44,45,50 - 2 pz56,57,62 - 3 pz}$	-	4
SDO bez	$\frac{1}{14 - 1 pz16 - 2 pz18 - 3 pz}$	$\frac{2}{32,33 - 1 pz44,45 - 2 pz56,57 - 3 pz}$	-	3

	2	3	4	5
dcy: kr, SPR, PR	$\frac{1}{15 - 1 \text{ pz}}$ $\frac{1}{17 - 2 \text{ pz}}$ $\frac{1}{19 - 3 \text{ pz}}$	$\frac{1}{36 - 1 \text{ pz}}$ $\frac{1}{48 - 2 \text{ pz}}$ $\frac{1}{60 - 3 \text{ pz}}$	-	2
SDO das /PGA/ bappanc	-	$\frac{1}{37 - 1 \text{ pz}}$ $\frac{1}{49 - 2 \text{ pz}}$ $\frac{1}{61 - 3 \text{ pz}}$	-	1
dcy bplot	-	$\frac{1}{38 - 1 \text{ pz}}$ $\frac{1}{50 - 2 \text{ pz}}$ $\frac{1}{62 - 3 \text{ pz}}$	-	1
dca ksap	-	$\frac{1}{39 - 1 \text{ pz}}$ $\frac{1}{51 - 2 \text{ pz}}$ $\frac{1}{63 - 3 \text{ pz}}$	-	1
dcy: plchem drrsk.	-	$\frac{1}{40 - 1 \text{ pz}}$ $\frac{1}{52 - 2 \text{ pz}}$ $\frac{1}{64 - 3 \text{ pz}}$	-	1
TSD pz z: SDO:bpz, bcz	-	$\frac{1}{32 - 1 \text{ pz}}$ $\frac{1}{44 - 2 \text{ pz}}$ $\frac{1}{56 - 3 \text{ pz}}$	-	1
dca kmed	-	$\frac{1}{41 - 1 \text{ pz}}$ $\frac{1}{53 - 2 \text{ pz}}$ $\frac{1}{65 - 3 \text{ pz}}$	-	1
dcy:krem, GRE, PZUS	-	$\frac{1}{42 - 1 \text{ pz}}$ $\frac{1}{54 - 2 \text{ pz}}$ $\frac{1}{66 - 3 \text{ pz}}$	-	1
SD pcz z: POD pcz	$\frac{1}{20}$	$\frac{4}{68, 69, 70, 77}$	$\frac{1}{20}$	6
TSD pcz	$\frac{1}{20}$	$\frac{3}{68, 69, 77}$	-	4
SDO bcz	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{68}$	-	2
dca kpz	-	$\frac{1}{68}$	-	1
dcy:kr, SPR, PR	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{71}$	-	2
dcy bplot	-	$\frac{1}{72}$	-	1
dca ksap	-	$\frac{1}{73}$	-	1
dcy:plchem, drrsk.	-	$\frac{1}{74}$	-	1
SD pcz z: SDO bcz	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{68}$	-	2
dca kpz	-	$\frac{1}{68}$	-	1
dca kmed	-	$\frac{1}{75}$	-	1
dcy:krem, GRE, PZUS	-	$\frac{1}{76}$	-	1

1	2	3	4	5
SD pa z:				
POD pa	$\frac{1}{22}$	$\frac{1}{78}$	$\frac{1}{21}$	3
SDO da	$\frac{1}{22}$	$\frac{1}{78}$	-	2
TSD pa	$\frac{1}{22}$	-	-	1
POD pa - SDO da	$\frac{1}{22}$	$\frac{2}{78,80}$	-	3
TSD pa - SDO da	$\frac{1}{22}$	-	-	1
SD prplot z:				
dcy brplot	-	$\frac{2}{81,82}$	-	2
TSD prplot dca btechn.	-	$\frac{1}{83}$	-	1
dcy RSWP	-	$\frac{1}{81}$	-	1
SDO br z:				
dcy:OR,SPR	-	$\frac{1}{84}$	-	1
dcy PR	-	$\frac{1}{85}$	-	1
dca GAD	-	$\frac{1}{86}$	-	1
dcy GR	$\frac{1}{23}$	-	-	1
SDO drt z:				
dcy bs	-	$\frac{1}{87,88}$	-	2
dca gr.rekon.	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{88}$	-	2
dcy:POT,pl.meteo	-	$\frac{1}{88}$	-	1
SDO dar z:				
dcy bar of.ogn.bar	-	$\frac{1}{89}$	-	1
	-	$\frac{1}{90}$	-	1
SDO dappanc - dcy baterii	-	$\frac{2}{91,92}$	-	2
SDO bsap z:				
dcy:ksap,kdp,kid	-	$\frac{1}{93}$	-	1
dcy: ktechn., kpont.	-	$\frac{1}{94}$	-	1
SDO bzaop. - dcy kzaop	-	$\frac{1}{95}$	-	1

Uwagi:

- 1/ Numery poszczególnych linii łączności przyjęto z tabel 4 i 5 - "Ilość i skład linii łączności ...";
- 2/ WŁ WSD dywizji organizowany środkami łączności obsady stałej /WD R-3Z/;
- 3/ WŁ WSD dywizji wzmocniony środkami łączności grupy operacyjnej dowódcy dywizji /R-3M, R-4, R-2AM, R-3Z i R-137/ oraz drugiego zespołu środków radiolinowo-przewodowych.

- 1-5 linie UKF przy wykorzystaniu radiostacji R-123.

3. W relacji WŁ SD pułku - WŁ SDO podległych pododdziałów organizuje się od 1 do 4 linii łączności UKF przy wykorzystaniu głównie radiostacji R-123.

4. W relacji WŁ TSD dywizji - WŁ TSD pułków /pz, pcz, pa, prplot/ organizuje się 4 linie łączności, w tym:

- 2 linie KF przy wykorzystaniu radiostacji R-130;
- 2 linie UKF przy wykorzystaniu radiostacji R-111, R-123.

5. W relacji WŁ TSD dywizji - WŁ SDO batalionów /dywizjonów/ organizuje się 1-2 linie łączności UKF przy wykorzystaniu radiostacji UKF małej mocy.

6. Ilość linii i relacji łączności organizowanych z WŁ WSD dywizji zdeterminowana jest ilością bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych znajdujących się na tym węźle, i tak:

- przy stałej obsadzie WSD /wóz dowodzenia R-3Z/ organizuje się 5-6 linii łączności w relacjach z SD dywizji i pułków;

- w sytuacjach dowodzenia dywizją przez dowódcę z tego stanowiska dowodzenia ilość organizowanych linii łączności wzrasta do: 10-12 w relacji z WŁ SD dywizji, 11 w relacji z WŁ SD pułków, 6 w relacji z oddziałami i pododdziałami artylerii dywizji, 3 w relacji z prplot.

7. Sprzężenie układów gwiazdzystych ^{rozwijanych} z węzłów łączności SD, WSD i TSD dywizji zapewnia się przede wszystkim poprzez organizowanie linii łączności pomiędzy centralnymi węzłami tych układów. Aktualnie w relacji WŁ SD - WŁ WSD organizuje się 5-6 linii łączności, w relacji WŁ SD - WŁ TSD - 4 linie i w relacji WŁ WSD - WŁ TSD 3 linie łączności.

8. Wraz ze wzrostem szczebla organizacyjnego następuje wzrost ilości zarówno linii łączności jak i ich rodzajów.

Sugeruje to większą odporność przed zakłóceniami relacji łączności wyższych szczebli organizacyjnych, np. WŁ SD dywizji - WŁ SD pułków /13 linii/, w porównaniu z relacjami niższych szczebli, np. SDO bsap - dca kpont /1 linia/.

1.3.2. Intensywność ruchu

Podstawowym sposobem dowodzenia we współczesnych działaniach bojowych jest dowodzenie za pomocą technicznych środków łączności. Jego istotą jest przekazywanie wiadomości pomiędzy organami dowodzenia za pomocą technicznych środków łączności. Na szczeblach taktycznych zasadniczym środkiem łączności są bezprzewodowe urządzenia teletransmisyjne /zabezpieczające organizowanie około 95 % linii łączności w natarciu i około 85-90 % w obronie/. Pozwala to na stwierdzenie, że podczas prowadzenia walki w dywizji dowodzenie realizowane jest głównie za pomocą bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych.

W celu ustalenia intensywności ruchu w systemie łączności oraz w relacjach i liniach łączności koniecznym było określenie wielkości wymiany wiadomości w poszczególnych relacjach dowodzenia oraz ilości i czasu trwania seansów łączności w poszczególnych liniach łączności.

Analizując zawarte w literaturze przedmiotu [11,14,24,34] oceny i prognozy ilości przepływu wiadomości w procesie dowodzenia na szczeblach taktycznych, jako podstawę do dalszych badań przyjęto dane przedstawione w "Jedynyje taktiko-techniczeskoje triebowanija na poliewuju awtomatizirowannuju sistiemu uprawlenija wojskami fronta", wyd. MON 1973 r. Przedstawiają one potrzeby zabezpieczenia wymiany wiadomości w postaci minimalnej i maksymalnej ilości słów oraz seansów łączności w ciągu jednej

godziny w poszczególnych relacjach dowodzenia.

W oparciu o te dane i zestawienie ilości linii łączności /tabela nr 6 - Ilości i rodzaje bezprzewodowych linii łączności sieci pierwotnej systemu łączności dywizji/ określono średnie obciążenie eksploatacyjne /w słowach na godzinę/ linii łączności w poszczególnych relacjach dowodzenia. Procentowy udział poszczególnych linii w przesyłaniu wiadomości w danej relacji ustalono przy zastosowaniu wnioskowania dedukcyjnego. Wartość średniego obciążenia eksploatacyjnego poszczególnych bezprzewodowych linii łączności przedstawiono w tabeli nr 7.

W walce obciążenie eksploatacyjne linii łączności będzie zróżnicowane i ściśle związane przede wszystkim z:

- rodzajem walki;

- wykonywanymi przez wojska zadaniami i etapem ich realizacji.

Dlatego też, uznano za celowe zbadanie i określenie intensywności ruchu dla następujących etapów walki:

a/ w natarciu:

- etap 1 /N-1/ - obejmujący rozwinięcie wojsk w ugrupowanie bojowe, atak i przełamanie pierwszej pozycji obrony nieprzyjaciela;

- etap 2 /N-2/ - obejmujący wykonanie przez wojska dywizji zadania bliższego;

- etap 3 /N-3/ - obejmujący wykonanie przez wojska zadania dalszego /dnia/.

b/ w obronie:

- etap 1 /O-1/ - obejmujący zwalczanie przeciwnika na podejściu, podczas rozwijania się w ugrupowanie bojowe i w czasie ataku;

- etap 2 /O-2/ - obejmujący prowadzenie walki obronnej.

Tabela 7

Wielkość wymiany wiadomości w relacjach i liniach łączności organizowanych na szczeblach dowodzenia dywizji, pułku i batalionu /dywizjonu/

Relacja dowodzenia		Linie łączności			
Określenie relacji	Srednia wielkość wymiany wiadomości w relacji [11] /słów/godz./	Rodzaj linii	Nr linii ¹⁾	Udział linii w przesyłaniu wiadomości [%/	Srednie obciążenie eksploatacyjne linii /słów/godz.
1	2	3	4	5	6
SD dywizji- WSD dywizji 6	2717	KF	01	5	135
		KF	03	5	135
		UKF	01	5	135
		UKF	02	10	271
		UKF	05	10	271
		R/L	01	65	1770
SD dywizji- TSD dywizji 4	1465	UKF	01	5	73
		UKF	02	15	219
		UKF	05	15	219
		R/L	02	65	952
SD dywizji- SD pz /pcz/ 13	1950	KF	01	7	137
		KF	02	8	156
		KF	03	6	117
		KF	06	6	117
		KF	07	4	78
		UKF	01	7	137
		UKF	02	1	19
		UKF	04	6	117
		UKF	13	6	117
		UKF	18	8	156
		UKF	20	7	137
		UKF	24	5	97
		R/L	03/04,05/	29	565
SD dywizji- SD prplot 7	950	KF	03	5	48
		KF	10	35	332
		UKF	01	5	48
		UKF	04	5	48
		UKF	18	9	86

1	2	3	4	5	6		
		UKF	20	16	152		
		R/L	09	25	237		
SD dywizji- SD pa <u>8</u>	840	KF	02	5	42		
		KF	07	5	42		
		KF	08	15	210		
		UKF	02	2	17		
		UKF	13	15	126		
		UKF	14	14	118		
		UKF	17	10	84		
		R/L	07	24	202		
		SD dywizji- SDO drt <u>8</u>	1640	KF	07	5	82
				KF	08	10	164
UKF	05			2	33		
UKF	12			34	558		
UKF	13			5	82		
UKF	15			15	246		
UKF	17			5	82		
R/L	08			24	394		
SD dywizji- SDO dar <u>4</u>	520	KF	07	40	208		
		UKF	02	10	52		
		UKF	13	30	156		
		UKF	17	20	104		
SD dywizji- SDO dapanc <u>4</u>	310	KF	07	40	124		
		UKF	02	10	31		
		UKF	13	30	29		
		UKF	17	20	62		
SD dywizji- SDO br <u>5</u>	290	KF	05	40	116		
		KF	06	10	29		
		UKF	02	10	29		
		UKF	10	20	58		
		UKF	11	20	58		
SD dywizji- SDO bsap <u>2</u>	310	KF	11	60	186		
		UKF	22	40	124		
SD dywizji- kchem	620	UKF	25	100	620		

1	2	3	4	5	6
TSD dywizji- TSD pz /pcz, pa, prplot/ 5	800	KF	12	20	160
		KF	13	20	160
		UKF	26	20	160
		UKF	27	20	160
		R/L komuto- wane	02 z:03-07 1 09	20	160
TSD dywizji- SDO drt 3	100	UKF	28	45	45
		UKF	29	45	45
		R/L komuto- wane	02 z 08	10	10
TSD dywizji- SDO dar /da ppanc, bsap, br, kchem/	100	UKF	28	50	50
		UKF	29	50	50
TSD dywizji- SDO bm /bzaop/	280	UKF	30	100	280
TSD dywizji- SDO brem	678	UKF	31	100	678
SD pz /pcz/- TSD pz /pcz/ 4	550	KF	- /20/	- /10/	55
		UKF	32,44,56,/-/	10 /-/	55
		UKF	33,45,57,/68/	20	110
		UKF	34,46,58,/69/	30	165
		UKF	43,55,67,/77/	40	220
SD pz-SDO bpz 4	575	KF	14,16,18	30	172
		UKF	32,44,56	35	201
		UKF	33,45,57	20	115
		UKF	38,50,58	15	86
SD pz-SDO bcz 3	245	KF	14,16,18	30	74
		UKF	32,44,56	40	98
		UKF	33,45,57	30	74
SD pcz-SDO bcz 2	245	KF	20	60	147
		UKF	68	40	98
SD pcz-SDO kpz	120	UKF	68	100	68
SD pz, pcz-kr 2	365	KF	15,17,19,21	60	219
		UKF	36,48,60,71	40	146
SD pz-das /bappanc/	230	UKF	37,49,61	100	230

1	2	3	4	5	6
SD pz,pcz-bplot	205	UKF	38,50,62,72	100	205
SD pz,pcz-ksap	180	UKF	39,51,63,73	100	180
SD pz,pcz-plchem	170	UKF	40,52,64,74	100	170
SD pa - TSD pa	120	KF	22	100	120
SD pa - SDO pa 3	575	KF	22	40	230
		UKF	78	30	172
		UKF	80	30	172
SD prplot - brplot /TSD,RSWP/ 3	570	UKF	81	30	171
		UKF	82	40	228
		UKF	83	30	171
SDO br - OR /SPR,PR/ 2	330	UKF	84	70	231
		UKF	85	30	99
SDO br - GR	255	KF	23	100	255
SDO br - GAD	220	UKF	86	100	220
SDO drt - bs /POT,pl.meteo/ 2	310	UKF	87	60	186
		UKF	88	40	124
SDO drt-gr. rekon. 2	160	KF	24	70	112
		UKF	88	30	48
SDO dar - bar 2	290	UKF	89	55	160
		UKF	90	45	130
SDO dappanc - baterie 2	180	UKF	91	55	99
		UKF	92	45	81
SDO bsap-ksap, kdp,kid	215	UKF	93	100	215
SDO bsap- ktechn., kpont.	120	UKF	94	100	120
SDO bzaop - kzaop	70	UKF	95	100	70

Uwaga: Numery linii łączności przyjęto z tabel nr 4 i 5
"Ilość i skład linii łączności ...".

W wymienionych etapach w oparciu o badania literatury przedmiotu [12] i wyniki konsultacji z oficerami katedry Sztuki Operacyjnej, katedr specjalistycznych Wydziału Wojsk Lądowych oraz Instytutu Dowodzenia ASG WP, określono współczynniki proporcjonalności intensywności ruchu /w stosunku do wartości średniej natężenia ruchu/. Ustalając ich wartość uwzględniono ścisłą zależność natężenia intensywności ruchu od szeregu czynników, a zwłaszcza wynikających z:

- rodzaju walki - determinującego zakres wykorzystania bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych w procesie dowodzenia. W natarciu są one wykorzystywane w znacznie większym stopniu niż w obronie, a zwłaszcza w pierwszym jej etapie, w którym zasadniczą rolę w zabezpieczeniu dowodzenia odgrywają środki przewodowe i ruchome;

- miejsca i roli oddziałów i pododdziałów w ugrupowaniu bojowym, w poszczególnych etapach wykonywania zadania - wpływających bezpośrednio na wielkość strumienia wiadomości. Będzie on z reguły największy w relacjach z oddziałami i pododdziałami odgrywającymi główną rolę w danym etapie walki /np. w relacjach z oddziałami i pododdziałami CPL podczas odpierania zmasowanego nalotu oraz rakiet i artylerii w pierwszym etapie obrony/;

- metodologii pracy dowódców i sztabów zarówno w zakresie przygotowania jak i kierowania walką;

- przewidywanego tempa natarcia determinującego zakres wykorzystania środków radioliniowych. Przewiduje się [15], że przy tempie natarcia 7-8 km/godz. węzły łączności będą pracowały jedynie w marszu i na krótkich postojach, co ograniczy do minimum wykorzystanie środków radioliniowych.

Tak ustaloną wartość współczynnika proporcjonalności intensywności ruchu $/W_a/$ w liniach łączności poszczególnych

relacji dowodzenia w etapach natarcia i obrony przedstawia tabela nr 8.

Tabela 8

Lp.	Relacje dowodzenia	Wartość współczynnika proporcjonalności intensywności ruchu $[W_a]$				
		natarcie			obrona	
		N-1	N-2	N-3	O-1	O-2
1.	SD /WSD/ ZT i oddz. - oddz. i pododdz. I rzutu	1	0,8	1,2	0,2	1,4
2.	SD /WSD/ ZT i oddz. - oddz. i pododdz. II rzutu	0,4	0,3	0,6	0,2	0,4
3.	SD /WSD/ ZT i oddz. - oddz. i pododdz. II rzutu podczas wprowadzania do walki	-	1,2	1,2	-	1,4
4.	SD /WSD/ ZT i oddz. - oddz. i pododdz. raket i artylerii	1,8	0,6	0,8	2	1
5.	SD /WSD/ ZT i oddz. - oddz. i pododdz. wojsk OPL	1	0,9	1,2	2	1
6.	SD /WSD/ ZT i oddz. - elementy rozpoznania	0,8	1,2	1	2	1
7.	inne	0,8	0,6	1	0,2	1
8.	Kierunki radioliniowe we wszystkich relacjach dowodzenia	1,2	0,8	0,2	0,3	1,2

Przyjęcie do dalszych badań powyższych współczynników pozwoliło, poprzez zróżnicowanie wielkości strumienia wiadomości według określonych wyżej kryteriów, na nadanie cech dynamicznych obciążeniu eksploatacyjnemu poszczególnych linii łączności. Jednocześnie zbliżyło się ono do jego warzości przewidywanej [11] oscylując pomiędzy minimalną i maksymalną wartości wymiany wiadomości.

W oparciu o ustalone w toku badań: strukturę sieci pierwotnej systemu łączności /tabela nr 6/, obciążenie eksploatacyjne linii łączności /tabela nr 7/ i współczynnik proporcjonalności intensy-

wności ruchu /tabela 8/ obliczono wartości natężenia ruchu wszystkich linii łączności w taktycznym ogniwie dowodzenia obejmującym szczebel dywizji, pułku, batalionu /dywizjonu/.

W obliczeniach przyjęto przepustowość eksploatacyjną łącza telefonicznego i telegraficznego równą 1440 słów na godzinę [12] , łącza teledacyjnego 3000 słów na godzinę [40] oraz zasadę określania intensywności natężenia ruchu / \bar{a} / w erlangach /Er1/ przy wykorzystaniu zależności:

$$\bar{a} = \frac{n_s \cdot t_s \text{ /min/}}{60} \quad [\text{Er1}]$$

gdzie:

- n_s - ilość seansów łączności;
- t_s - średni czas trwania seansu.

Ustalone w toku badań wartości natężenia ruchu w poszczególnych liniach łączności przedstawia tabela nr 9. Analiza zawartych w niej danych wskazuje na zróżnicowanie poszczególnych linii łączności, zarówno pod względem ilości seansów łączności, jak i czasu ich trwania. Średnia intensywność seansów w ciągu jednej godziny wynosi 6 seansów dla linii KF i 10-15 seansów dla linii UKF. Średni czas trwania seansów w poszczególnych liniach łączności jest bardziej zróżnicowany, waha się on od 10 sekund w relacjach rozpoznania, do 5 minut w relacjach artylerii i więcej w relacjach łączności tyłów dywizji. Przyjęcie do badań na modelu symulacyjnym średnich czasów trwania seansów wypaczałoby jednak uzyskane wyniki, ponieważ w rzeczywistości czasy te determinowane są przez wiele zmiennych /np. sytuację bojową, wyszkolenie oraz stan psychiczny obsługi i użytkowników środków łączności, oddziaływanie przeciwnika, warunki propagacyjne fal itp./. Stąd też uznano za celowe przyjąć do dalszych badań w tym zakresie jako podstawę rozkład czasów trwania seansów opracowany w wyniku

Wartość natężenia ruchu w liniach systemu łączności dywizji w natarciu i obronie

Nr linii łączności	Średnie wartości charakteryzujące obciążenie eksploatacyjne linii łączności					Nateżenie ruchu /a/ w liniach łączności w poszczególnych okresach natarcia i obrony uwzględniające przyjęty /tabela 8 / współczynnik proporcjonalności nateżenia ruchu /w/															Uwagi
	Obciążenie eksploatacyjne słów/godz. /wg tabeli nr 7/	Ilość seansów	Czas trwania seansu /min./	Intensywność ruchu [erl]	5	okresy natarcia					okresy obrony					16					
						N-1		N-2		N-3		0-1		0-2							
						w	a	w	a	w	a	w	a	w	a						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16						
KP:																					
01	683	12	2,4	0,48	1	0,48	0,8	0,38	1,2	0,58	0,2	0,1	1,4	0,67							
02	666	7	4,0	0,47	1	0,47	0,8	0,37	1,2	0,56	0,2	0,09	1,4	0,66							
03	516	9	2,4	0,36	1	0,36	0,8	0,29	1,2	0,43	0,2	0,07	1,4	0,50							
04	210	5	1,8	0,15	0,8	0,12	0,6	0,09	1,0	0,15	0,2	0,03	1	0,15							
05	116	9	0,5	0,08	0,8	0,06	1,2	0,1	1,0	0,08	2,0	0,16	1,0	0,08							
06	555	7	3,3	0,39	1	0,39	0,8	0,31	1,2	0,47	0,0	0,08	1,4	0,55							
07	606	8	3,2	0,42	1	0,42	0,8	0,34	1,2	0,5	2	0,84	1	0,42							
08	290	14	0,9	0,2	1,8	0,37	0,6	0,12	0,8	0,16	2	0,4	1	0,2							
09	20	1	0,8	0,01	1,8	0,02	0,6	0,01	0,8	0,01	2	0,02	1	0,01							
10	332	7	2,0	0,23	1	0,23	0,9	0,21	1,2	0,28	2	0,46	1	0,23							
11	186	3	2,6	0,13	0,8	0,1	0,6	0,08	1	0,13	0,2	0,03	1	0,13							
12	960	2	9,6	0,32	0,4	0,13	0,3	0,1	0,6	0,19	0,2	0,06	0,4	0,13		V_s 3005z/h					
13	960	2	9,6	0,32	0,4	0,13	0,3	0,1	0,6	0,19	0,2	0,06	0,4	0,13		- " -					
14,16	246	8	1,3	0,17	1	0,17	0,8	0,14	1,2	0,2	0,2	0,03	1,4	0,24							
15,17	219	7	1,3	0,15	0,8	0,12	1,2	0,18	1	0,15	2	0,3	1	0,15							
18	246	4	2,6	0,17	0,4	0,07	0,3	0,05	1,2	0,2	0,02	0,03	1,4	0,24							
19	219	4	2,3	0,15	0,4	0,06	0,3	0,04	1,2	0,18	2	0,3	1	0,15							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20	246	7	1,5	0,17	0,4	0,07	1,2	0,4	1,2	0,4	0,2	0,03	1,4	0,24	
21	219	7	1,3	0,15	0,4	0,06	1,2	0,18	1,0	0,15	0,2	0,1	1	0,15	
22	350	20	0,7	0,25	1,8	0,44	0,6	0,15	0,8	0,2	2	0,5	1	0,25	
23	255	10	1,1	0,18	0,8	0,14	1,2	0,22	1,0	0,18	2	0,36	1	0,18	
24	122	5	1,0	0,09	-	-	0,6	0,05	1,0	0,09	-	-	1	0,09	
UKF:															
01	804	12	2,8	0,56	1	0,56	0,8	0,45	1,2	0,67	0,2	0,1	1,4	0,78	
02	695	7	4,2	0,49	1	0,49	0,8	0,39	1,2	0,59	0,2	0,1	1,4	0,69	
03	450	3	6,3	0,32	1	0,32	0,8	0,25	1,2	0,38	0,2	0,06	1,4	0,45	
04	516	7	3,1	0,36	1	0,36	0,8	0,29	1,2	0,43	0,2	0,07	1,4	0,5	
05	523	9	2,4	0,37	0,8	0,29	0,6	0,22	1	0,37	0,2	0,07	1	0,37	
06	180	5	1,5	0,13	0,8	0,1	0,6	0,08	1	0,13	0,02	0,03	1	0,13	
07	140	8	0,7	0,1	0,8	0,08	0,6	0,06	1	0,1	0,2	0,02	1	0,1	
08	140	8	0,7	0,1	0,8	0,08	0,6	0,06	1	0,1	0,2	0,02	1	0,1	
09	600	9	2,8	0,42	-	-	-	-	1	0,42	-	-	-	-	
10	58	4	0,6	0,04	0,8	0,03	1,2	0,05	1,0	0,04	2	0,08	1	0,04	
11	58	4	0,6	0,04	0,8	0,03	1,2	0,05	1,0	0,04	2	0,08	1	0,04	
12	558	44	0,5	0,39	1,8	0,70	0,6	0,23	0,8	0,31	0,2	0,08	1	0,39	
13	890	7	5,3	0,62	1	0,62	0,8	0,5	1,2	0,74	0,2	0,12	1	0,62	
14	118	14	0,4	0,08	1,8	0,15	0,6	0,05	0,8	0,06	2	0,16	1	0,08	
15	246	24	0,4	0,17	1,8	0,31	0,6	0,1	0,8	0,14	2	0,34	1	0,17	
16	145	7	0,9	0,1	1,8	0,18	0,6	0,06	0,8	0,08	2	0,2	1	0,1	
17	332	15	0,9	0,23	1,8	0,42	0,6	0,14	0,8	0,18	2	0,46	1	0,23	
18	710	8	3,7	0,49	1	0,49	0,9	0,44	1,2	0,59	2	0,98	1	0,49	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
19	140	4	1,5	0,1	0,8	0,08	0,06	0,06	1,0	0,1	0,2	0,02	1	0,1	
20	700	10	2,9	0,49	1	0,49	0,9	0,44	1,2	0,59	2	0,98	1	0,49	
21	115	5	1,0	0,08	0,8	0,06	0,6	0,05	1,0	0,08	2	0,16	1	0,08	
22	124	4	1,3	0,09	0,8	0,07	0,6	0,05	1,0	0,09	0,2	0,02	1	0,09	
23	380	7	2,3	0,27	-	-	-	-	1,0	0,27	-	-	-	-	
24	388	7	2,3	0,27	0,8	0,22	0,6	0,16	1,0	0,27	0,2	0,05	1	0,27	
25	620	15	1,7	0,43	0,8	0,34	0,6	0,26	1,0	0,43	0,2	0,09	1	0,43	
26	960	2	9,6	0,32	0,4	0,13	0,3	0,1	0,6	0,19	0,2	0,06	0,4	0,13	
27	960	2	9,6	0,32	0,4	0,13	0,3	0,1	0,6	0,19	0,2	0,06	0,4	0,13	
28	295	3	4,1	0,21	0,4	0,08	0,3	0,06	0,6	0,13	0,2	0,04	0,4	0,08	
29	295	3	4,1	0,21	0,4	0,08	0,3	0,06	0,6	0,13	0,2	0,04	0,4	0,08	
30	280	4	2,9	0,2	0,4	0,08	0,3	0,06	0,6	0,12	0,2	0,04	0,4	0,08	
31	678	3	0,5	0,47	0,4	0,19	0,3	0,14	0,6	0,28	0,2	0,09	0,4	0,19	
32	576	8	4,0	0,53	1	0,53	0,8	0,42	1,2	0,64	0,2	0,11	1,4	0,74	
33	529	8	2,8	0,37	1	0,37	0,8	0,3	1,2	0,44	0,2	0,07	1,4	0,52	
34	165	7	1,0	0,12	0,8	0,09	0,6	0,07	1,0	0,12	0,2	0,02	1	0,12	
35	98	5	0,8	0,07	0,8	0,05	0,6	0,04	1,0	0,07	0,2	0,01	1	0,07	
36	146	8	0,8	0,1	0,8	0,08	1,2	0,12	1,0	0,1	2	0,2	1	0,1	
37	230	8	1,2	0,16	1,8	0,29	0,6	0,1	0,8	0,13	2	0,32	1	0,16	
38	463	10	1,9	0,32	1	0,32	0,9	0,29	1,2	0,38	2	0,64	1	0,32	
39	180	5	1,5	0,13	0,8	0,1	0,6	0,08	1,0	0,13	0,2	0,03	1	0,13	
40	170	5	1,4	0,12	0,8	0,09	0,6	0,07	1	0,12	0,2	0,02	1	0,12	
41	115	2	2,4	0,08	0,4	0,03	0,3	0,02	0,6	0,05	0,2	0,02	0,4	0,03	
42	240	4	2,5	0,17	0,4	0,07	0,3	0,05	0,6	0,1	0,2	0,03	0,4	0,07	

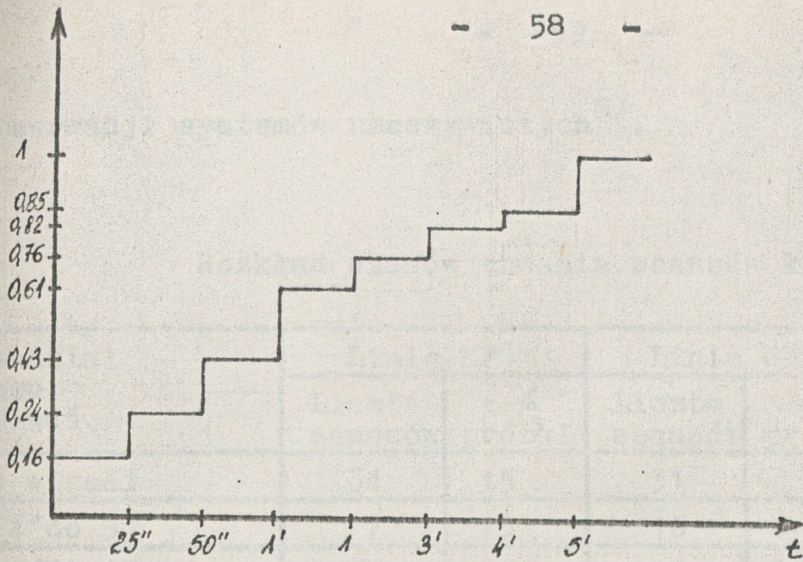
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
43	220	5	1,8	0,15	0,8	0,12	0,6	0,09	1	0,15	0,2	0,03	1	0,15	
44	756	8	4,0	0,53	1	0,53	0,8	0,42	1,2	0,64	0,2	0,11	1,4	0,74	
45	529	8	2,8	0,37	1	0,37	0,8	0,3	1,2	0,44	0,2	0,07	1,4	0,52	
46	165	7	1,0	0,12	0,8	0,09	0,6	0,07	1,0	0,12	0,2	0,02	1	0,12	
47	98	5	0,8	0,07	0,8	0,05	0,6	0,04	1,0	0,07	0,2	0,01	1	0,07	
48	146	8	0,8	0,1	0,8	0,08	1,2	0,12	1,0	0,1	2	0,2	1	0,1	
49	230	8	1,2	0,16	1,8	0,29	0,6	0,1	0,8	0,13	2	0,32	1	0,16	
50	463	10	1,9	0,32	1	0,32	0,9	0,29	1,2	0,38	2	0,64	1	0,32	
51	180	5	1,5	0,13	0,8	0,1	0,6	0,08	1	0,13	0,2	0,03	1	0,13	
52	170	5	1,4	0,12	0,8	0,09	0,6	0,07	1	0,12	0,2	0,02	1	0,12	
53	115	2	2,4	0,08	0,4	0,03	0,3	0,02	0,6	0,05	0,2	0,02	0,4	0,03	
54	240	4	2,5	0,17	0,4	0,07	0,3	0,05	0,6	0,1	0,2	0,03	0,4	0,07	
55	220	5	1,8	0,15	0,8	0,12	0,6	0,09	1	0,15	0,2	0,03	1	0,15	
56	756	8	4,0	0,53	0,4	0,21	0,3	0,16	1,2	0,64	0,2	0,11	1,4	0,74	
57	529	8	2,8	0,37	0,4	0,15	0,3	0,11	1,2	0,44	0,2	0,07	1,4	0,52	
58	165	7	1,0	0,12	0,4	0,05	0,3	0,04	1,2	0,14	0,2	0,02	1	0,12	
59	98	5	0,8	0,07	0,8	0,05	0,6	0,04	1,2	0,08	0,2	0,01	1	0,07	
60	146	8	0,8	0,1	0,4	0,04	0,3	0,03	1,2	0,12	2	0,2	1	0,1	
61	230	8	1,2	0,16	0,4	0,06	0,3	0,05	1,2	0,19	2	0,32	1	0,16	
62	463	10	1,9	0,32	0,4	0,13	0,3	0,1	1,2	0,38	2	0,64	1	0,32	
63	180	5	1,5	0,13	0,8	0,1	0,6	0,08	1	0,13	0,2	0,03	1	0,13	
64	170	5	1,4	0,12	0,8	0,09	0,6	0,07	1	0,12	0,2	0,02	1	0,12	
65	115	2	2,4	0,08	0,4	0,03	0,3	0,02	0,6	0,05	0,2	0,02	1	0,08	
66	240	4	2,5	0,17	0,4	0,07	0,3	0,05	0,6	0,1	0,2	0,03	1	0,17	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
91	198	7	1,2	0,14	0,4	0,06	1,2	0,17	1	0,14	2	0,28	1	0,14	
92	81	4	0,9	0,06	0,8	0,05	0,6	0,04	1	0,05	0,2	0,01	1	0,06	
93	215	6	1,5	0,15	0,8	0,12	0,6	0,09	1	0,15	0,2	0,03	1	0,15	
94	120	6	0,8	0,08	0,8	0,07	0,6	0,05	1	0,08	0,2	0,02	1	0,08	
95	210	4	2,2	0,15	0,4	0,06	0,6	0,09	1	0,15	0,2	0,03	1	0,15	
96	80	6	0,6	0,06	1	0,06	0,8	0,04	1,2	0,07	2	0,12	1	0,6	
R/L:															
01	1770	4	8,9	0,59	1,2	0,71	0,8	0,47	0,2	0,12	0,3	0,18	1,2	0,71	
02	1922	6	6,6	0,66	1,2	0,79	0,8	0,53	0,2	0,13	0,3	0,2	1,2	0,79	
03	725	3	4,8	0,24	1,2	0,29	0,8	0,19	0,2	0,05	0,3	0,07	1,2	0,29	
04	725	3	4,8	0,24	1,2	0,29	0,8	0,19	0,2	0,05	0,3	0,07	1,2	0,29	
05	725	3	4,8	0,24	1,2	0,29	0,8	0,19	0,2	0,05	0,3	0,07	1,2	0,29	
06	725	3	4,8	0,24	1,2	0,29	0,8	0,19	0,2	0,05	0,3	0,07	1,2	0,29	
07	392	3	2,6	0,13	1,2	0,16	0,8	0,1	0,2	0,03	0,3	0,04	1,2	0,16	
08	404	3	2,7	0,13	1,2	0,16	0,8	0,1	0,2	0,03	0,3	0,04	1,2	0,16	
09	397	3	2,6	0,13	1,2	0,16	0,8	0,1	0,2	0,03	0,3	0,04	1,2	0,16	
10	120	1	5,0	0,08	1,2	0,1	0,8	0,06	0,2	0,02	0,3	0,02	1,2	0,1	
11	120	1	5,0	0,08	1,2	0,1	0,8	0,06	0,2	0,02	0,3	0,02	1,2	0,1	
12	394	2	3,9	0,13	1,2	0,16	-	-	-	-	0,3	0,04	1,2	0,13	
13	565	2	5,7	0,19	1,2	0,23	-	-	-	-	0,3	0,06	1,2	0,23	
14	565	2	5,7	0,19	1,2	0,23	-	-	-	-	0,3	0,06	1,2	0,23	
15	565	2	5,7	0,19	1,2	0,23	-	-	0,2	0,04	0,3	0,06	1,2	0,23	

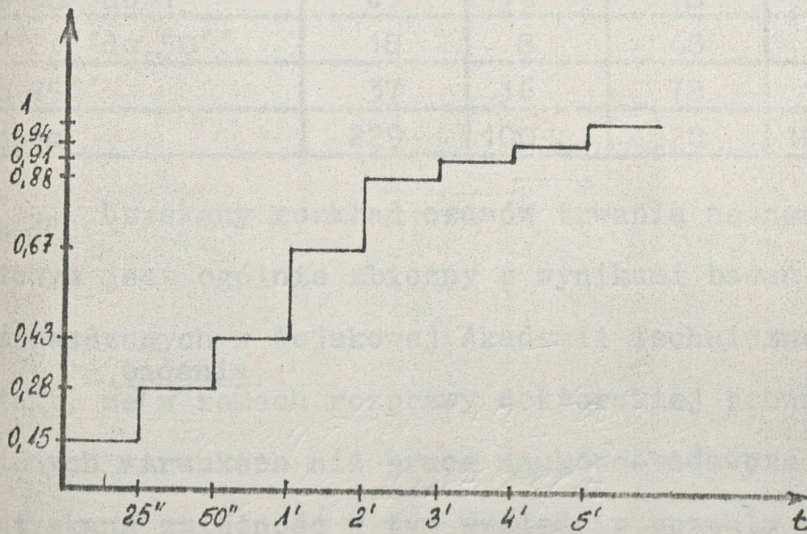
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	565	2	5,7	0,19	1,2	0,23	0,8	0,15	-	-	0,3	0,06	1,2	0,23	
17	201	2	2,0	0,07	1,2	0,08	0,8	0,06	0,2	0,01	0,3	0,02	1,2	0,08	
18	201	2	2,0	0,07	1,2	0,08	0,8	0,06	0,2	0,01	0,3	0,02	1,2	0,08	
19	201	2	2,0	0,07	-	-	-	-	0,2	0,01	0,3	0,02	1,2	0,08	
20	201	2	2,0	0,07	-	-	0,8	0,06	0,2	0,01	-	-	1,2	0,08	
21	230	2	2,3	0,08	1,2	0,09	0,8	0,06	0,2	0,02	0,3	0,02	1,2	0,09	

Uwagi:

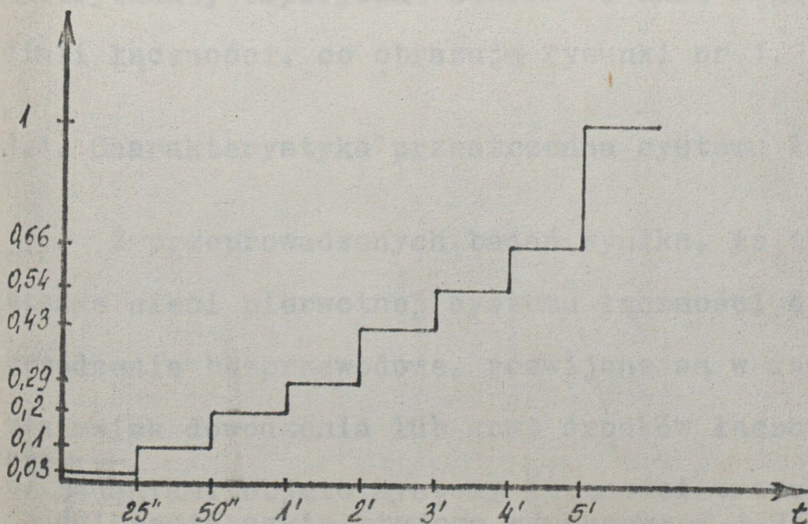
- 1/ Numery linii łączności przyjęto z tabel 4 i 5 "Ilość i skład linii łączności ...".
- 2/ w-kolumny 6,8,10,12,14- wartość współczynnika proporcjonalności natężenia ruchu /z tabeli 8/.
- 3/ ā-kolumny 7,9,11,13,15- wartość natężenia ruchu uwzględniająca współczynnik natężenia ruchu.



Rys. 1. Dystrybuanta czasu trwania seansów łączności w liniach KF



Rys.2. Dystrybuanta czasu trwania seansów łączności w liniach UKF



Rys.3. Dystrybuanta czasu trwania seansów łączności w liniach radioliniowych

obserwacji systemów rzeczywistych^{8/}.

Tabela 10

Rozkład czasów trwania seansów łączności

Przedział czasu nadawania	Linie KF		Linie UKF		Linie R/L	
	Liczba seansów	% próbki	Liczba seansów	% próbki	Liczba seansów	% próbki
5'i więcej	34	15	31	6	252	34
od 4'do 5'	7	3	16	3	89	12
od 3'do 4'	14	6	16	3	81	11
od 2'do 3'	34	15	109	21	104	14
od 1'do 2'	41	18	125	24	67	9
od 50''do 1'	43	19	78	15	74	10
od 23''do 50''	18	8	68	13	52	7
do 25''	37	16	78	15	22	3
Razem	229	100	520	100	740	100

Uzyskany rozkład czasów trwania seansów w ćwiczeniu szkieletowym jest ogólnie zbliżony z wynikami badań pk. "ZAWILEC-5", prowadzonych w Wojskowej Akademii Technicznej. Biorąc pod uwagę badania, fakt, że w ramach rozprawy doktorskiej prowadzone były w zupełnie innych warunkach niż praca naukowo-badawcza pk. "ZAWILEC-5", uzyskana zbliżność w tym względzie pozwala przyjąć je za wiarygodne. Na podstawie zestawionych w tabeli wyników badań określono dystrybuanty empiryczne czasów trwania seansów dla każdego rodzaju linii łączności, co obrazują rysunki nr 1, 2 i 3.

1.4. Charakterystyka przestrzenna systemu łączności

Z przeprowadzonych badań wynika, że tworzące linie dalekościowe sieci pierwotnej systemu łączności dywizji teletransmisyjne urządzenia bezprzewodowe, rozwijane są w ramach węzłów łączności stanowisk dowodzenia lub grup środków łączności doraźnie wykorzysty-

^{8/} Badaniami objęto systemy łączności trzech dywizji podczas ćwiczenia szkieletowego słuchaczy I i II kursu ASG WP nr 200 i 100, przeprowadzonego w 1986 r.

wanych punktów dowodzenia.

Podstawę do dalszych badań charakterystyki przestrzennej systemu łączności stanowiły opracowane na podstawie materiałów normatywnych Sztabu Generalnego [9,28] , dowództw rodzajów wojsk [7] oraz wydawnictw Akademii Sztabu Generalnego WP [12,27,35,36] modelowe warianty rozmieszczenia węzłów łączności stanowisk dowodzenia dywizji w natarciu i obronie /rysunki nr 4a,b,c i 5/.

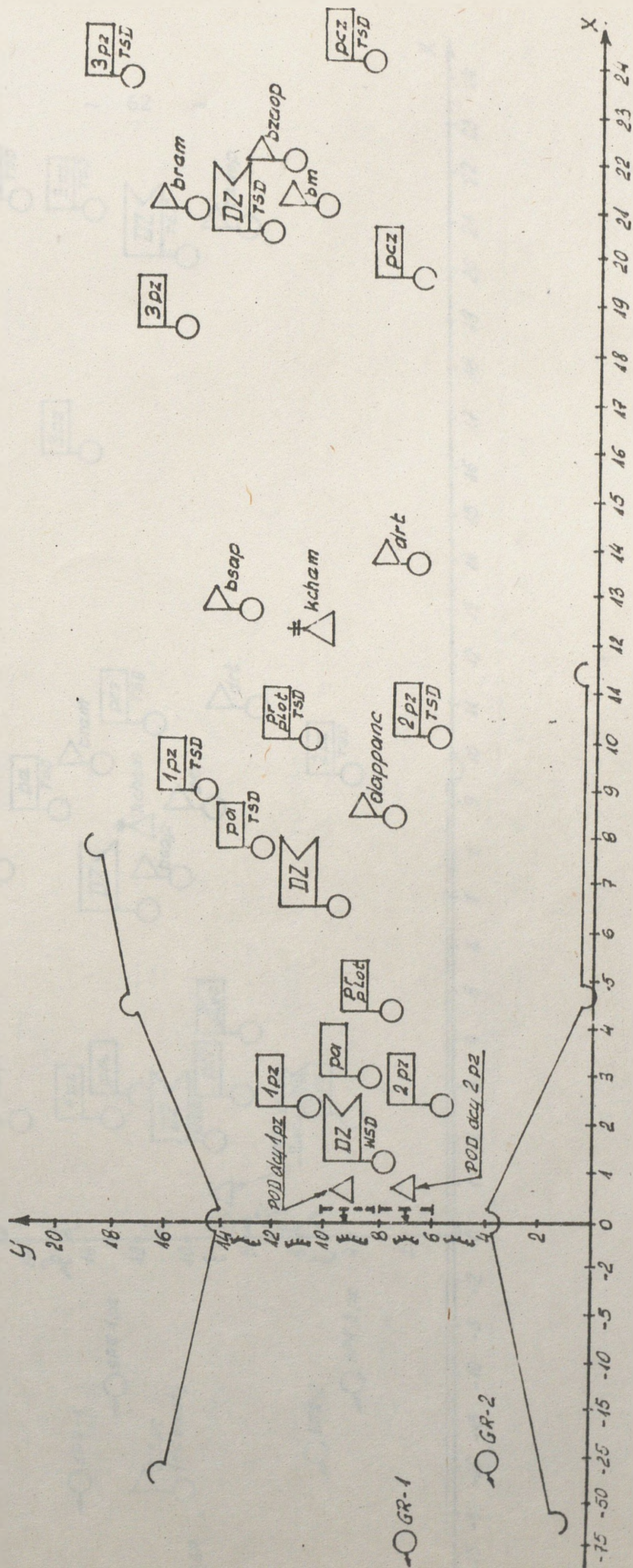
Analiza i ocena wariantów rozmieszczenia modelowych węzłów łączności stanowisk dowodzenia oraz zawartych w literaturze przedmiotu zasad przemieszczania stanowisk dowodzenia w walce, pozwoliły ustalić odległości rozmieszczenia węzłów łączności od linii styczności wojsk oraz skrajne wartości /minimalną i maksymalną/ długości linii łączności. Dane te zostały przedstawione w tabeli 11. Wyniki badań przedstawione w tej tabeli umożliwiają ustalenie wielkości dwóch zasadniczych czynników determinujących odporność linii łączności na zakłócenia, a mianowicie określenie odległości zakłóceń $/d_z/$ i długości linii łączności $/d_g/$. Czynniki te posiadają charakter niedeterministyczny, wynikający przede wszystkim z dynamiki walki oraz zasad rozmieszczenia i przemieszczania zarówno węzłów /grup środków/ łączności dywizji, jak i stacji zakłóceń przeciwnika. Z powyższego wynika, że w dalszych badaniach w ocenie odporności linii łączności na zakłócenia należy uwzględnić dwa następujące wnioski:

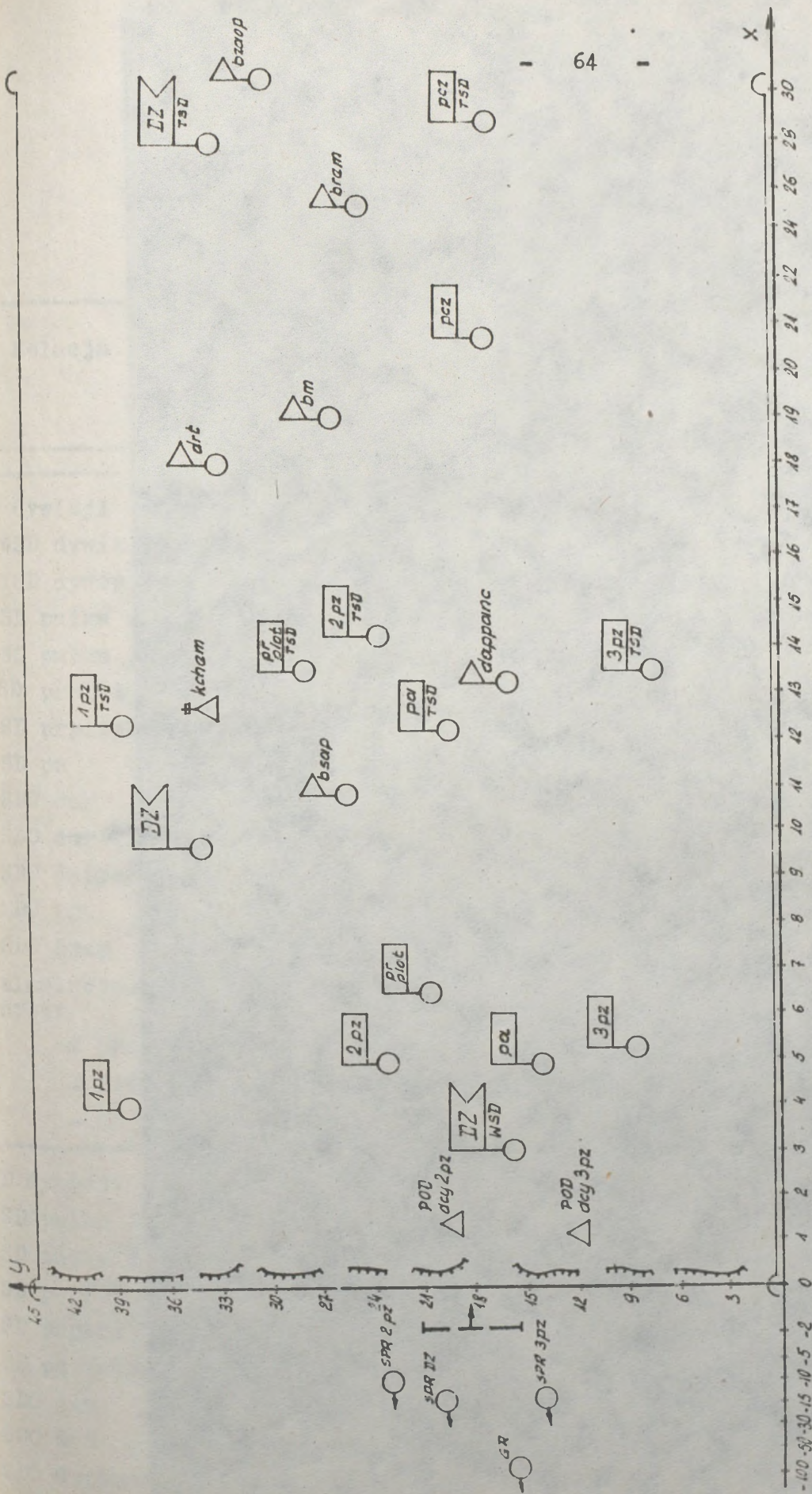
1. Długość linii łączności $/d_g/$ wyznaczać losowo z przedziału jej ekstremalnych wartości, tj. $d_g \text{ min.} - d_g \text{ max.}$;

2. Odległość zakłóceń $/d_z/$ określać każdorazowo jako rzeczywistą odległość pomiędzy nadajnikiem zakłóceń a główną radiostacją /radiotelefonem, radiolinia/ zakłóconej linii łączności, przyjmując jej rozmieszczenie zgodnie z opracowanymi modelowymi wariantami rozmieszczenia węzłów łączności /rysunki nr 4a,b,c i 5/.

Rys.4. Rozmieszczenie przestrzenne węzłów /grup środków/ łączności stanowisk i punktów dowodzenia dywizji oraz jej oddziałów i pododdziałów w natarciu:

a. Na rubieży wejścia do walki





Rys. 5. Rozmieszczenie przestrzenne węzłów /grup środków / łączności stanowisk i punktów dowodzenia dywizji oraz jej oddziałów i pododdziałów w obronie

Tabela 11

Odległość węzłów łączności od linii styczności wojsk oraz długości linii / d_s / w relacjach łączności w taktycznym ogniwie dowodzenia /dywizja-pułk-batalion/

Relacja łączności	Odległość WŁ od linii styczności wojsk [km]		Długość linii łączności [km]	
	min. - max.		min. - max.	
	w natarciu	w obronie	w natarciu	w obronie
1	2	3	4	5
SD dywizji z:	4 - 18	8 - 10		
- WSD dywizji	1 - 6	1 - 10	4 - 12	5 - 18
- TSD dywizji	15 - 30	20 - 30	14 - 28	15 - 21
- SD pułku I rzutu	1 - 6	4 - 6	4 - 15	2 - 10
- SD pułku II rzutu	4 - 20	18 - 24	12 - 16	10 - 15
- SD prplot "OSA"	4 - 12	10 - 20	6 - 12	3 - 15
- SD prplot "KUB"	4 - 18	15 - 25	6 - 12	3 - 10
- SD pa	2 - 12	4 - 6	3 - 12	5 - 9
- SDO dar	2 - 12	4 - 6	3 - 12	5 - 9
- SDO dar <i>drt</i>	15 - 35	15 - 20	8 - 22	5 - 12
- SDO dappanc	1 - 10	6 - 8	3 - 12	6 - 10
- SDO br	4 - 18	8 - 10	1 - 5	1 - 6
- SDO bsap	10 - 15	10 - 15	2 - 10	2 - 15
- elem.rozp. w ugrup. npla:				
- OR	do 80		do 98	
- SPR	do 30		do 48	
- GR	do 100		do 118	
WSD dywizji z:	1 - 6	1 - 10		
- SD pułku I rzutu	1 - 6	4 - 6	1 - 11	1 - 10
- SD pułku II rzutu	4 - 20	18 - 24	16 - 20	10 - 18
- SD prplot "OSA"	4 - 12	10 - 20	1 - 14	5 - 10
- SD prplot "KUB"	4 - 18	15 - 25	3 - 15	5 - 10
- SD pa /DGA/	2 - 12	4 - 6	1 - 6	2 - 6
- SDO dar	2 - 12	4 - 6	1 - 6	2 - 6
- SDO drt	15 - 35	15 - 20	10 - 25	8 - 18
- SDO dappanc	1 - 10	6 - 8	1 - 12	2 - 10
- SDO br	4 - 18	8 - 10	1 - 12	5 - 10

1	2	3	4	5
SDO bsap	10 - 15	10 - 15	3 - 11	5 - 10
elem. rozp. w ugrup. p-ka:				
- OR			do 86	
- SPR			do 36	
- GR			do 106	
TSD dywizji z:	15 - 30	20 - 30		
- TSD pułku I rzutu	8 - 15	10 - 15	8 - 28	10 - 22
- TSD pułku II rzutu	8 - 24	20 - 28	6 - 22	5 - 10
- TSD prplot	15 - 30	18 - 30	2 - 20	3 - 10
- TSD pa /DGA/	7 - 20	13 - 15	9 - 24	12 - 20
- SDO drt	15 - 35	15 - 20	5 - 15	5 - 15
- SDO dappanc	1 - 10	6 - 8	12 - 30	15 - 25
- SDO br	4 - 18	8 - 10	14 - 28	15 - 21
- SDO bsap	10 - 15	10 - 15	14 - 25	10 - 15
- SDO brem	6 - 12	18 - 24	4 - 12	5 - 10
- SDO bzaop	15 - 30	25 - 40	2 - 6	1 - 5
- SDO bn	8 - 35	15 - 20	3 - 15	10 - 15
SD pz /pcz/ z:	1 - 6	4 - 6		
- POD dcy pułku	1 - 3	1 - 3	1 - 3	3 - 5
- TSD pułku	8 - 15	10 - 15	8 - 15	6 - 11
- SDO bp /bcz/ I rzutu	1 - 3	2 - 4	1 - 9	1 - 7
- SDO bp /bcz/ II rzutu	9 - 11	8 - 10	5 - 7	4 - 7
- SDO das /PGA/	1 - 6	2 - 5	1 - 8	1 - 6
- bplot	1 - 4	2 - 5	1 - 7	1 - 8
- ksap	1 - 6	4 - 6	1 - 5	1 - 4
elem. rozp. w ugrup. p-ka:				
- OR	do 50			
- SPR	do 30			
TSD pz /pcz/ z:	8 - 15	10 - 15		
- SDO bp /bcz/ I rzutu	1 - 3	2 - 4	9 - 15	7 - 15
- SDO bp /bcz/ II rzutu	9 - 11	8 - 10	2 - 12	3 - 5
- SDO das	1 - 6	2 - 5	8 - 14	6 - 14
- kmed	4 - 20	8 - 12	2 - 15	3 - 7
- kzaop	8 - 15	15 - 20	1 - 3	1 - 3
- krem	4 - 8	6 - 10	2 - 18	5 - 9

1	2	3	4	5
SD pa z:	2 - 12	4 - 6		
- POD dcy pa	1 - 2	1 - 3	1 - 10	1 - 4
- TSD pa	8 - 12	12 - 15	4 - 8	6 - 12
- SDO da	1 - 2	1 - 3	1 - 8	2 - 5
SD prplot "OSA" z:	4 - 12	10 - 20		
- TSD prplot	15 - 30	18 - 30	6 - 20	8 - 16
- brplot	2 - 15	4 - 20	3 - 10	3 - 10
- btechn.	10 - 35	15 - 30	6 - 25	5 - 20
SD prplot "KUB" z:	4 - 18	15 - 25		
- TSD pułku	18 - 35	25 - 30	14 - 25	5 - 15
- brplot	3 - 20	5 - 25	3 - 20	3 - 20
- btechn.	10 - 35	20 - 35	6 - 25	5 - 20

1.5. Wnioski i uogólnienia z zakresu badania systemu łączności

Przeprowadzone badania stanowią podstawę do następujących uogólnień i wniosków opisujących system łączności dywizji jako obiekt oddziaływania radioelektronicznego przeciwnika:

1. System łączności, w tym aspekcie, stanowi zbiór bezprzewodowych linii łączności obejmujący w taktycznym ogniwie dowodzenia około 24 linii łączności radiowej krótkofalowej, 96 linii łączności radiowej ultrakrótkofalowej oraz 21 linii łączności radioliniowej.

2. Poszczególnym liniom łączności, z punktu widzenia ich odporności na zakłócenia, można i należy przyporządkować następujące indywidualne atrybuty: długość linii, natężenie ruchu, liczbę korespondentów, moc nadajnika oraz współrzędne rozmieszczenia środków łączności. Wartości tych atrybutów dla poszczególnych linii łączności przedstawiają tabele 12 i 13.

3. Jak potwierdzają wyniki badań, rodzaje linii łączności charakteryzują się wykorzystywaniem z zasady jednorodnych

emisji. W liniach krótkofalowych w warunkach zagrożenia radioelektronicznego generalnie będą stosowane emisje jednowstęgowe, jako najbardziej odporne na zakłócenia $/K_{zw} = 4-5/$. W liniach ultrakrótkofalowych i radioliniowych będzie stosowana głównie modulacja częstotliwości $/K_{zw} \approx 1,5/$.

4 Czas trwania poszczególnych seansów łączności w praktyce będzie determinowany wieloma zmiennymi, co uniemożliwia jego precyzyjne określenie. W takiej sytuacji celowym i koniecznym jest przyjęcie do dalszych badań dystrybuant empirycznych ustalonych w oparciu o rozkład czasów trwania seansów zdjęty z systemów rzeczywistych /patrz tabela nr 10 oraz rysunki nr 1, 2 i 3/.

Tak opisany system łączności dywizji można przedstawić za pomocą modelu opartego na teorii masowej obsługi. W swej istocie będzie on sprowadzał się do generowania seansów w poszczególnych liniach łączności w oparciu o wcześniej zdefiniowane i przyjęte atrybuty oraz do ich umownie zwanej obsługi.

W związku z niedeterministycznym charakterem większości atrybutów /opisanych rozkładami parametrów a nie ich konkretnymi wartościami/ oraz ich mnogością, w badaniach zdecydowano się na przyjęcie symulacyjnego modelu badawczego. Taki model został w ramach rozprawy przyjęty, a jego opis przedstawiony w rozdziale 4 niniejszej rozprawy.

Wielkość atrybutów linii systemu łączności dywizji w natarciu

Rodzaj i nr linii łączności	Liczba korespondentów	Napięcie ruchu w okresach			Długość linii łączności [km]			Średnia moc rst. [W]	Współrzędne rst. głównej x/y w okresach		
		N-1	N-2	N-3	min.	N-1	N-2		N-3	N-1	N-2
01	10	0,56	0,45	0,67	1 - 20	1 - 25	2 - 16	75	01/08	02/08	07/12
02	18	0,49	0,39	0,59	1 - 20	2 - 30	2 - 28	20	01/08	02/08	07/12
03	2	0,32	0,25	0,38	1 - 20	1 - 16	2 - 12	20	01/08	02/08	07/12
04	6	0,36	0,29	0,43	3 - 12	4 - 15	3 - 12	66	06/09	07/10	07/11
05	19	0,29	0,22	0,37	1 - 20	1 - 18	2 - 14	23	01/08	02/08	07/12
06	4	0,1	0,08	0,13	1 - 8	1 - 15	1 - 15	20	06/09	07/10	07/11
07	4	0,08	0,06	0,1	2 - 10	2 - 5	2 - 5	6	06/09	07/10	07/11
08	4	0,08	0,06	0,1	2 - 10	2 - 5	2 - 5	6	06/09	07/10	07/11
09	8	-	-	0,42	-	-	1 - 6	77	-	-	7 /12
10	4	0,03	0,05	0,04	5 - 10	10 - 30	10 - 30	34	03/07	2/8	7/12
11	2	0,03	0,05	0,04	2 - 6	2 - 10	2 - 10	47	01/08	02/08	07/12
12	2	0,70	0,23	0,31	8 - 12	8 - 25	8 - 22	1000	01/08	02/08	07/12
13	9	0,62	0,5	0,74	2 - 12	2 - 25	8 - 22	20	01/08	02/08	07/12
14	5	0,15	0,05	0,06	1 - 4	1 - 8	3 - 12	20	01/08	02/08	07/12
15	5	0,31	0,1	0,14	8 - 12	8 - 25	8 - 22	20	06/09	07/10	07/11
16	11	0,18	0,06	0,08	1 - 4	1 - 8	1 - 6	20	02/08	02/10	02/08
17	7	0,42	0,14	0,18	1 - 13	1 - 12	2 - 12	20	06/09	07/10	07/11
18	6	0,49	0,44	0,59	2 - 17	2 - 15	2 - 11	20	01/08	02/08	07/12
19	3	0,08	0,06	0,1	1 - 5	1 - 6	1 - 6	20	01/08	02/08	07/12
20	14	0,49	0,44	0,59	2 - 15	2 - 14	2 - 15	20	04/08	05/08	05/08

UKF:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21	5	0,06	0,05	0,08	1 - 8	1 - 7	1 - 5	20	01/08	02/08	07/12	
22	6	0,07	0,05	0,09	1 - 11	2 - 8	2 - 7	30	01/08	02/08	07/12	
23	8	-	-	0,27	1 - 10	1 - 10	1 - 10	10	01/07	01/07	01/07	
24	5	0,22	0,16	0,27	3 - 12	4 - 15	3 - 12	5	06/09	07/10	07/11	
25	5	0,34	0,26	0,43	1 - 6	1 - 11	4 - 15	20	06/09	07/10	07/11	
26	7	0,13	0,1	0,19	4 - 11	4 - 28	4 - 28	75	20/12	19/9	20/11	
27	7	0,13	0,1	0,19	4 - 11	4 - 28	4 - 28	75	20/12	19/9	20/11	
28	8	0,08	0,06	0,13	6 - 17	9 - 24	9 - 24	20	20/12	19/9	20/11	
29	8	0,08	0,06	0,13	6 - 17	9 - 24	9 - 24	20	20/12	19/9	20/11	
30	4	0,08	0,06	0,12	1 - 5	1 - 15	1 - 15	20	20/12	19/9	20/11	
31	2	0,19	0,14	0,28	1 - 5	8 - 12	8 - 12	20	20/12	19/9	20/11	
32	7	0,53	0,42	0,64	1 - 9	1 - 15	2 - 15	20	01/09	02/13	18/16	
33	6	0,37	0,3	0,44	2 - 7	2 - 15	2 - 15	20	02/10	02/13	18/16	
34	10	0,09	0,07	0,12	1 - 7	1 - 15	2 - 15	14	02/10	02/13	18/16	
35	5	0,05	0,04	0,07	1 - 5	1 - 5	1 - 5	5	02/10	02/13	18/16	
36	5	0,08	0,12	0,1	1 - 3	1 - 14	1 - 4	20	02/10	2/13	18/16	
37	3	0,29	0,1	0,13	1 - 4	1 - 8	1 - 6	20	01/09	02/13	18/16	
38	7	0,32	0,29	0,38	1 - 3	1 - 7	1 - 4	9	01/09	02/13	18/16	
39	2	0,1	0,08	0,13	1 - 3	1 - 5	1 - 3	1	01/09	02/13	18/16	
40	5	0,09	0,07	0,12	1 - 4	1 - 7	1 - 5	20	02/10	02/13	18/16	
41	2	0,03	0,02	0,05	2 - 5	5 - 15	2 - 4	20	08/14	07/17	23/18	
42	5	0,07	0,05	0,1	1 - 4	8 - 12	1 - 4	20	08/14	07/17	23/18	
43	5	0,12	0,09	0,15	1 - 9	1 - 15	2 - 15	20	01/09	02/13	18/16	
44	7	0,53	0,42	0,64	1 - 9	1 - 15	2 - 6	20	01/07	02/04	03/04	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
45	6	0,37	0,3	0,44	2 - 7	2 - 15	2 - 6	20	03/05	02/04	03/04	
46	10	0,09	0,07	0,12	1 - 7	1 - 15	1 - 6	14	03/05	02/04	03/04	
47	5	0,05	0,04	0,07	1 - 5	1 - 5	1 - 5	5	03/05	02/04	03/04	
48	5	0,08	0,12	0,1	1 - 3	1 - 14	1 - 20	20	01/07	2/4	3/4	
49	3	0,29	0,1	0,13	1 - 4	1 - 8	1 - 6	20	01/07	02/04	03/04	
50	7	0,32	0,29	0,38	1 - 3	1 - 7	1 - 4	9	01/07	02/04	03/04	
51	2	0,1	0,08	0,13	1 - 3	1 - 5	1 - 3	1	01/07	02/04	02/04	
52	5	0,09	0,07	0,12	1 - 4	1 - 7	1 - 5	20	03/05	02/04	02/04	
53	2	0,03	0,02	0,05	2 - 5	5 - 15	2 - 4	20	10/06	10/04	09/04	
54	5	0,07	0,05	0,1	1 - 4	8 - 12	1 - 4	20	10/06	10/04	09/04	
55	5	0,12	0,09	0,15	1 - 9	1 - 15	2 - 6	20	01/07	02/04	03/04	
56	7	0,21	0,16	0,64	1 - 9	1 - 10	1 - 6	20	18/15	16/14	03/15	
57	6	0,15	0,11	0,44	2 - 8	1 - 10	2 - 8	20	18/15	16/14	03/15	
58	10	0,05	0,04	0,14	2 - 8	1 - 10	2 - 8	14	18/15	16/14	03/15	
59	5	0,05	0,04	0,08	1 - 5	1 - 5	1 - 5	5	18/15	16/14	03/15	
60	5	0,04	0,03	0,12	1 - 3	1 - 8	1 - 25	20	18/15	16/14	03/15	
61	3	0,06	0,05	0,19	1 - 4	1 - 7	1 - 8	20	18/15	16/14	03/15	
62	7	0,13	0,1	0,38	1 - 3	1 - 7	1 - 5	9	18/15	16/14	03/15	
63	2	0,1	0,08	0,13	1 - 3	1 - 3	1 - 5	1	18/15	16/14	03/15	
64	5	0,09	0,07	0,12	1 - 4	1 - 4	1 - 7	20	18/15	16/14	03/15	
65	2	0,03	0,02	0,05	2 - 5	1 - 5	1 - 10	20	24/18	21/17	09/18	
66	5	0,07	0,05	0,1	1 - 4	1 - 10	1 - 10	20	24/18	21/17	09/18	
67	5	0,12	0,09	0,15	2 - 6	2 - 8	1 - 12	20	18/15	16/14	03/15	
68	8	0,15	0,44	0,44	1 - 7	1 - 15	2 - 15	20	19/06	01/08	03/10	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
69	8	0,09	0,07	0,12	1 - 7	1 - 15	2 - 15	17	19/06	01/08	03/10	
70	5	0,05	0,04	0,07	1 - 5	1 - 5	1 - 5	5	19/06	03/08	03/10	
71	5	0,04	0,12	0,1	1 - 4	1 - 8	1 - 33	20	19/06	01/08	3/10	
72	3	0,13	0,29	0,38	1 - 3	1 - 7	1 - 5	20	19/06	01/08	03/10	
73	2	0,1	0,08	0,13	1 - 3	1 - 5	1 - 4	1	19/06	01/08	03/10	
74	5	0,09	0,07	0,12	1 - 4	1 - 9	1 - 9	20	19/06	03/08	03/10	
75	2	0,03	0,02	0,05	1 - 4	1 - 4	1 - 12	20	24/09	11/12	09/10	
76	5	0,07	0,05	0,1	1 - 4	5 - 15	2 - 10	20	24/09	11/12	09/10	
77	5	0,12	0,09	0,15	1 - 6	2 - 10	1 - 12	20	24/09	11/12	09/10	
78	5	0,65	0,22	0,29	1 - 5	1 - 8	1 - 8	31	01/08	02/09	04/11	
79	3	0,09	0,13	0,11	1 - 3	1 - 8	1 - 8	14	03/09	04/11	04/11	
80	15	0,65	0,22	0,29	1 - 5	1 - 8	1 - 8	12	01/08	02/09	04/11	
81	7	0,48	0,43	0,58	3 - 6	2 - 10	2 - 10	56	04/07	04/08	06/08	
82	5	0,3	0,27	0,36	3 - 6	2 - 10	2 - 10	1	04/07	04/08	06/08	
83	7	0,09	0,07	0,12	2 - 15	10 - 20	2 - 15	7	04/07	04/08	06/08	
84	13	0,26	0,38	0,32	2 - 8	6 - 20	6 - 36	24	06/09	07/11	07/11	
85	10	0,22	0,34	0,28	2 - 8	2 - 10	2 - 10	25	01/08	7/11	7/11	
86	2	0,12	0,18	0,15	2 - 4	2 - 6	2 - 6	47	06/09	07/11	07/11	
87	5	0,46	0,15	0,2	2 - 6	2 - 6	2 - 10	20	14/07	12/08	14/04	
88	8	0,07	0,05	0,08	1 - 4	1 - 20	1 - 25	13	14/07	12/08	14/04	
89	4	0,40	0,13	0,18	1 - 4	1 - 4	1 - 4	11	03/08	03/12	04/11	
90	13	0,07	0,08	0,09	1 - 4	1 - 4	1 - 4	6	03/08	03/12	04/11	
91	5	0,06	0,17	0,14	1 - 5	1 - 5	1 - 5	13	08/07	03/16	08/07	
92	9	0,05	0,04	0,04	1 - 5	1 - 5	1 - 5	12	08/07	03/16	08/07	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
93	4	0,12	0,09	0,15	1 - 8	2 - 9	2 - 10	6	12/13	08/10	07/14	
94	4	0,07	0,05	0,08	1 - 2	1 - 3	1 - 3	1	12/13	06/10	07/14	
95	4	0,06	0,09	0,15	1 - 3	1 - 3	1 - 3	1	22/11	21/08	21/11	
96	6	0,06	0,04	0,07	3 - 8	3 - 15	3 - 15	15	01/08	02/09	07/11	
KF:												
01	8	0,48	0,38	0,58	1 - 16	1 - 27	3 - 15	40	01/08	02/06	07/12	
02	6	0,47	0,37	0,56	3 - 12	3 - 10	3 - 12	200	06/09	07/10	07/11	
03	7	0,36	0,29	0,43	3 - 12	3 - 10	3 - 12	40	06/09	07/10	07/11	
04	3	0,12	0,09	0,15	2 - 5	2 - 10	2 - 10	40	06/09	07/10	07/11	
05	5	0,06	0,1	0,08	2 - 5	4 - 25	4 - 35	40	01/08	02/08	07/12	
06	6	0,39	0,31	0,47	3 - 12	3 - 10	3 - 12	40	01/08	02/08	07/12	
07	9	0,42	0,34	0,5	2 - 10	2 - 10	3 - 10	40	01/08	02/08	07/12	
08	9	0,37	0,12	0,16	1 - 14	1 - 20	1 - 25	40	*01/08	02/08	07/12	
09	12	0,02	0,01	0,01	5 - 14	6 - 20	6 - 25	100	14/07	12/07	14/18	
10	2	0,23	0,21	0,28	3 - 6	2 - 8	2 - 9	40	01/08	02/08	07/12	
11	2	0,1	0,08	0,13	3 - 11	1 - 10	2 - 8	40	01/08	02/08	07/12	
12	7	0,13	0,1	0,19	4 - 11	8 - 28	8 - 28	40	20/12	19/9	20/11	
13	7	0,13	0,1	0,19	4 - 11	8 - 28	8 - 28	40	20/12	19/9	20/11	
14	6	0,17	0,14	0,2	1 - 8	1 - 10	1 - 10	40	01/09	02/13	18/16	
15	3	0,12	0,18	0,15	1 - 4	1 - 20	1 - 7	40	01/09	2/13	18/16	
16	6	0,17	0,14	0,2	1 - 8	1 - 7	1 - 7	40	01/07	02/04	03/04	
17	3	0,12	0,18	0,15	1 - 4	1 - 15	1 - 23	40	01/07	2/4	3/4	
18	6	0,12	0,18	0,15	1 - 4	1 - 7	1 - 8	40	18/14	16/13	03/16	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	3	0,06	0,04	0,18	1 - 4	1 - 7	1 - 28	40	18/14	16/13	3/16	
20	4	0,07	0,4	0,4	1 - 6	1 - 15	1 - 12	40	19/06	01/08	03/04	
21	3	0,06	0,18	0,15	1 - 4	1 - 5	1 - 23	40	19/06	01/08	03/04	
22	6	0,44	0,15	0,2	1 - 9	2 - 12	1 - 12	40	01/08	02/09	04/11	
23	4	0,14	0,22	0,18	30 - 100	20 - 80	40 - 100	200	1/8	2/8	7/12	
24	3	-	0,05	0,09	10 - 15	10 - 20	10 - 20	40	14/7	12/08	14/04	
RdL.												
01	2	0,71	0,47	0,12	4 - 6	4 - 12	4 - 12	15	01/08	02/08	07/11	
02	2	0,79	0,53	0,13	10 - 14	4 - 28	14 - 28	15	07/09	06/11	07/11	
03	2	0,29	0,19	0,05	3 - 6	4 - 15	12 - 16	15	07/09	06/11	07/11	
04	2	0,29	0,19	0,05	3 - 6	4 - 15	4 - 15	15	0 7/09	06/11	07/11	
05	2	0,29	0,19	0,05	12 - 16	10-14	4 - 12	15	0 7/09	0 6/11	07/11	
06	2	0,29	0,19	0,05	12 - 16	4 - 14	4 - 12	15	07/09	06/11	07/11	
07	2	0,16	0,1	0,03	2 - 5	3 - 12	3 - 12	15	07/09	06/11	07/11	
08	2	0,16	0,1	0,03	8 - 12	8 - 22	8 - 22	15	07/09	06/11	07/11	
09	2	0,16	0,1	0,03	4 - 6	6 - 12	6 - 12	15	07/09	06/11	07/11	
10	2	0,1	0,06	0,02	2 - 6	2 - 6	2 - 6	15	01/08	03/08	07/11	
11	2	0,1	0,06	0,02	5 - 10	4 - 12	4 - 12	15	01/08	03/08	04/07	
12	2	0,16	-	-	12 - 16	-	-	15				
13	2	0,23	-	-	2 - 4	-	-	15	01/08			
14	2	0,23	-	-	2 - 4	-	-	15	01/08			
15	2	0,23	-	0,04	-	-	4 - 10	15			04/07	

Tabela 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16	2	0,15	0,15	-	-	2-4	-	15	-	02/08	-	
17	2	0,08	0,06	-	2-4	2-4	-	15	01/09	02/16	-	
18	2	0,08	0,06	0,01	2-4	2-4	2-4	15	01/07	01/06	03/04	
19	2	-	-	0,01	-	-	2-4	15	-	-	02/15	
20	2	-	0,06	0,01	-	2-4	2-4	15	-	01/08	03/10	
21	2	0,09	0,06	0,02	2-4	2-4	2-4	15	01/08	02/09	02/12	

Tabela 13

Wielkości atrybutów linii systemu łączności
dywizji w obronie

Rodzaj i nr linii łączno- ści	Liczba kores- ponden- tów	Natężenie ruchu [erlang] w okresach		Długość linii łączności [km] min.-max.	Średnia moc rzt. [W]	Współrzędne rzt. głównej x/y
		01	02			
1	2	3	4	5	6	7
UKF:						
01	10	0,1	0,78	5 - 24	75	03/15
02	18	0,1	0,69	5 - 18	20	10/34
03	2	0,06	0,45	5 - 18	20	10/34
04	6	0,07	0,5	4 - 15	66	10/34
05	19	0,07	0,37	5 - 24	23	10/34
06	4	0,03	0,13	5 - 18	20	10/34
07	4	0,02	0,1	2 - 5	6	10/34
08	4	0,02	0,1	2 - 5	6	10/34
10	4	0,08	0,04	3 - 40	34	3/15
11	2	0,08	0,04	3 - 12	47	10/34
12	2	0,08	0,39	10 - 15	1000	10/34
13	9	0,12	0,62	2 - 15	20	10/34
14	5	0,16	0,08	5 - 9	20	03/15
15	5	0,34	0,17	10 - 15	20	10/34
16	11	0,2	0,1	1 - 15	20	03/15
17	7	0,46	0,23	3 - 20	20	10/34
18	6	0,98	0,49	3 - 15	20	10/34
19	3	0,02	0,1	4 - 18	20	10/34
20	14	0,98	0,49	2 - 17	20	05/15
21	5	0,16	0,08	2 - 14	20	10/34
22	6	0,02	0,09	2 - 20	30	10/34

1	2	3	4	5	6	7
24	5	0,05	0,27	4 - 15	5	10/34
25	5	0,09	0,43	3 - 20	20	10/34
26	7	0,06	0,13	5 - 22	75	28/33
27	7	0,06	0,13	5 - 22	75	28/33
28	8	0,04	0,08	12 - 20	20	28/33
29	8	0,04	0,08	12 - 20	20	28/33
30	4	0,04	0,08	1 - 15	20	28/33
31	2	0,09	0,19	10 - 15	20	28/33
32	7	0,11	0,74	1 - 16	20	04/38
33	6	0,07	0,52	3 - 11	20	04/38
34	10	0,02	0,12	3 - 11	14	04/38
35	5	0,01	0,07	1 - 5	5	04/38
36	5	0,2	0,1	1 - 6	20	04/38
37	3	0,32	0,16	2 - 6	20	04/38
38	7	0,64	0,32	1 - 8	9	04/38
39	2	0,03	0,13	1 - 4	1	04/38
40	5	0,02	0,12	1 - 8	20	04/38
41	2	0,02	0,03	3 - 7	20	12/38
42	5	0,03	0,07	5 - 9	20	12/38
43	5	0,03	0,15	1 - 16	20	04/38
44	7	0,11	0,74	1 - 16	20	05/23
45	6	0,07	0,52	3 - 11	20	05/23
46	10	0,02	0,12	3 - 11	14	05/23
47	5	0,01	0,07	1 - 5	5	05/23
48	5	0,2	0,1	2 - 15	20	5/23
49	3	0,32	0,16	2 - 6	20	05/23
50	7	0,64	0,32	1 - 8	9	05/23
51	2	0,03	0,13	1 - 4	1	05/23
52	5	0,02	0,12	1 - 8	20	05/23

1	2	3	4	5	6	7
53	2	0,02	0,03	3 - 7	20	14/24
54	5	0,03	0,07	5 - 9	20	14/24
55	5	0,03	0,15	1 - 16	20	05/23
56	7	0,11	0,74	1 - 16	20	01/12
57	6	0,07	0,52	3 - 11	20	05/09
58	10	0,02	0,12	3 - 11	14	05/09
59	5	0,01	0,07	1 - 5	5	05/09
60	5	0,2	0,1	2 - 20	20	1/12
61	3	0,32	0,16	2 - 6	20	05/09
62	7	0,64	0,32	1 - 8	9	05/09
63	2	0,03	0,13	1 - 4	1	05/09
64	5	0,02	0,12	1 - 8	20	05/09
65	2	0,02	0,08	3 - 7	20	14/07
66	5	0,03	0,17	5 - 9	20	14/07
67	5	0,03	0,15	1 - 16	20	05/09
68	8	0,07	0,52	1 - 16	20	21/18
69	8	0,02	0,12	1 - 16	17	21/18
70	5	0,01	0,07	1 - 5	5	21/18
71	5	0,02	0,1	1 - 7	20	21/18
72	3	0,64	0,32	2 - 6	20	21/18
73	2	0,03	0,13	1 - 4	1	21/18
74	5	0,02	0,12	1 - 8	20	21/13
75	2	0,02	0,08	3 - 8	20	29/17
76	5	0,03	0,17	5 - 9	20	29/17
77	5	0,03	0,15	1 - 16	20	21/18
78	5	0,72	0,36	2 - 5	31	03/15
79	3	0,22	0,11	1 - 4	14	05/14
80	15	0,72	0,36	2 - 5	12	03/15
81	7	0,96	0,48	2 - 8	56	06/21

1	2	3	4	5	6	7
82	5	0,6	0,3	2 - 8	1	06/21
83	7	0,02	0,12	8 - 16	7	07/11
84	13	0,64	0,32	5 - 25	24	3/15
85	10	0,56	0,28	2 - 10	25	3/15
86	2	0,30	0,15	2 - 12	47	10/34
87	5	0,5	0,25	2 - 6	20	18/33
88	8	0,02	0,08	2 - 6	13	18/33
89	4	0,44	0,22	1 - 4	11	05/14
90	13	0,02	0,09	1 - 4	6	05/14
91	5	0,28	0,14	1 - 5	13	13/15
92	9	0,01	0,06	1 - 5	12	13/15
93	4	0,03	0,15	5 - 12	6	10/34
94	4	0,02	0,08	1 - 3	1	10/34
95	4	0,03	0,15	1 - 3	1	30/32
96	6	0,12	0,6	3 - 20	15	10/34

KF:

01	7	0,1	0,67	5 - 18	40	03/15
02	6	0,09	0,66	2 - 15	200	10/34
03	7	0,07	0,5	2 - 18	40	10/34
04	3	-	0,15	6 - 12	40	10/34
05	5	0,16	0,08	10 - 40	40	3/15
06	6	0,08	0,55	2 - 15	40	10/34
07	9	0,84	0,42	5 - 12	40	03/15
08	9	0,4	0,2	5 - 12	40	03/15
09	12	0,02	0,01	8 - 20	100	18/33
10	2	0,46	0,23	3 - 15	40	10/34
11	2	0,03	0,13	2 - 15	40	10/34
12	7	0,06	0,13	10 - 22	40	28/34
13	7	0,06	0,13	10 - 22	40	28/34

1	2	3	4	5	6	7
14	6	0,03	0,24	1 - 10	40	04/38
15	3	0,3	0,15	1 - 6	40	04/38
16	6	0,03	0,24	1 - 10	40	05/23
17	3	0,3	0,15	2 - 15	40	5/23
18	6	0,03	0,24	1 - 6	40	05/08
19	3	0,3	0,15	2 - 20	40	5/8
20	4	0,03	0,24	2 - 20	40	21/17
21	3	0,1	0,15	2 - 7	40	21/17
22	6	0,5	0,25	6 - 10	40	05/14
23	4	0,36	0,18	40 - 100	200	10/34
24	3	-	0,09	2 - 20	40	18/33

Rd1.

01	2	0,18	0,71	5 - 18	15	10/34
02		0,2	0,79	10 - 21		10/34
03		0,07	0,29	5 - 8		10/34
04		0,07	0,29	5 - 9		10/34
05		0,07	0,29	8 - 10		10/34
06		0,07	0,29	10 - 15		10/34
07		0,04	0,16	6 - 10		10/34
08		0,04	0,16	6 - 12		10/34
09		0,04	0,16	5 - 15		10/34
10		0,02	0,1	2 - 6		03/16
11		0,02	0,1	4 - 11		10/34
12		0,04	0,13	8 - 18		03/16
13		0,06	0,23	6 - 10		03/16
14		0,06	0,23	4 - 6		03/16
15		0,06	0,23	3 - 7		03/16
16		0,06	0,23	10 - 18		03/16
17		0,02	0,08	3 - 5		04/38

1	2	3	4	5	6	7
18		0,02	0,08	3 - 5		05/23
19		0,02	0,08	3 - 5		05/08
20		-	0,08	3 - 8		21/17
21		0,02	0,09	1 - 4		05/14

2. WOJNA ELEKTRONICZNA PRZECIWNIKA JAKO ELEMENT AKTYWNEGO ODDZIAŁYWANIA NA SYSTEM ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI

2.1. Wojna elektroniczna według poglądów państw NATO i jej elementy

Współcześnie coraz powszechniej wdraża się środki radioelektroniczne jako składniki systemów dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki. Nasycenie pola walki środkami radioelektronicznymi spowodowało, że charakteryzuje się ono czwartym wymiarem "radioelektronicznym" ^{9/}. Rozwój teorii i praktyki zastosowania w walce środków radioelektronicznych dotyczy również prowadzenia walki radioelektronicznej. Ze względu na przyjęcie i powszechne stosowanie w armiach państw- członków Układu Warszawskiego terminu "walka radioelektroniczna" w dalszej części rozprawy określenie to będzie stosowane również w odniesieniu do przeciwnika. Zgodnie z przyjętymi w Układzie Warszawskim zasadami "... walka radioelektroniczna stanowi zespół przedsięwzięć i działań wojsk zmierzających do zdezorganizowania systemów dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki nieprzyjaciela oraz zapewnienia stabilnej pracy analogicznych systemów wojsk własnych. Obejmuje ona porażenie ogniowe /wyeliminowanie z działań/ punktów dowodzenia i obiektów radioelektronicznych, obezwładnianie radioelektroniczne, obronę radioelektroniczną oraz przeciwdziałanie technicznym środkom rozpoznania nieprzyjaciela" ^{10/}.

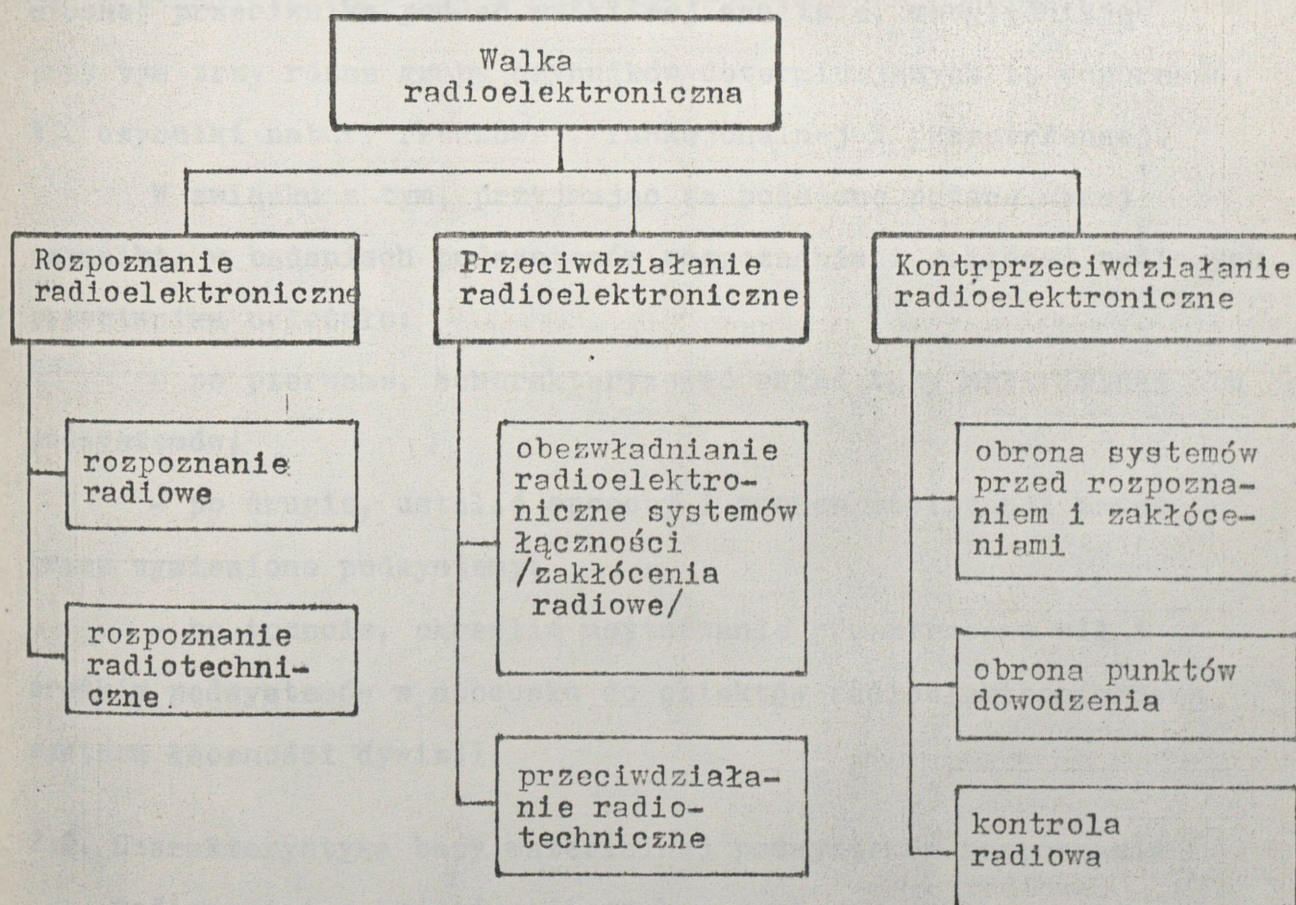
Nieco odmienny pogląd na współczesną walkę radioelektroniczną reprezentują teoretycy wojskowi państw NATO. Jakkolwiek proces obezwładniania radioelektronicznego rozpatrują oni w ścisłym

^{9/} Z. Broniarek "Zródła spirali zbrojeń", MON 1985 r.

^{10/} Zasady organizacji i prowadzenia walki radioelektronicznej przez Siły Zbrojne PRL, wyd. Szt.Gen., Warszawa 1985 r, s.5.

powiązaniu z porażeniem ogniowym, jednak nie wymieniają obezwładniania środkami rażenia jako części składowej walki radioelektronicznej. W NATO walka radioelektroniczna obejmuje następujące elementy^{11/}:

- rozpoznanie radioelektroniczne;
- przeciwdziałanie radioelektroniczne zwane w naszej literaturze obezwładnianiem radioelektronicznym;
- kontrprzeciwdziałanie radioelektroniczne - odpowiednik obrony radioelektronicznej.



Rys.6. Elementy walki radioelektronicznej^{12/}

11/ Efektywność i bojowe wyznaczniki środków i kompleksów wojennej łączności. Wyd. WAs Leningrad 1976, s.119.

12/ Tamże.

Analizując treść walki radioelektronicznej według poglądów armii NATO można stwierdzić, że system łączności naszej dywizji będzie obiektem oddziaływania dwóch jej elementów, a mianowicie: rozpoznania radiowego oraz obezwładniania radioelektronicznego systemów łączności /zwanego zakłócaniem radiowym/, będących w istocie podsystemami systemu walki radioelektronicznej.

Z przeprowadzonych w podrozdziale 1.1. badań wynika, że w celu określenia odporności systemu łączności dywizji przed zakłóceniami, należy wymienione wyżej elementy walki radioelektronicznej przeciwnika poddać wnikliwej analizie, uwzględniając przy tym trzy różne grupy czynników determinujących tę odporność, tj. czynniki natury rzeczowej, funkcjonalnej i przestrzennej.

W związku z tym, przyjmując za podstawę podane wyżej czynniki, w badaniach podsystemów rozpoznania i zakłóceń radiowych przeciwnika należało:

- po pierwsze, scharakteryzować skład bazy materialnej obu podsystemów;

- po drugie, ustalić sposoby i proces realizacji zadań przez wymienione podsystemy;

- po trzecie, określić usytuowanie przestrzenne sił i środków podsystemów w stosunku do obiektów radioelektronicznych systemu łączności dywizji.

2.2. Charakterystyka bazy materialnej podsystemów rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych

Bazę materialną podsystemów rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych przeciwnika stanowią siły i środki specjalistycznych pododdziałów, tj. pododdziałów walki radioelektronicznej /WRE/ oraz nadajniki zakłócające jednorazowego użytku /NZJU/.

Dążąc do oceny sił i środków rozpoznania i zakłóceń radiowych przeciwnika, których obiektem oddziaływania jest system łączności dywizji, należy uwzględnić zarówno znaczne różnice w strukturze armii państw NATO w zakresie: ilości i wyposażenia pododdziałów WRE, NZJU, jak również zasady ich użycia oraz obowiązujące normy taktyczno-operacyjne w rodzajach działań bojowych.

Według poglądów [30] teoretyków wojskowych armii państw NATO system łączności naszej dywizji będzie obiektem oddziaływania pododdziałów WRE wojsk lądowych szczebla operacyjno-taktycznego /korpusu armijnego i dywizji/. Przy czym obiektem oddziaływania dywizyjnych pododdziałów WRE będą z reguły nasze systemy radioelektroniczne szczebla taktycznego, natomiast pododdziały WRE korpusu armijnego będą oddziaływały na nasze systemy radioelektroniczne zarówno szczebla taktycznego /głównie w zakresie ultrakrótkofalowym/ jak i operacyjnego /zwłaszcza w zakresie fal krótkich/.

Powyższe poglądy wskazują na celowość przeprowadzenia badań i scharakteryzowania sił i środków rozpoznania i zakłóceń radiowych jedynie pododdziałów WRE szczebla operacyjno-taktycznego.

Armie państw NATO wg struktur organizacyjnych typu 86 dysponują następującymi pododdziałami WRE [23,30] :

1. Stany Zjednoczone:

- grupa walki radioelektronicznej /Gr.WRE/ - na szczeblu korpusu;
- kompania WRE /k WRE/ - w rozpoznawczym pułku pancernym;
- batalion rozpoznania i WRE /br i WRE/ CEWI oraz kompania śmigłowców WRE /kś WRE/ - na szczeblu dywizji.

2. Republika Federalna Niemiec:

- batalion WRE - na szczeblu korpusu;
- kompania WRE - na szczeblu dywizji.

3. Wielka Brytania:

- pułk WRE - działający na korzyść 1 i 2 KA.

4. Francja:

- batalion WRE - na szczeblu korpusu.

5. Dania - po jednej kompanii WRE w siłach lądowych Jutlandi i Zelandi.

6. Belgia i Holandia^{13/} po jednej kompanii WRE wojsk lądowych.

Ilość pododdziałów WRE szczebla operacyjno-taktycznego w armiach wymienionych państw NATO wskazuje, że największe możliwości oddziaływania na system łączności dywizji posiadają siły lądowe Stanów Zjednoczonych i Republiki Federalnej Niemiec. Organizacją sił i środków WRE w korpusach armijnych tych państw przedstawiają rysunki nr 7 i 8.) Badania dostępnych materiałów źródłowych [8,23,30] pozwoliły określić wyposażenie pododdziałów WRE KA Stanów Zjednoczonych w środki rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych oraz dokonanie charakterystyki ich podstawowych parametrów techniczno-taktycznych. Wyniki badań w tym zakresie przedstawiają tabele nr 14 i 15. W odniesieniu do armii pozostałych państw NATO fragmentaryczne dane w materiałach źródłowych uniemożliwiły określenie zarówno pełnego wyposażenia pododdziałów WRE jak i scharakteryzowanie ich środków. Ustalono jedynie ogólne dane o wyposażeniu pododdziałów WRE RFN - tabela nr 16.

Brak w dostępnych materiałach źródłowych pełnych danych charakteryzujących nadajniki zakłócające jednorazowego użytku /NZJU/

13/ W siłach lądowych Holandii w trzech dywizjach zmechanizowanych /1,4 i 5DZ/ w przyszłości zostaną utworzone kompanie WRE - płk doc.dr hab.H.Piekarski - Zagrożenie radioelektroniczne w operacji zaczepnej armii /frontu/ na północnym i centralnym kierunku strategicznym ZTDW, wyd.ASG WP, Warszawa 1983 r., s.20.

umożliwił przedstawienie jedynie ich ogólnej charakterystyki - tabela nr 17.

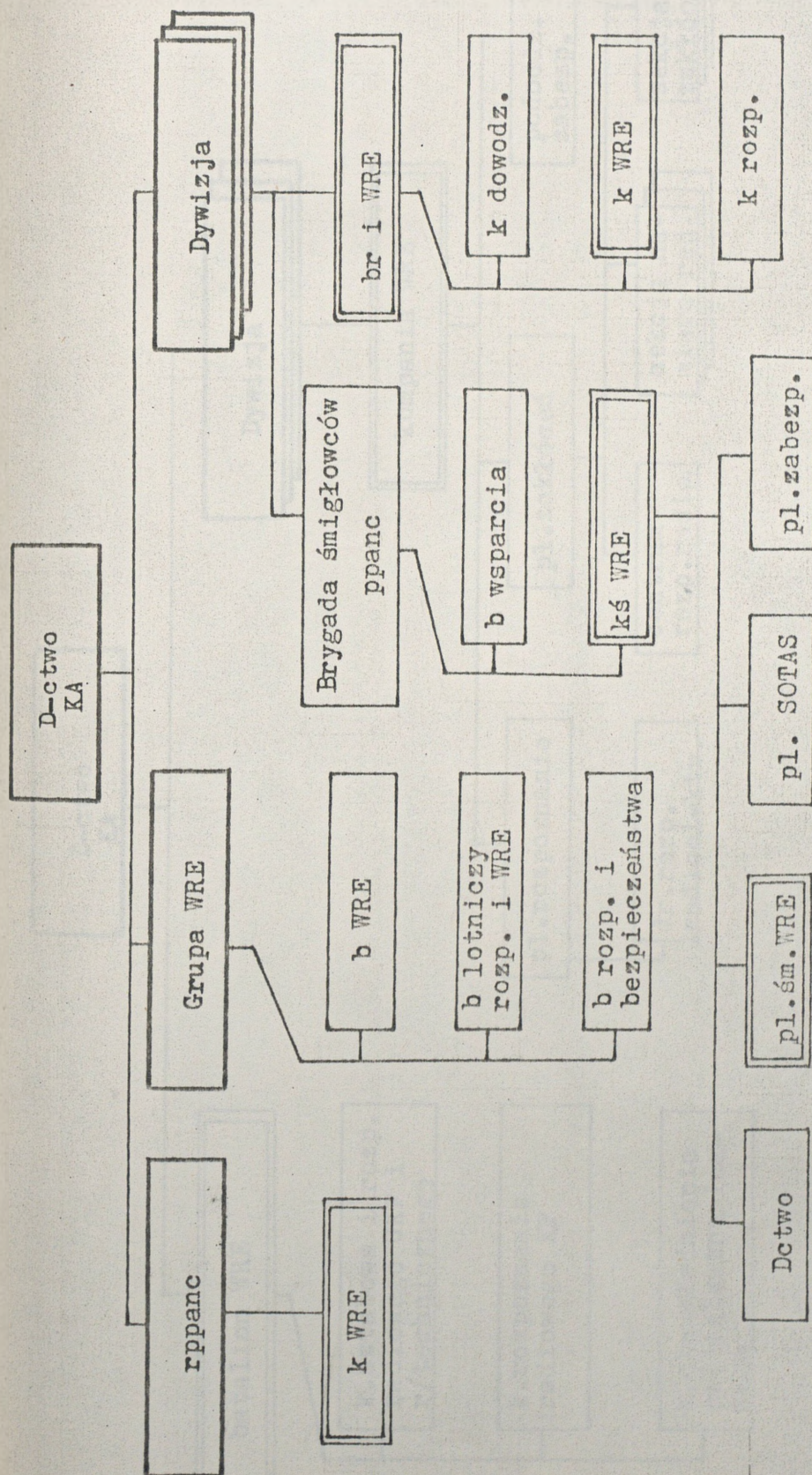
Przyjęcie do dalszych badań niepełnych danych o bazie materialnej potencjalnego przeciwnika utrudnia uzyskanie w miarę obiektywnego wyniku, to jest dokonanie pełnej oceny zagrożenia radioelektronicznego systemu łączności dywizji.

Z powyższych względów, w dalszych badaniach rozpatrywano jedynie pododdziały WRE korpusu armijnego Stanów Zjednoczonych, tym bardziej iż posiadają one największe ze wszystkich armii państw NATO możliwości oddziaływania na system łączności dywizji.

Przyjęcie powyższego założenia w badaniach jest uzasadnione z tego tytułu, że pozwala ono poddać analizie najbardziej niekorzystne uwarunkowania.

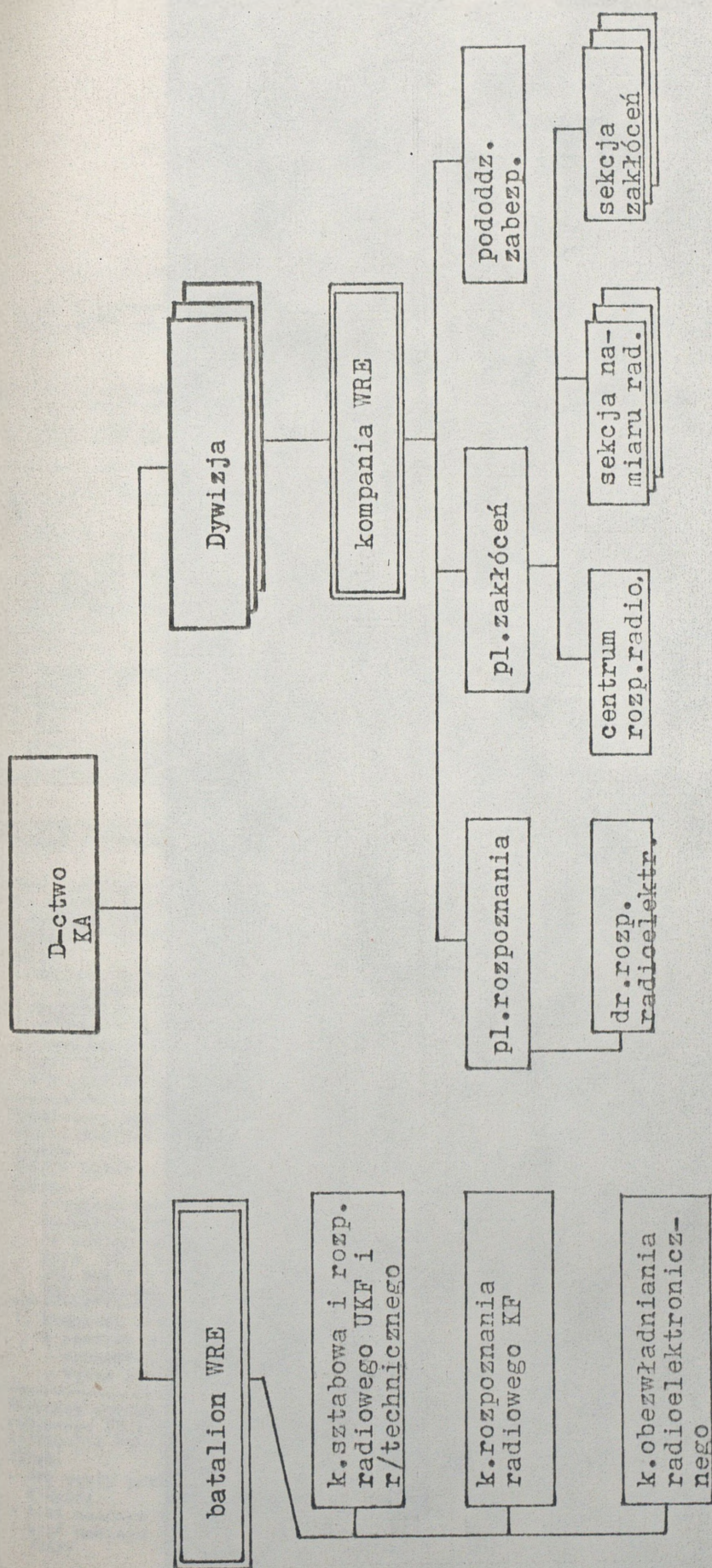
W zależności od rodzaju walki system łączności dywizji będzie obiektem oddziaływania określonej części potencjału walki radioelektronicznej korpusu armijnego przeciwnika. Z analizy norm taktyczno-operacyjnych oraz zasad prowadzenia walki [25, 28, 30] wynika, że w pasie natarcia naszej dywizji o szerokości 10-20 km może się bronić przeciwnik w sile od 1 do 15 brygad. Natomiast w pasie obrony naszej dywizji o szerokości 30-45 km może nacierać przeciwnik w sile do dwóch dywizji. Biorąc pod uwagę zasady użycia pododdziałów WRE przeciwnika należy stwierdzić, że system łączności dywizji w działaniach bojowych może być obiektem oddziaływania:

- w natarciu - od $1/3$ do $1/2$ sił i środków WRE dywizji oraz do $1/3$ sił i środków WRE korpusu armijnego;
- w obronie - całości sił i środków WRE dwóch dywizji i do $1/2$ sił i środków WRE korpusu armijnego.



Rys.7. Organizacja sił i środków WRE korpusu armijnego USA /wg struktury 86/ 14/.

14/ Siły i środki walki radioelektronicznej państw NATO. Zasady i sposoby wykorzystania ich w działaniach bojowych i operacyjnych. Studium taktyczno-operacyjne, wyd. ASG WP Warszawa 1985 r.



Rys.8. Organizacja sił i środków WRE korpusu armijnego RFN^{15/}.

Tabela 14

Wyposażenie i możliwości pododdziałów WRE KA USA
w zakresie rozpoznania radiowego

Lp.	Nazwa i oznaczenie zestawów /systemów/ oraz ich skład	Ilość posterunków	Zakres częstotl. /MHz/	Możliwości wykrywania namiaru /w ciągu 1 godz./	Inne dane
1	2	3	4	5	6
I. Grupa WRE KA					
1.	Naziemny system rozpoznania radiowego KF i UKF AN/TSQ-112 "TACELIS" Skład: - centrum dowodzenia i opracowania danych AN/TSQ-105; - mikrokomputer AN/UYK-7; - dwa węzły przechwyty i kierowania namierzaniem; - dwie sieci namiaru.	- 18 posterunków odbioru; - 8 posterunków namiaru	0,5-500 20-500	- 27-36 relacji KF; - 27-36 relacji UKF 200-240 rst. UKF	
2.	Naziemny system rozpoznania radiowego KF AN/TSQ-113 Skład: - węzeł przechwyty i kierowania namierzaniem; - sieć automatycznego namiaru.	- 8 posterunków odbioru - 3 posterunki automatycznego namiaru	0,5-30	24-32 relacje KF 100-120 rst. KF	
3.	Zestaw radionamierników SSL		0,5-30	- 300 rst. KF	czas namiaru 1 rst.około 1 sec.
4.	Samolotowy system rozpoznania radiowego UKF AN/ALQ-16 "GUARDRAIL-5" Skład: - naziemne centrum kierowania i opracowania danych /wspólnie z centrum systemu AN/TSQ-112/; - 6 samolotów RU-21H /na pokładzie każdego 6 odbiorników i namiernik radiowy/.	- 18 posterunków odbioru /dyżuruje 6 posterunków-2 samoloty/ - 6 posterunków namiaru /dyżurują dwa posterunki/	20-75; 100-150; 350-450; 20-75; 100- 50	36-40 relacji UKF 30-40 rst. UKF	1.Kierowanie systemem odbywa się z centrum systemu AN/TSQ-112 2.Czas namiaru rst.przez 1 samolot ok. 3 sec.
5.	Samolotowy system rozpoznania radioliniowego i troposferycznego "LEFOX GREY" Skład: 1. kompleks samolotowy - 12 samolotów RU-21, każdy z 14 odbiornikami na pokładzie /10 w zakresie 20-300 MHz i 4 w zakresie 300-5000 MHz/ 2. kompleks naziemny: - centrum kierowania i opracowania danych; - węzeł przechwyty	- 6 posterunków rozpoznania /ICA/	20-5000 20-100/ 250	24 kierunki radioliniowe -	
6.	Naziemny system rozpoznania radiowego KF i UKF AN/TSQ-114 "TRAILBLAZER" Skład: - dwa węzły przechwyty i dowodzenia; - sieć namiaru ręcznego /KF/; - sieć namiaru automatycznego /UKF/	- 4 posterunki odbioru KF i UKF - 6 posterunków namiaru	0,5-150 0,5-76	- 6-8 relacji KF; - 6-8 relacji UKF - 30-40 rst. KF; - do 360 rst. UKF	

1	2	3	4	5	6
7.	Naziemny zestaw rozpoznania radiowego KP i UKF AN/TRQ-30 Skład: - przenośne stacje rozpoznania	- 4 posterunki odbioru KP i UKF	0,5-150	12-16 relacji KP i UKF	
8.	Naziemny zestaw rozpoznania radiowego KP i UKF AN/TRQ-32 Skład: - przenośne stacje rozpoznania /w kontenerach/	- 4 posterunki odbioru KP i UKF - 4 posterunki namiaru	0,5-150	12-16 relacji KP i UKF 30-40 rst. KP i UKF	
II. k WRE rppano					
9.	Naziemny zestaw rozpoznania radiowego TRQ-30	- 3 posterunki odbioru KP i UKF	0,5-150	9-12 relacji KP i UKF	
10.	Naziemny zestaw rozpoznania radiowego KP i UKF AN/TRQ-32	- 3 posterunki odbioru KP i UKF - 3 posterunki namiaru	0,5-150	9-12 relacji KP i UKF 30-40 rst. KP i UKF	
III. br i WRE dywizji					
11.	Naziemny system rozpoznania radiowego KP i UKF AN/TSQ-114 "TRAILBLAZER" Skład: - dwa węzły przechwyty i dowodzenia; - sieć namiaru ręcznego /KP/; - sieć namiaru automatycznego /UKF/	4 posterunki odbioru KP i UKF	0,5-150	6-8 relacji KP i UKF	
		6 posterunków namiaru	0,5-76	- 30-40 rst.KP - do 360 rst.UKF	
12.	Naziemny zestaw rozpoznania radiowego KP i UKF AN/TRQ-32	- 3 posterunki odbioru KP i UKF - 3 posterunki namiaru	0,5-150	9-12 relacji KP i UKF 30-40 rst. KP i UKF	

Wyposażenie i możliwości pododdziałów WRE KA USA w zakresie zakłóceń radiowych

Lp.	Nazwa i oznaczenie systemu /zestawu/ Skład systemu /zestawu/	Ilość nadajników zakłóceń	Moc nadajnika KW	Zakres częstotl. MHz	Możliwości jednoczesnego zakłócenia	Inne dane
		3	4	5	6	7
I. Grupa WRE KA						
1.	Naziemny zestaw oberwiadniania radioelektronicznego łączności radiowej KF AN/TLQ-15 Skład stacji zakłóceń: - nadajnik zakłóceń; - odbiornik ze wskaźnikiem panoramicznym; - antena teleskopowa 18 m. Trzy naziemne zestawy oberwiadniania radioelektronicznego łączności radiowej UKF AN/WLQ-34 "TACJAM" Skład każdego zestawu: - trzy wydajniki zakłóceń 1/ - odbiornik AN/ULR-17 ze wskaźnikiem panoramicznym; - minikomputer.	3	2	1,5-20	3 relacje KF	
2.	Samolotowy system oberwiadniania radioelektronicznego łączności radiolinijowej i troposferycznej "CEPIRE TIGER" Skład - trzy samoloty wyposażone w odbiorniki rozpoznania i nadajniki zakłócające: - samolot pierwszy - nadajniki nr 1 i 2 - samolot drugi - nadajnik nr 3 - samolot trzeci - nadajnik nr 4	9	0,5 przy emisji ciągłej 4 w impulsie	20-180	9 relacji UKF	Kierowanie odbywa się z centrum dowodzenia systemu AN/TSQ-112
3.	Samolotowy system oberwiadniania radioelektronicznego łączności radiolinijowej i troposferycznej "CEPIRE TIGER" Skład - trzy samoloty wyposażone w odbiorniki rozpoznania i nadajniki zakłócające: - samolot pierwszy - nadajniki nr 1 i 2 - samolot drugi - nadajnik nr 3 - samolot trzeci - nadajnik nr 4	4	3-10	nr 1 - 60-115; nr 2 - 1500-2000; nr 3 - 115-480; nr 4 - 450-1500	4 kierunki radiolinijowe	współpracuje z systemem LEFOX GREY otrzymując dane rozpoznawcze w czasie rzeczywistym
4.	Smigłowiecowy zestaw oberwiadniania radioelektronicznego łączności radiowej KF i UKF "QUICK PIX" Skład: - dwa śmigłowce EE-60A, na pokładzie każdego: - podsystem zakłóceń AN/TLQ-27A 1/ - aparatura odbiorczo-namierzająca AN/ALQ-151	2	0,04-0,15	1,5-80	2 relacje KF lub UKF	współpracuje z systemem AN/TSQ-114 w zakresie otrzymywania danych rozpoznawczych
II. K WRE Ippanc						

1	2	3	4	5	6
5.	<p>Naziemny zestaw obserwacji radiotelegraficznej łączności radiowej KF i UKF AN/TLC-17A Skład: - nadajnik zakłócający 1/; - odbiornik ze wskaźnikiem panoramicznym</p>	1	<p>-0,6 przy emisji ciągłej; -2,5 w impulsie</p>	1,5 - 80	1 relacja KF lub UKF
6.	<p>Dwa naziemne zestawy obserwacji radiotelegraficznej łączności radiowej UKF AN/MLQ-54 "TACUAM" Skład każdego zestawu: - trzy nadajniki zakłócające 1/; - odbiornik AN/UJR-17 ze wskaźnikiem panoramicznym; - mikrokomputer</p>	6	<p>-0,5 przy emisji ciągłej - 4 w impulsie</p>	20- 180	6 relacji UKF
7.	<p>III. br 1 WRE dwiżki Trzy naziemne zestawy obserwacji radiotelegraficznej łączności radiowej KF i UKF AN/TLC-17A Skład zestawu: - nadajnik zakłócający 1/; - odbiornik ze wskaźnikiem panoramicznym</p>	3	<p>-0,6 przy emisji ciągłej -2,5 w impulsie</p>	1,5 - 80	3 relacje KF lub UKF
8.	<p>Trzy naziemne zestawy obserwacji radiotelegraficznej łączności radiowej UKF AN/MLQ-54 "TACUAM" Skład zestawu: - trzy nadajniki zakłócające 1/; - odbiornik AN/UJR-17 ze wskaźnikiem panoramicznym; - mikrokomputer</p>	9	<p>-0,5 przy emisji ciągłej -4 w impulsie</p>	20 - 180	9 relacji UKF
9.	<p>Cztery naziemne zestawy obserwacji radiotelegraficznej łączności radiowej dowodzenia i naprowadzenia lotnictwa AN/MLQ-55 Skład zestawu: - nadajnik zakłócający 1/; - mikrokomputer; - odbiornik z syntezą częstotliwości i automatycznym cyfrowym strojeniem</p>	4	4	100 - 450	16 relacji

10.	IV. <u>ks. WRE</u> <u>brwca</u> <u>sm.</u> <u>ppanc</u> Śmigłowcowy zestaw obezwładniania radio- elektronicznego łączności radiowej KF i UKF "QUICK PLX" Skład zestawu - trzy śmigłowce EH-60A, na pokładzie każdego: - podsystem zakłóceń AN/TLO-27A 1/; - aparatura odbiorczo-namierzająca AN/ALQ-151	3	0,04 - 0,15	1,5 - 80	3 relacje KP lub UKF	weryfikacja z syste- mem AN/TSQ-114 w zakresie otrzymywania danych rozpoznawczych
-----	--	---	-------------	----------	-------------------------	--

- Uwagi: 1/ Stacje zakłóceń systemów AN/TLO-17A, AN/TLO-27A, AN/TLO-34, AN/MLQ-53 posiadają możliwość zaprogramowania 256 częstotliwości podlegających zakłócaniu lub jako zastrzeżonych. W pierwszym przypadku istnieje możliwość określenia pierzytów poszczególnych częstotliwości. Komputery pokładowe wymienionych stacji zakłóceń sterują pracą odbiornika i nadajnika stacji umożliwiając: - przeskanie całego zakresu częstotliwości w czasie do 1 sec.; - przestrojenie nadajnika zakłóceń w czasie do 1 sec.
2. Zasadniczym rodzajem zakłóceń stacji wymienionych w tabeli są zakłócenia selektywne.

Tabela 16^{16/}

Wyposażenie pododdziałów WRE wojsk lądowych RFN
w środki rozpoznania i zakłóceń radiowych

Pododdział	Ilość stacji /posterunków/			Uwagi
	Odbioru KF i UKF	Namiaru KF i UKF	Zakłóceń KF UKF	
Batalion WRE korpusu armijnego	42	8	10 20	
Kompania WRE dywizji	20	3	6	

Tabela 17

Ogólna charakterystyka nadajników zakłócających
jednorazowego użytku

Lp.	Typ i przeznaczenie	Zakres częstotl. pracy /MHz/	Moc /W/	Środki przeno- szenia	Uwagi
1.	AN/PRT-1-zakłócenia szumowe w liniach radio- wych KF	1-7	4	samol.	czas pracy ok. 1 godz.
2.	AN/GTR-2-zakłócenia szumowe w liniach radiowych KF	1-7	5	samol.	czas pracy ok. 1 godz.
3.	T-1219-zakłócenia szumowe w liniach radiowych UKF oraz radioliniowych	30-250	10	samol.	
4.	AN/ALQ-112-zakłócenia szumowe w liniach radiowych UKF oraz radioliniowych	30-250			
5.	-zakłócenia szumowe w liniach radiowych UKF oraz radioliniowych	30-500		pocisk moźdz. 81mm	
6.	-zakłócenia szumowe w liniach radiowych UKF oraz radioliniowych	30-300	20	samol. bezpil- otowy	

16/ Siły i środki walki radioelektronicznej państw NATO. Zasady i
sposoby wykorzystania ich w działaniach bojowych i operacyjnych
Studium operacyjno-taktyczne, wyd. ASG WP, Warszawa 1985, s. 98.

Ujmując powyższe siły i środki w liczbach bezwzględnych w oparciu o ocenę danych zawartych w tabelach 14 i 15 można stwierdzić, że system łączności dywizji może być obiektem jednoczesnego oddziaływania:

a/ w natarciu:

- około 20 posterunków rozpoznania umożliwiających równoczesne rozpoznanie 90-120 linii łączności, w tym 40-55 linii w zakresie KF, 40-55 linii w zakresie UKF i około 10 linii łączności radioliniowej;

- 14 nadajników zakłóceń umożliwiających równoległe zakłócanie 14 bezprzewodowych linii łączności. W wymienionej liczbie znajduje się: 9 naziemnych nadajników zakłóceń łączności radiowej UKF, 3 naziemne nadajniki zakłóceń łączności radiowej KF/UKF, 1 nadajnik zakłóceń łączności radiowej KF/UKF, montowany w śmigłowcu oraz 1 nadajnik zakłóceń łączności radioliniowej.

b/ w obronie:

- około 40 posterunków rozpoznania umożliwiających równoczesne rozpoznanie 180-230 linii łączności, w tym 80-105 linii w zakresie KF, 85-110 linii w zakresie UKF oraz około 15 linii łączności radioliniowej;

- 43 nadajników zakłóceń umożliwiających równoczesne zakłócanie 43 bezprzewodowych linii łączności. W tej liczbie znajduje się: 9 naziemnych nadajników zakłóceń łączności radiowej KF, 27 naziemnych nadajników zakłóceń łączności radiowej UKF, 5 nadajników zakłóceń łączności radiowej KF/UKF montowanych na śmigłowcach i 2 nadajniki zakłóceń łączności radioliniowej.

Analiza i ocena literatury źródłowej [2,23,30] oraz danych przedstawionych w tabelach nr 14 i 15 pozwalają na następującą uogólnioną charakterystykę składu bazy materialnej pod-

systemów rozpoznania i zakłóceń radiowych przeciwnika:

1. Podsystem rozpoznania radiowego umożliwia równoczesne rozpoznanie znacznej ilości bezprzewodowych linii łączności organizowanych w systemie łączności dywizji. Ilość ta waha się od około 30 % tych linii podczas prowadzenia przez dywizję natarcia do około 80 % linii łączności dywizji w obronie;

2. Podsystem zakłóceń radiowych umożliwia jednoczesne zakłócanie od 14 bezprzewodowych linii łączności ^{dywizji} podczas prowadzenia przez nią natarcia, do 43 linii łączności dywizji w obronie. Odnosząc te wielkości do ilości linii łączności organizowanych w taktycznym ogniwie dowodzenia /dywizja-pułk-batalion/, stanowi to odpowiednio: od 10 % do 30 % linii organizowanych w podanym ogniwie dowodzenia.

3. Zakresy częstotliwości środków rozpoznania i zakłóceń przeciwnika pokrywają cały zakres częstotliwości wykorzystywanych w systemie łączności dywizji.

4. Rodzaje pracy środków rozpoznania i zakłóceń radiowych umożliwiają rozpoznanie i zakłócanie wszystkich rodzajów emisji wykorzystywanych przez bezprzewodowe urządzenia teletransmisyjne dywizji.

5. Sprzężenie posterunków rozpoznania w systemy, sterowanie w większości przez komputery /np. systemy AN/TSQ-112, AN/TSQ-113, AN/TSQ-114, AN/ALQ-16/ umożliwia przeszukiwanie w czasie do 1 sekundy całego pasma częstotliwości i rozróżnienie emisji własnych środków radioelektronicznych od przeciwnika, następnie /lub równolegle/ identyfikację wykrytych źródeł promieniowania energii elektromagnetycznej oraz określenie miejsca ich rozmieszczenia.

6. Sprzężenia informacyjne pomiędzy stacjami zakłóceń

i systemami rozpoznania /np. AN/MLQ-34 z AN/TSQ-112, QUICK FIX z AN/TSQ-114/ w tym też i sprzężenia zautomatyzowane /np. CEFIRE TIGER z LEFOX GREY/ umożliwiającą uzyskiwanie przez stacje zakłóceń danych rozpoznawczych w bardzo krótkim przedziale czasu /rzędu kilku sekund/, a nawet w czasie rzeczywistym.

7. Mikrokomputery stacji zakłóceń, sterujące pracą odbiornika panoramicznego i nadajnika zakłóceń zapewniają zautomatyzowane ich przestrajanie w czasie do 1 sekundy /np. AN/MLQ-34, AN/TLQ-17A, AN/TLQ-27A, AN/MLQ-33/. Umożliwia to efektywne dokonywanie manewru zakłóceniami. Ponadto obsługa stacji zakłóceń ma możliwość zarejestrowania w pamięci komputera do 256 częstotliwości jako zastrzeżonych lub podlegających zakłócaniu, z przyporządkowaniem priorytetów /dla częstotliwości podlegających zakłócaniu/. Stwarza to możliwość automatycznego podejmowania zakłóceń linii łączności, których częstotliwość pracy jest ujęta w pamięci komputera. W przypadku wystąpienia jednocześnie emisji na kilku z tych częstotliwości, zakłócana jest emisja wykorzystująca częstotliwość o najwyższym priorytecie.

Rozwiązania te skracają do minimum czas reakcji stacji zakłóceń na pracę w liniach łączności dywizji oraz umożliwiają zakłócanie jednym nadajnikiem kolejno kilku, a nawet kilkunastu bezprzewodowych linii łączności.

8. Naziemne stacje zakłóceń wykorzystują przeziemną propagację fal powierzchniowych lub typu ogólnego, natomiast stacje zakłóceń montowane na pokładach samolotów i śmigłowców wykorzystują przyziemną propagację fal przestrzennych.

2.3. Charakterystyka funkcjonalna podsystemów rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych

2.3.1. Zadania podsystemów i sposoby ich realizacji

Zadania podsystemów rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych wynikają z celu walki radioelektronicznej, którym według autorów studium operacyjno-taktycznego "Siły i środki walki radioelektronicznej państw NATO. Zasady i sposoby wykorzystania ich w działaniach bojowych i operacyjnych" - wyd. ASG WP 1985 r., jest " ... rozpoznanie i zwalczanie środków i systemów radioelektronicznych przeciwnika przy równoczesnym zapewnieniu niezakłóconej pracy własnych środków i systemów radioelektronicznych ... ". Można więc stwierdzić, że zadaniem podsystemu rozpoznania radiowego jest rozpoznanie środków i systemów łączności strony przeciwnej, zaś zadaniem podsystemu zakłóceń radiowych jest obezwładnianie radioelektroniczne tegoż systemu.

Rozpoznanie radiowe poprzez gromadzenie informacji o charakterze, kierunkach i intensywności wymiany wiadomości transmitowanych za pomocą technicznych bezprzewodowych środków łączności oraz odtwarzanie treści przechwyconych wiadomości, a następnie przez identyfikację poszczególnych linii łączności pozwala ustalić organizację systemu dowodzenia /w tym i systemu łączności/, skład i ugrupowanie bojowe wojsk oraz zamiar działań naszej dywizji. Realizację tego zadania osiąga się w wyniku prowadzenia: poszukiwania, przeczytywania, namierzania oraz analizy.

Poszukiwanie ma na celu wykrywanie pracy i określenie cech rozpoznawczych środka radioelektronicznego w wyniku ustalenia częstotliwości roboczej, rodzaju emisji, charakteru trans-

misji oraz charakterystycznych cech indywidualnych środka i pracy użytkowników łączności. Jest ono realizowane za pomocą urządzeń odbiorczych obsługiwanych przez ludzi, lub w najnowszych systemach, sterowanych przez mikrokomputery. Dane uzyskane w procesie poszukiwania, w tym indywidualne cechy charakterystyczne rozpoznanych emisji, gromadzone są w skomputeryzowanych bankach danych rozpoznawczych. Systematyczne gromadzenie i aktualizacja danych rozpoznawczych w znacznym stopniu wpływa na skrócenie czasu identyfikacji wykrytych źródeł promieniowania energii elektromagnetycznej oraz przyspiesza proces rozpoznania systemu łączności.

Poszukiwanie może być organizowane według częstotliwości /wykrycie pracy środków w określonym zakresie częstotliwości/ lub według cech rozpoznawczych /odszukanie środka radioelektronicznego, którego cechy rozpoznawcze są znane/.

Przechwytywanie polega na wykrywaniu istotnych danych zawartych w odebranych wiadomościach. Stosuje się je z reguły w stosunku do linii łączności, w których są przesyłane ważne wiadomości bez utajniania lub utajniane za pomocą środków o małej mocy kryptograficznej. Realizowane jest za pomocą urządzeń odbiorczych obsługiwanych przez zespoły ludzkie, wyposażone w urządzenia do utrwalania i dekryptażu wiadomości.

Namierzanie ma na celu ustalenie miejsca rozmieszczenia nadającego urządzenia radioelektronicznego. Jest ono realizowane za pomocą namierników naziemnych lub samolotowych /śmigłowcowych/. W pierwszym przypadku określenie współrzędnych kątowych rozpoznawanego środka dokonywane jest przez co najmniej dwa namierniki. W drugim zaś, określenie miejsca rozmieszczenia rozpoznawanego środka może być zrealizowane przez jeden pokładowy namiernik, dokonujący kolejno kilku namiarów w trakcie lotu.

Analiza informacji uzyskiwanych w procesach poszukiwania, przechwytywania i namierzania umożliwia pełną ocenę rozpoznawanego systemu łączności. Jej efekty są wykorzystywane w procesach podejmowania decyzji i kierowania działaniami wojsk, w tym też działalnością pododdziałów WRE. W odniesieniu do podsystemu zakłóceń radiowych, analiza stanowi podstawę do określenia:

- celowości zakłócania rozpoznanych bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych;
- ilości sił i środków potrzebnych do zorganizowania zakłóceń;
- optymalnych warunków pracy stacji zakłóceń.

Zakłócanie radiowe jest ukierunkowane na obezwładnienie lub utrudnienie wykorzystania przez stronę przeciwną bezprzewodowych technicznych środków łączności i jest realizowane poprzez emitowanie celowych zakłóceń. Według poglądów NATO zakłócanie radiowe jest traktowane jako ofensywna forma walki radioelektronicznej, która może powodować częściową lub pełną utratę możliwości dowodzenia wojskami.

Dywersja radiowa realizowana jest poprzez nadawanie fałszywych wiadomości w liniach łączności przeciwnika. Wprowadza ona w błąd organa dowodzenia, a ponadto powoduje wzrost obciążenia linii łączności, ogranicza ich rzeczywistą przepustowość. Ze względu na pewną trudność wykrycia dywersji radiowej jest ona traktowana przez specjalistów NATO jako skryte zakłócenia i w pewnych sytuacjach może okazać się bardziej efektywna od celowych zakłóceń radiowych.

W zależności od szerokości pasma częstotliwości emitowanego przez nadajniki, można wyróżnić następujące rodzaje zakłóceń: selektywne /wąskopasmowe/, zaporowe /szerokopasmowe/ oraz

przestrzajane w krótkich przedziałach czasowych zakłócenia selektywne.

Szerokość widma sygnałów zakłóceń selektywnych jest ogólnie równa szerokości widma sygnału użytecznego. W konsekwencji jeden nadajnik zakłóceń selektywnych w danym czasie dezorganizuje wymianę wiadomości w jednej bezprzewodowej linii łączności. Z zasady emisja selektywnego sygnału zakłócającego następuje z pewnym opóźnieniem w stosunku do czasu rozpoczęcia seansu w linii łączności. Wielkość tego opóźnienia /tzw. "czas reakcji"/ generalnie wyznaczany jest sumą czasów niezbędnych na realizację:

- poszukiwania, namierzania oraz analizy przez podsystem rozpoznania;
- przekazywania danych do ośrodka kierowania WRE i podjęcie decyzji do zakłócania;
- przekazania zadania stacji zakłóceń i rozpoczęcie przez nią emisji sygnału zakłócającego.

Zakończenie emisji zakłóceń selektywnych następuje z reguły z chwilą zakończenia seansu w linii łączności. Ten rodzaj zakłóceń stosowany jest z zasady przez stacje zakłóceń pododdziałów WRE.

Szerokość widma sygnału zakłóceń zaporowych jest znacznie większa od widma pojedynczego sygnału użytecznego. Na przykład szerokość pasma zaporowego sygnału zakłócającego 10 MHz, natomiast szerokość widma sygnału użytecznego przy emisji F3E osiąga wartość około 10 kHz. Oznacza to, że jeden nadajnik generujący sygnał zakłóceń zaporowych może obezwładniać znaczną ilość linii łączności. Ta pozytywna cecha zakłóceń zaporowych jest równocześnie ich wadą. O ile przy stosowaniu zakłóceń selektywnych moc nadajnika jest skupiona w wąskim paśmie gwarantującym względnie dużą gęstość

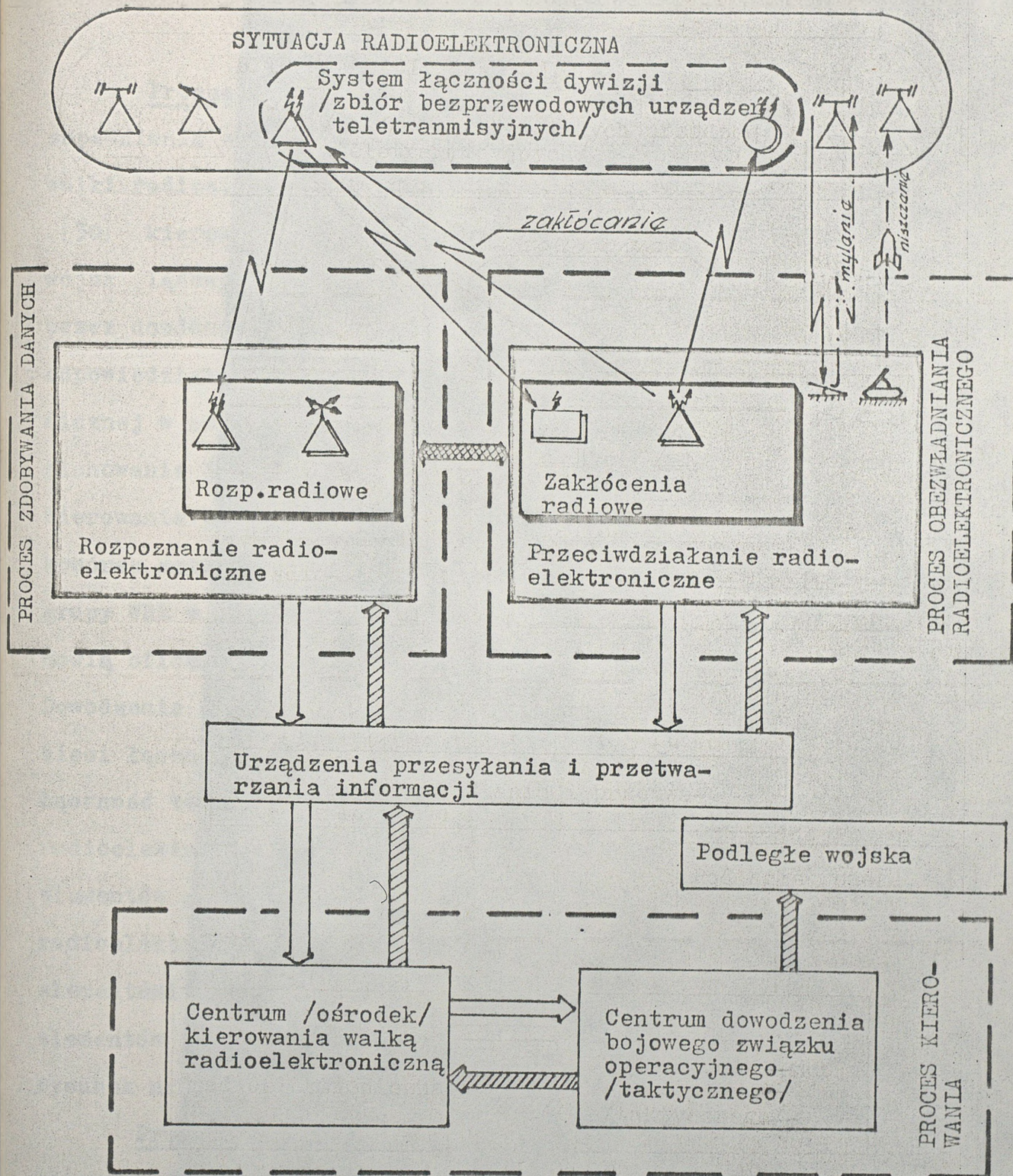
mocy /rzędu kilku kW/MHz/, o tyle przy stosowaniu zakłóceń zaporowych rozłożenie mocy w szerokim paśmie częstotliwości powoduje uzyskiwanie małych gęstości mocy /0,2-2 W/MHz/. Wpływa to bezpośrednio na wielkość zasięgu skutecznych zakłóceń. Ograniczony zasięg zakłóceń zaporowych powoduje, że będą one wykorzystywane z zasady w nadajnikach zakłócających jednorazowego użytku /NZJU/ przerywanych bezpośrednio w rejon rozmieszczenia obiektów zakłócanych /np. węzłów łączności/. Przerzucenie kilku-kilkunastu NZJU, generujących zakłócenia zaporowe w przedziałach częstotliwości wykorzystywanych przez urządzenia łączności strony przeciwnej może spowodować całkowite ich obezwładnienie /w rejonie zrzutu/. Rozpoczęcie emisji zakłóceń zaporowych i czasokres ich trwania są niezależne od występowania seansów w liniach łączności.

Istotą przestrzajanych w krótkich przedziałach czasowych zakłóceń selektywnych jest emitowanie przez nadajniki zakłóceń wąskopasmowych kolejno na kilku częstotliwościach przełączanych automatycznie w trybie natychmiastowym /np. stacja zakłóceń AN/GLQ-3A - czas przełączania 0,2 sekundy/.

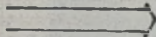
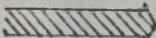

2.3.2. Proces realizacji zadań przez podsystemy rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych

Podsystemy rozpoznania i zakłóceń radiowych stanowią spójne składniki systemu walki radioelektronicznej. Dlatego też proces realizacji przez nie zadań uznano za celowe rozpatrzyć w ramach funkcjonowania systemu walki radioelektronicznej przeciwnika. Ideowy model funkcjonowania tego systemu przedstawia rysunek nr 9. W modelu tym można wyróżnić następujące procesy:

- kierowania;
- zdobywania danych;
- obezwładniania radioelektronicznego.



Legenda:

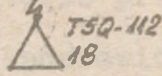
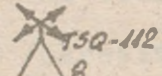








-  meldunki o sytuacji radioelektronicznej
-  kierowanie działaniami bojowymi
-  sprzężenie informacyjne podsystemów rozpoznania przeciwdziałania radioelektronicznego

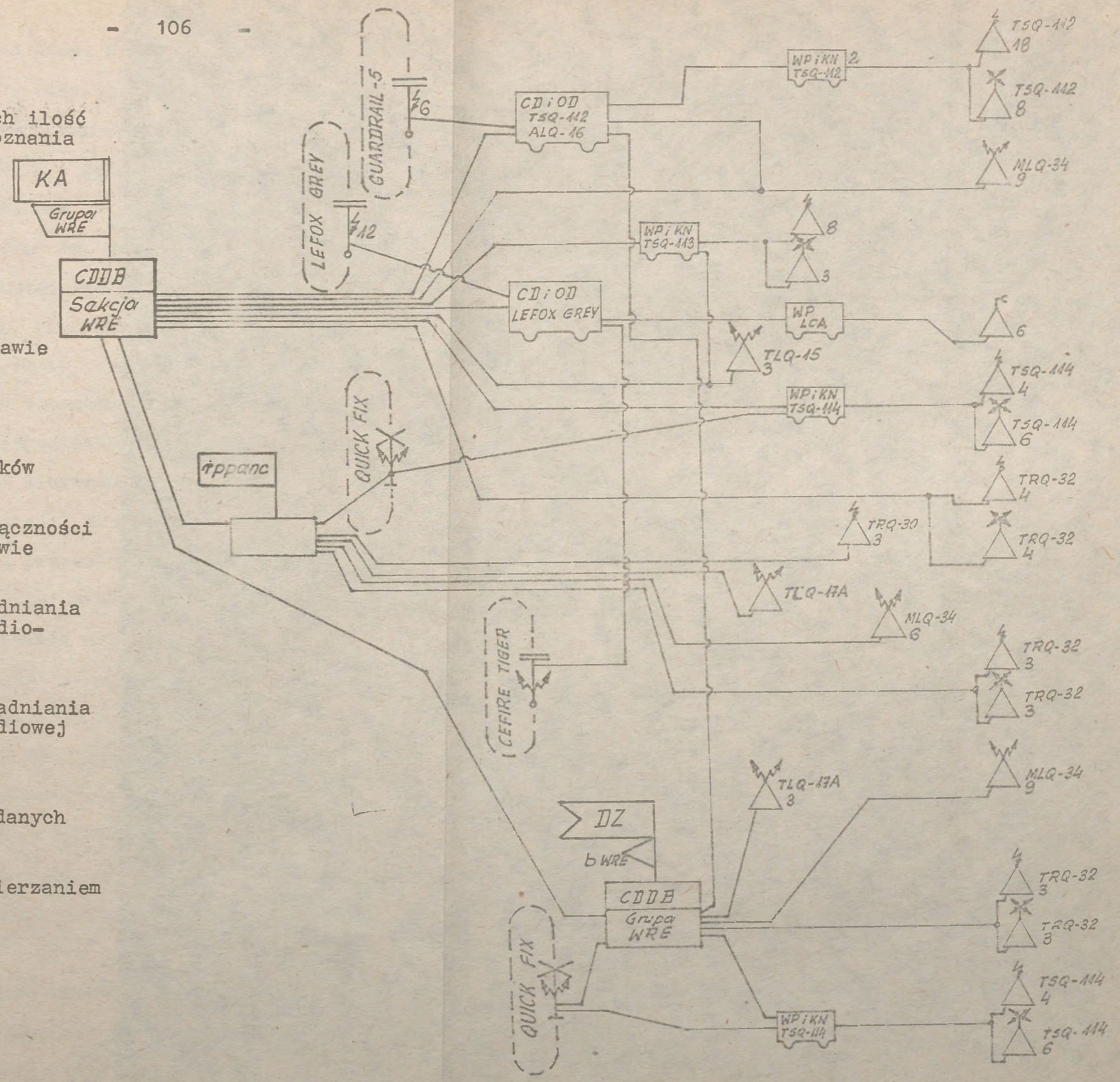
Rys.9. Ideowy model funkcjonowania systemu WRE

Proces kierowania działalnością bojową systemu ma na celu zapewnienie efektywnego wykorzystania możliwości sił i środków walki radioelektronicznej. Według poglądów teoretyków zachodnich [30] kierowanie walką radioelektroniczną w działaniach bojowych wojsk lądowych szczebla operacyjno-taktycznego jest realizowane przez dowódców związków operacyjnych i taktycznych. Ponoszą oni odpowiedzialność za organizację i prowadzenie walki radioelektronicznej w rejonie działań swoich związków oraz odpowiadają za planowanie jej przedsięwzięć i wykorzystanie pododdziałów WRE. Kierowanie pododdziałami WRE jest realizowane za pośrednictwem komórek sztabowych: sekcji WRE w sztabie korpusu armijnego oraz grupy WRE w sztabie dywizji. Obsadę personalną tych komórek stanowią oficerowie sztabu oraz oficerowie z pododdziałów WRE. Dowodzenie jednostkami WRE jest realizowane za pomocą wydzielonej sieci łączności radiowej oraz ogólnowojskowego systemu łączności. Łączność ta zapewnia obieg informacji pomiędzy kierującymi walką radioelektroniczną komórkami sztabów w relacjach do podległych mu elementów /rozpoznania radioelektronicznego i przeciwdziałania radioelektronicznego/, a także bezpośrednią wymianę danych pomiędzy elementami rozpoznania i przeciwdziałania. Sprzężenia informacyjne elementów podsystemów rozpoznania i zakłóceń radiowych przedstawia rysunek nr 10.

Proces zdobywania danych o środkach i systemach radioelektronicznych jest realizowany przede wszystkim przez elementy rozpoznania radioelektronicznego. Rozpoznanie środków i systemu łączności dywizji jest prowadzone przez podsystem rozpoznania radiowego oraz sporadycznie przez odbiorniki stacji zakłóceń. W operacyjno-taktycznych związkach sił lądowych Stanów Zjednoczonych zdobywanie danych o środkach i systemach łączności przeciwnika jest realizo-

Legenda:

-  - naziemne posterunki odbioru i ich ilość w danym zestawie /systemie/ rozpoznania
-  - naziemne posterunki namierzania i ich ilość w danym zestawie rozpoznania
-  - naziemne stacje zestawu obezwładniania radioelektronicznego łączności radiowej, oznaczenie zestawu i ilość nadajników w zestawie
-  - posterunki samolotowego zestawu rozpoznania łączności radiowej i radioliniowej oraz ilość posterunków pełniących dyżur
-  - naziemne posterunki rozpoznania łączności radioliniowej i ich ilość w zestawie
-  - samolotowe stacje zestawu obezwładniania radioelektronicznego łączności radioliniowej i ilość nadajników
-  - śmigłowcowe stacje zestawu obezwładniania radioelektronicznego łączności radiowej i ilość nadajników
-  - centrum dowodzenia i opracowania danych
-  - węzeł przechwyty i kierowania namierzaniem
-  - węzeł przechwyty



Rys.10. Sprzężenia informacyjne elementów podsystemów rozpoznania i zakłóceń radiowych



wane przez wyspecjalizowane zestawy rozpoznawcze /określone w literaturze przedmiotu również terminem - systemy rozpoznawcze/ - jak przedstawiono w tabeli nr 14. W ich skład wchodzi z reguły posterunki odbioru /realizujące poszukiwanie/, posterunki namierzenia /określające miejsce rozmieszczenia rozpoznawanego środka/, węzeł przechwytu i kierowania namierzaniem oraz centrum dowodzenia i opracowania danych. Wystąpienie emisji fal elektromagnetycznych w liniach systemu łączności naszej dywizji wykrywane jest za pomocą odbiorników na posterunkach odbioru, gdzie przechwycony sygnał jest poddawany wstępnej analizie. W zestawach rozpoznawczych dysponującymi automatycznymi sieciami namierzenia, określenie miejsca rozmieszczenia źródła promieniowania energii elektromagnetycznej odbywa się jednocześnie z chwilą wykrycia emisji. Wyniki wstępnej analizy z posterunków odbioru i namierzenia przekazywane są do węzłów przechwytu i kierowania namierzaniem, skąd po kolejnej obróbce dostarczane do centrum dowodzenia i opracowania danych. Opracowane dane rozpoznawcze przekazywane są do sekcji lub grupy WRE sztabu odpowiednio korpusu armijnego lub dywizji. Szereg czynności w procesie zdobywania danych realizowanych jest automatycznie z wykorzystaniem komputerów jak np. namiar źródła promieniowania w zautomatyzowanych sieciach namiaru, gromadzenie i aktualizacja indywidualnych cech charakterystycznych rozpoznanych źródeł energii elektromagnetycznej oraz ich identyfikacja przy kolejnym wykryciu emisji tych źródeł.

Uogólnione efekty procesu rozpoznania radiowego są wykorzystywane w sztabach związków zarówno podczas podejmowania decyzji jak i w toku kierowania działaniami bojowymi. Stanowią one między innymi podstawę do działań podsystemu zakłóceń radiowych. Należy podkreślić, że proces zdobywania danych o środkach i systemie łączności strony przeciwnej jako część składowa rozpoznania

w ogóle, dostarczając danych do podjęcia decyzji wyprzedza w czasie użycie wojsk, a w tym i aktywne działanie podsystemu zakłóceń radiowych.

Stąd też ogólną cechą charakteryzującą możliwości podsystemu rozpoznania radiowego jest średni czas rozpoznania systemu łączności strony przeciwnej, wyznaczany przez wielkość czasu niezbędną na rozpoznanie 80 % węzłów łączności tegoż systemu. Węzeł łączności uznaje się [8] za rozpoznany, gdy ustali się 80 % linii łączności organizowanych z tego węzła i określi się ^{jego} przynależność taktyczną. Wyniki prowadzonych badań pozwalają na stwierdzenie, że przeciwnik jest w stanie rozpoznać system łączności dywizji w ciągu 1,5 - 2 godzin^{17/}.

Proces obezwładniania radioelektronicznego jest jednym z najistotniejszych procesów funkcjonowania systemu walki radioelektronicznej. Poprzez dezorganizację systemu dowodzenia i kierowania środkami walki strony przeciwnej ma on zapewnić korzystne warunki do realizacji zadań przez wojska własne. Realizację tego procesu wg poglądów teoretyków zachodnich ma się osiągnąć poprzez mylenie radioelektroniczne, niszczenie i zakłócenia radiowe [30]. O ile stosowane przez przeciwnika mylenie i niszczenie^{18/} skierowane jest przede wszystkim przeciwko naszym systemom radioelektronicznym,

17/ Płk doc.dr hab. H.Piekarski - Zagrożenie radioelektroniczne w operacji zaczepnej armii /frontu/ na północnym i centralnym kierunku strategicznym ZTDW, wyd. ASG WP Warszawa 1983, s.48.

18/ Niszczenie, jako element obezwładniania radioelektronicznego, jest realizowane za pomocą pocisków samonaprowadzających się na źródło promieniowania elektromagnetycznego. Zakres częstotliwości głównie tych pocisków rzędu gigahertz /dolna granica zakresu 50 MHz - rakiet HARM/ oraz wysoki ich koszt jednostkowy wskazują na małe prawdopodobieństwo użycia tych środków przeciwko bezprzewodowym urządzeniom teletransmisyjnym dywizji.

to obiektem zakłóceń radiowych jest nasz system łączności. Proces zakłóceń radiowych realizowany jest za pomocą stacji zakłóceń pododdziałów WRE i nadajników zakłócających jednorazowego użytku.

Pododdziały WRE wojsk lądowych szczebla operacyjno-taktycznego Stanów Zjednoczonych zakłócenia radiowe realizują za pomocą wyspecjalizowanych naziemnych oraz samolotowych i śmigłowcowych zestawów obezwładniania radioelektronicznego łączności radiowej KF, UKF i radioliniowej - tabela nr 15. Zestawy te wyposażone są z reguły w jeden lub kilka nadajników zakłóceń, odbiornik ze wskaźnikiem panoramicznym, mikrokomputer. Zakłócanie linii systemu łączności strony przeciwnej zestawu obezwładnienia radioelektronicznego realizują według ustaleń przekazywanych przez sekcję lub grupę WRE sztabu, odpowiednio korpusu armijnego lub dywizji. Stopień sprecyzowania zadań do zakłócania może być zróżnicowany. Możliwości techniczno-taktyczne zestawów obezwładnienia radioelektronicznego oraz ich sprzężenie z elementami podsystemu rozpoznania radiowego umożliwiają realizację zakłóceń przy różnym stopniu uszczegółowienia zadań. Ponadto wielka różnorodność sytuacji bojowych, a w tym i różny stopień rozpoznania systemu łączności strony przeciwnej wskazują, że nie zawsze będzie możliwe stawianie zadań w pełni skonkretyzowanych. Dla wykazania możliwości podsystemu zakłóceń radiowych oraz jego elastyczności uznano za celowe, w oparciu o wnioskowanie dedukcyjne, przedstawienie następujących stopni precyzowania zadań dla zestawów obezwładniania radioelektronicznego:

- zadania pełne - zawierające wszystkie niezbędne dane do realizacji zakłóceń. Będą występowały w sytuacjach rozpoznania systemu łączności przeciwnika;

- zadania przedmiotowe jednostkowe - zawierające jedynie określenie obiektu zakłóceń /np. sieć radiowa szefa artylerii 20 DZ/ i ewentualnie ustalenie terminu ich realizacji. W tym przypadku pozostałe niezbędne do realizacji zakłóceń dane, a zwłaszcza częstotliwość pracy i rodzaj emisji zestaw obezwładniania ma możliwość otrzymania od podsystemu rozpoznania radiowego z chwilą ich ustalenia;

- zadania przedmiotowe rozszerzone - zawierające jedynie określenie większej ilości obiektów zakłóceń wraz z przyporządkowaniem im priorytetów. Dane niezbędne do realizacji zakłóceń /częstotliwość, rodzaj emisji/ zestaw obezwładniania otrzymuje od podsystemu rozpoznania radiowego w miarę ich ustalania. Istnieje możliwość wprowadzenia danych otrzymanych z podsystemu rozpoznania do pamięci mikrokomputera zestawu obezwładniania radioelektronicznego. Umożliwia to kontrolowanie sytuacji radioelektronicznej i wykrywanie pracy linii łączności ujętych w zadaniu za pomocą własnego odbiornika zestawu;

- zadania awaryjne - zawierające jedynie częstotliwości zastrzeżone do zakłócenia. Takie precyzowanie zadań może mieć miejsce w przypadku nierozpoznania systemu łączności strony przeciwnej gdy jednocześnie sytuacja bojowa wskazuje na konieczność podjęcia zakłóceń. W tym przypadku zestaw obezwładniania radioelektronicznego prowadzi zakłócenia według własnej decyzji.

Istotną cechą charakteryzującą podsystem zakłóceń radiowych obok jego możliwości ilościowych /przedstawionych w podrozdziale 2.2/ jest czas reakcji rozumiany jako średnia wartość przedziału czasu pomiędzy wystąpieniem seansu w linii łączności strony przeciwnej, a rozpoczęciem emisji sygnału zakłócającego ten seans. Analiza funkcjonowania podsystemów rozpoznania radiowego i zakłóceń

radiowych uwzględniająca wnioski z oceny ich bazy materialnej wskazuje, że czas reakcji może być zróżnicowany i wynosić:

- około 1-2 sekund dla zestawów obezwładniania radioelektronicznego typu AN/MLQ-34, AN/TLQ-17A, AN/TLQ-27A w sytuacjach rozpoznania systemu łączności i sterowania pracą stacji zakłóceń przez pokładowy komputer;

- od 7 do 15 sekund dla zestawów obezwładniania radioelektronicznego typu AN/MLQ-34, AN/TLQ-17A, AN/TLQ-27A, "CEFIRE TIGER" i do 25 sekund dla zestawu AN/TLQ-15 w sytuacjach rozpoznania systemu łączności strony przeciwnej i sterowania pracą stacji zakłóceń przez ośrodek kierowania WRE;

- od 30 sekund do 1 minuty dla wszystkich zestawów obezwładniania radioelektronicznego w przypadku gdy sytuacja radioelektroniczna jest nieznana, a zatem istnieje konieczność dokonania analizy i identyfikacji przechwyconego środka radioelektronicznego oraz postawienia zadania do zakłócania.

Proces realizacji zakłóceń linii systemu łączności strony przeciwnej za pomocą nadajników zakłócających jednorazowego użytku /NZJU/ wynika głównie z możliwości technicznych tych środków. Wyróżniające je cechy, to przede wszystkim możliwość ich przenoszenia w ugrupowanie przeciwnika, stosunkowo krótki czas emisji sygnału zakłócającego /od 20 minut do kilku godzin/ i mała moc nadajnika /do kilkudziesięciu watów/. Analiza i ocena tych cech oraz literatury przedmiotu pozwalają na stwierdzenie, że NZJU będą używane przeciwko zasadniczym obiektom radioelektronicznym systemu łączności strony przeciwnej tj. węzłom łączności, w sposób kompleksowy i w decydujących /z punktu widzenia ich użytkownika/ okresach walki.

2.4. Charakterystyka przestrzenna podsystemów rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych

Struktura przestrzenna obu podsystemów, czyli rozmieszczenie ich elementów w ugrupowaniu wojsk w głównej mierze zależy od takich czynników, jak:

- charakter przewidywanej walki;
- sytuacja operacyjno-taktyczna i wynikająca z niej sytuacja radioelektroniczna;
- warunki terenowe, a w tym zwłaszcza warunki propagacji fal elektromagnetycznych.

Zgodnie z obowiązującymi w armiach państw NATO [2,23,30] zasadami, elementy podsystemów rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych rozmieszcza się w ugrupowaniu korpusu armijnego /dywizji/ w następujący sposób:

Sekcja /grupa/ WRE rozmieszczona jest w ramach centrum dowodzenia działaniami bojowymi SD KA /DZ, DP, DPanc/;

Środki podsystemu rozpoznania radiowego rozmieszcza się równomiernie w pasie działania korpusu /dywizji/ w odległości od linii styczności wojsk, zapewniającej z jednej strony dostęp elektromagnetyczny do systemu łączności przeciwnika oraz z drugiej strony - odpowiednią głębokość rozpoznania. Ponieważ pododdziały WRE szczebla operacyjno-taktycznego prowadzą rozpoznanie radiowe na falach przyziemnych, dążność do zapewnienia właściwej głębokości rozpoznania spowodowała rozwijanie elementów podsystemu rozpoznania radiowego w stosunkowo małej odległości od linii styczności wojsk, i tak:

- naziemne posterunki odbioru i namierzania UKF rozwija się w odległości do 6 km;

- naziemne posterunki odbioru i namierzania KF w odległości do 15 km;

- posterunki rozpoznania radiowego montowane w samolotach i śmigłowcach prowadzą działalność w strefach położonych w odległości 15-30 km od linii styczności.

Srodki podsystemu zakłóceń radiowych rozmieszcza się w pasie działania korpusu /dywizji/ z uwzględnieniem zasady koncentracji głównego wysiłku zakłóceń na wybranych kierunkach, w miejscach zapewniających efektywne wykorzystanie możliwości sprzętu, dobre warunki kierowania oraz współdziałania zwłaszcza z elementami podsystemu rozpoznania radiowego. Srodki podsystemu zakłóceń radiowych systemu WRE korpusu armijnego rozmieszcza się w następujących odległościach od linii styczności wojsk:

- 4-6 km - naziemne stacje zakłóceń łączności radiowej UKF;
- 10-15 km - naziemne stacje zakłóceń łączności radiowej KF;
- 15-30 km - stacje zakłóceń łączności radiowej i radioliniowej montowane w samolotach i śmigłowcach,


Modele przestrzennego rozmieszczenia elementów podsystemu zakłóceń radiowych przeciwnika oddziaływujących na system łączności dywizji, wykorzystywane następnie w procesie badań, przedstawiają rysunki nr 11 i 12.


2.4. Wnioski i uogólnienia


Przeprowadzone badania systemów walki radioelektronicznej /zakłócania i rozpoznania radiowego/ przeciwnika stanowią podstawę do następujących uogólnień i wniosków opisujących te systemy w aspekcie ich oddziaływania na system łączności naszej dywizji:


1. Podmiotem aktywnego oddziaływania na system łączności dywizji są podsystemy zakłócania i rozpoznania radiowego, grupujące stacje zakłóceń i posterunki rozpoznania pododdziałów WRE korpusu

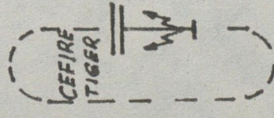
Legenda:

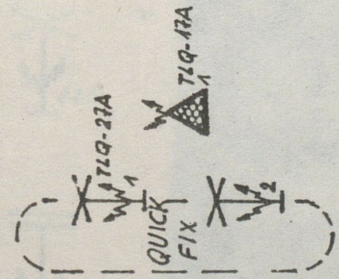
1-9  nazienne nadajniki zakłóceń łączności radiowej UKF i ich numery;

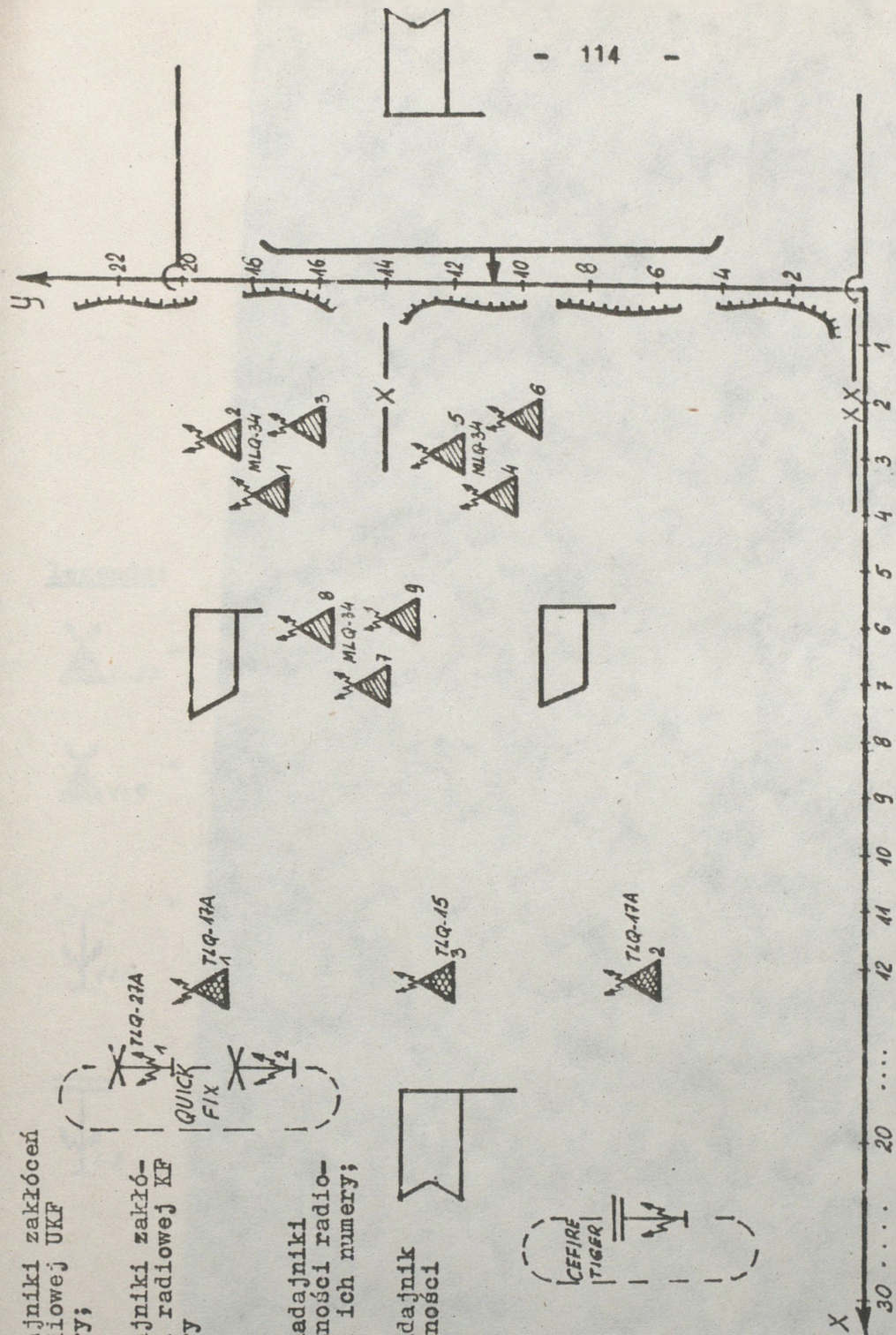
1-3  nazienne nadajniki zakłóceń łączności radiowej KF i ich numery

1-2  śmigłowcowe nadajniki zakłóceń łączności radiowej KF/UKF i ich numery;

1  samolotowy nadajnik zakłóceń łączności radiolinijowej










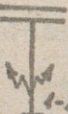
Rys.11. Przestrzenne rozmieszczenie nadajników zakłóceń pododdziałów WRE przeciwnika oddziaływujących na system łączności dywizji w natarciu

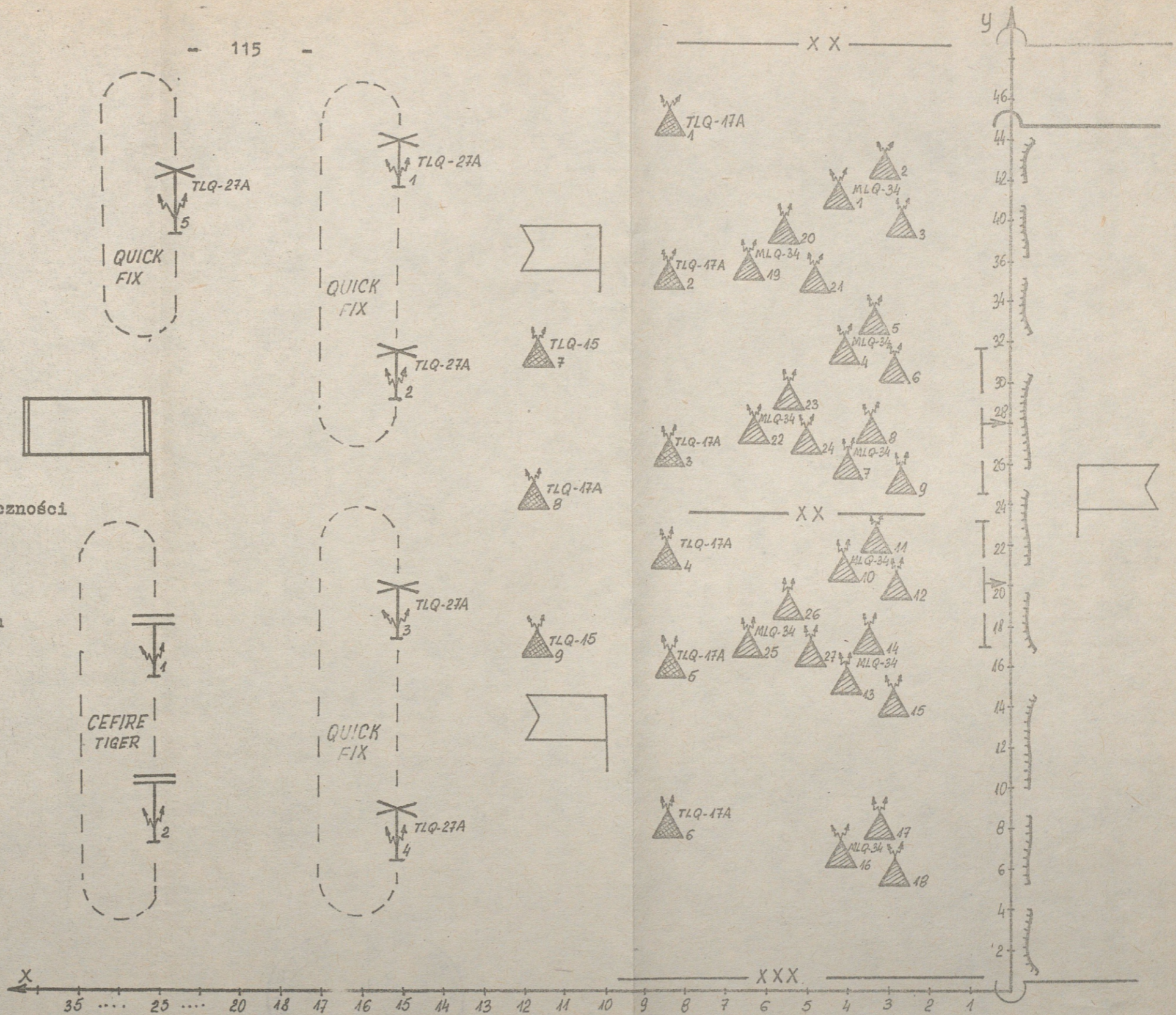
Legenda:

 - naziemne nadajniki zakłóceń łączności radiowej UKF i ich numery;

 - naziemne nadajniki zakłóceń łączności radiowej KF i ich numery;

 - śmigłowcowe nadajniki zakłóceń łączności radiowej KF/UKF i ich numery;

 - samolotowe nadajniki zakłóceń łączności radioliniowej i ich numery



Rys.12. Przestrzenne rozmieszczenie nadajników zakłóceń pododdziałów WRE przeciwnika oddziaływujących na system łączności dywizji w obronie



armijnego, rozpoznawczego pułku pancernego i dywizji przeciwnika oraz określony potencjał nadajników zakłócających jednorazowego użytku.

2. Podsystem zakłócania radiowego korpusu armijnego Stanów Zjednoczonych w składzie trzech dywizji przedstawia sobą zbiór około 90 nadajników zakłóceń. Z tego potencjału na system łączności dywizji może oddziaływać w działaniach obronnych przeciwnika około 14, a w działaniach zaczepnych do 42 nadajników.

3. Poszczególnym nadajnikom zakłóceń, z punktu widzenia efektywności ich funkcjonowania, można i należy przyporządkować następujące atrybuty: moc nadajnika, współrzędne rozmieszczenia w terenie, rodzaje wykorzystywanych propagacji fal elektromagnetycznych oraz czas ich reakcji będący swoistym odzwierciedleniem możliwości podsystemu rozpoznania radiowego.

4. Nadajniki zakłóceń radiowych można umownie podzielić na dwie grupy. Pierwszą grupę stanowiły będą stacje zakłóceń pododdziałów WRE stosujące z zasady zakłócenia selektywne, natomiast drugą nadajniki zakłócające jednorazowego użytku mogące prowadzić zakłócenia zaporowe lub selektywne.

5. Zbiór zarówno stacji zakłóceń pododdziałów WRE jak i nadajników zakłócających jednorazowego użytku w konwencji teorii masowej obsługi, w oparciu o którą został skonstruowany model badawczy, można traktować jako swoistego rodzaju aparaty obsługi. Przy czym obsługa seansów w systemie łączności naszej dywizji będzie się sprowadzała do podejmowania decyzji o zakłócaniu bądź nie zakłócaniu danego seansu. Podjęcie decyzji o zakłócaniu każdorazowo będzie uwarunkowane dostępnością /niezaangażowaniem/ w danej chwili conajmniej jednego nadajnika zakłóceń oraz spełnieniem dodatkowo warunków wynikających z pokrycia pasma częstotliwości, z czasu reakcji podsystemu zakłóceń i ze spełnienia zale-

żności energetycznych.

6. Ponieważ przyjęty w rozprawie model badania odporności systemu łączności dywizji oparty będzie na generowaniu konkretnych seansów w poszczególnych liniach łączności wraz z ich atrybutami, traktowanie w modelu zbiorów stacji zakłóceń jako aparatów obsługi pozwoli ocenić efektywność ich oddziaływania na badany system łączności, a tym samym istniała będzie możliwość dokonania w miarę adekwatnej oceny jego zagrożenia w przypadku stosowania aktywnych zakłóceń. W konsekwencji pozwoli to również na badanie różnych rozwiązań natury technicznej jak i organizacyjnej systemu łączności dywizji uodparniających go na oddziaływanie radioelektroniczne przeciwnika.

3. WYBRANE METODY OCENY ZAGROŻENIA RADIOELEKTRONICZNEGO SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI

Występujące obiektywnie zagrożenie zakłócenia pracy systemu łączności, a w konsekwencji realna możliwość dezorganizacji funkcjonowania systemu dowodzenia wojskami, spowodowały poszukiwanie i stosowanie przedsięwzięć uodporniających system łączności na oddziaływanie radioelektroniczne przeciwnika. Ażeby uodpornić system łączności na zakłócenia strony przeciwnej, proponować konkretne rozwiązania w tej dziedzinie, istnieje konieczność dysponowania rzetelną oceną jego zagrożenia. Dlatego też niezbędnym warunkiem podjęcia skutecznego przeciwdziałania zagrożeniu radioelektronicznemu jest dokładne jego poznanie. Dynamiczny rozwój środków łączności z jednej strony oraz środków obezwładniania radioelektronicznego z drugiej, pociąga za sobą konieczność rozwoju również i metod oceny występującego aktualnie zagrożenia radioelektronicznego.

Stosowane aktualnie w tej dziedzinie metody ze względu na wyróżniające je cechy można umownie podzielić na następujące grupy:

- metody ilościowe;
- metody graficzne;
- metody analityczne;

3.1. Metody ilościowe

Metody ilościowe w swej istocie za podstawę oceny zagrożenia radioelektronicznego systemu łączności przyjmują sumę środków rozpoznania radiowego i zakłóceń radiowych, które przeciwnik może użyć przeciwko danemu systemowi łączności.

Porównanie ilości środków rozpoznania i zakłóceń radiowych przeciwnika z ilością linii łączności organizowanych w systemie łączności wykazuje wielkość zagrożenia. Ocena ta wyrażana jest z reguły w formie procentu linii łączności, które przeciwnik może rozpoznać i zakłócić. Zasięg terytorialny oddziaływania radioelektronicznego określa się na podstawie instrukcyjnych wielkości głębokości rozpoznania i zakłóceń^{19/}. Istotę ilościowej metody ilustruje poniższy przykład:

Ocenić zagrożenie radioelektroniczne systemu łączności dywizji w natarciu, przyjmując za przeciwnika KA Stanów Zjednoczonych.

Rozwiązanie:

W pasie natarcia dywizji mogą się bronić siły od 1 do 1,5 brygady przeciwnika. Na ich korzyść może prowadzić działania około 1/2 sił i środków WRE dywizji i do 1/3 sił i środków WRE korpusu. Zagrożenie radioelektroniczne systemu łączności dywizji wyraża się sumą możliwości wymienionych sił i środków WRE, i tak:

a/ ocena możliwości podsystemu rozpoznania radiowego:

Ilość rozpoznanych linii łączności = 1/3 możliwości grupy WRE + 1/3 możliwości kompanii WRE rppanc + 1/2 możliwości br i WRE dywizji = 20 posterunków rozpoznania mogących rozpo-

19/ Głębokość rozpoznania wynosi [23] :

- linii łączności KF na falach jonosferycznych 600-2000 km, i więcej, a na falach przyziemnych - w dzień na głębokość do 120 km i więcej oraz w nocy do 50 km;
 - linii łączności UKF i radioliniowych na głębokość do 50 km.
- Powyższe głębokości rozpoznania zwiększają się przy prowadzeniu rozpoznania za pomocą środków montowanych na samolotach do wielkości: ponad 2000 km dla linii KF i do 500 km dla linii UKF.
- Głębokość skutecznych zakłóceń radiowych wynosi [23] :
- dla naziemnych stacji zakłóceń - 50-80 km w zakresie KF na falach przyziemnych i do 30 km w zakresie UKF;
 - dla stacji zakłóceń zamontowanych w samolotach i śmigłowcach - 200-400 km w zakresie KF na falach przyziemnych i 50-200 km w zakresie UKF.

znać jednocześnie: /patrz pkt.2.2. niniejszej rozprawy/

- 40-55 linii łączności radiowej KF;
- 45-55 linii łączności radiowej UKF;
- do 10 linii radioliniowych.

b/ ocena możliwości podsystemu zakłóceń radiowych:

Ilość zakłócanych linii łączności = ilości nadajników zakłóceń, tj. 14 nadajników /pkt 2.2./ w tym:

- 9 naziemnych nadajników zakłóceń łączności radiowej UKF;
- 3 naziemne nadajniki zakłóceń łączności radiowej KF/UKF;
- 1 powietrzny nadajnik zakłóceń łączności radiowej KF/UKF;
- 1 powietrzny nadajnik zakłóceń łączności radioliniowej.

c/ ilość linii w systemie łączności:

- około 300 sieci i kierunków radiowych, w tym w taktycznym ogniwie dowodzenia około 120 linii łączności radiowej;
- do 20 kierunków radioliniowych.

Wniosek:

Przeciwnik jest w stanie rozpoznać w ciągu 1 godziny prawie 100 % bezprzewodowych linii łączności organizowanych w taktycznym ogniwie dowodzenia oraz obezwładnić zakłóceniami w sposób ciągły 13 lub okresowo 26 linii łączności radiowej oraz od 1 do 2 linii łączności radioliniowej. Stanowi to odpowiednio 4 % lub 8 % wszystkich linii radiowych i około 5 % - 10 % linii radioliniowych dywizji. W odniesieniu do najważniejszych linii łączności radiowej [17], których w dywizji jest około 70, stanowi to odpowiednio 18 % lub 37 %, a w stosunku do najważniejszych linii łączności radioliniowej /8 kierunków/ 12 % - 25 %.

Przedstawiona powyżej, powszechnie stosowana [12,18] metoda ilościowa oceny zagrożenia radioelektronicznego pozwala ustalić jedynie w sposób ogólnikowy wielkość zagrożenia. Przy czym zarówno system WRE przeciwnika, jak i system łączności dywizji rozpatrywany jest statycznie. Stąd też metoda ta obarczona jest dwoma zasadniczymi błędami, a mianowicie:

1. Upraszcza problem skuteczności zakłóceń, przyjmując instrukcyjne wartości głębokości zakłóceń. Istota uproszczenia tkwi w przyjęciu średniej wartości przewidywanego stosunku natężeń pól elektrycznych sygnałów zakłócającego i użytecznego $\frac{E_z}{E_s}$, oraz w zbyt powierzchownym uwzględnieniu czynników określających rzeczywistą wartość tego stosunku decydującego o skuteczności zakłóceń. Obniża to wiarygodność oceny, ilustruje to następujący przykład.

Linia łączności dowódcy dywizji znajdującego się na WSD z dowódcą pierwszorzutowego pułku /długość linii - $d_g \approx 3$ km/ pomimo znajdowania się w strefie skutecznych zakłóceń /1-3 km od linii styczności wojsk/ będzie odporna na zakłócenia o ile zostanie zorganizowana za pomocą radiostacji R-130 z wykorzystaniem emisji jednowstęgowej, nawet przy zastosowaniu przez przeciwnika stacji zakłóceń AN/TLQ-15 o mocy 2000 W rozmieszczonej w odległości 8-12 km od linii styczności wojsk /odległość zakłóceń - $d_z \approx 10$ km/. Wynika to z rzeczywistej wartości współczynnika skuteczności zakłóceń, który dla podanych warunków według zależności 6 /pkt 1.1/ wynosi:

$$K_z \text{ rzecz.} = \sqrt{\frac{2000}{40}} \cdot \left(\frac{3}{10}\right)^2 \approx 0,64$$

Ponieważ wymagana wartość współczynnika K_z /dla uzyskania skutecznych zakłóceń/ dla emisji jednowstęgowych wynosi 4-5

można stwierdzić, że wymieniona linia łączności jest odporna na zakłócenia $/K_z$ rzecz. $\ll K_z$ wymagane $/$.

2. Nie uwzględnia dużych możliwości dokonywania manewru zakłóceniami przez przeciwnika oraz uwarunkowań dynamicznych naszych systemów łączności, w tym głównie zróżnicowanej intensywności ruchu. Porównując podsystem zakłóceń radiowych przeciwnika z zróżnicowaną intensywnością ruchu w systemie łączności, generalnie w toku walki mogą wystąpić dwie grupy sytuacji radioelektronicznych, a mianowicie:

- ilość pracujących w danym czasie linii łączności $/N_1/$ jest równa lub mniejsza ilości nadajników zakłóceń $/N_z/$, które przeciwnik może użyć $/N_1 \leq N_z/$;

- ilość pracujących linii łączności jest większa od ilości nadajników zakłóceń $/N_1 > N_z/$.

W pierwszej grupie sytuacji radioelektronicznych $/N_1 \leq N_z/$ przeciwnik jest w stanie /przy spełnieniu warunku energetycznego i czasie reakcji mniejszym od czasu trwania seansu łączności/ zakłócić jednocześnie wszystkie pracujące linie łączności.

Efektywność podsystemu zakłóceń, rozumiana jako stosunek ilości linii łączności skutecznie zakłócanych do wszystkich linii pracujących w danym przedziale czasu, będzie równa jedności.

W drugiej grupie sytuacji radioelektronicznych $/N_1 > N_z/$ efektywność podsystemu zakłóceń będzie zawsze mniejsza od jedności. Wystąpią więc w systemie pracujące linie łączności niezakłócone ze względu na zajętość podsystemu zakłóceń /brak w danym czasie wolnych nadajników zakłóceń do "obsłużenia" pracujących linii łączności/.

Tak więc w sytuacjach małego natężenia ruchu w systemie

łączności, jeden nadajnik zakłóceń jest w stanie dezorganizować pracę nie 1-2 linii łączności /takie przeliczenia obowiązują w metodzie ilościowej/ lecz znacznie większej ich liczby.

Wykazane wady ilościowej metody oceny zagrożenia radioelektronicznego wskazują nie tylko na ^{jej} małą wiarygodność lecz również czynią ją mało przydatną w aspekcie wypracowania przedsięwzięć uodporniających system łączności przed zakłóceniami.

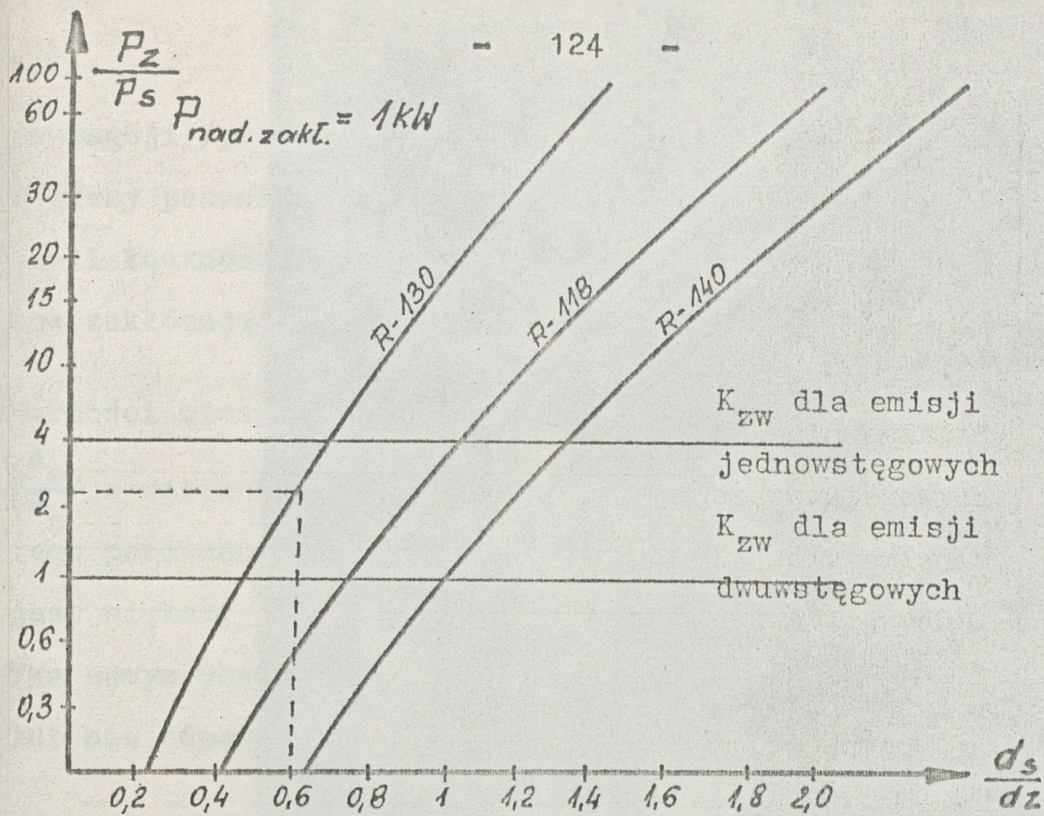
Z analizy, zarówno samej metody jak i uzyskiwanych przy jej pomocy wyników, można sformułować dwa podstawowe wnioski zmierzające do uwiarygodnienia otrzymywanej oceny zagrożenia, a mianowicie:

- uwzględnianie w metodach wszystkich czynników wpływających na wartość stosunku sygnałów $\frac{E_z}{E_s}$, czyli uwzględnianie pełnych uwarunkowań energetycznych;

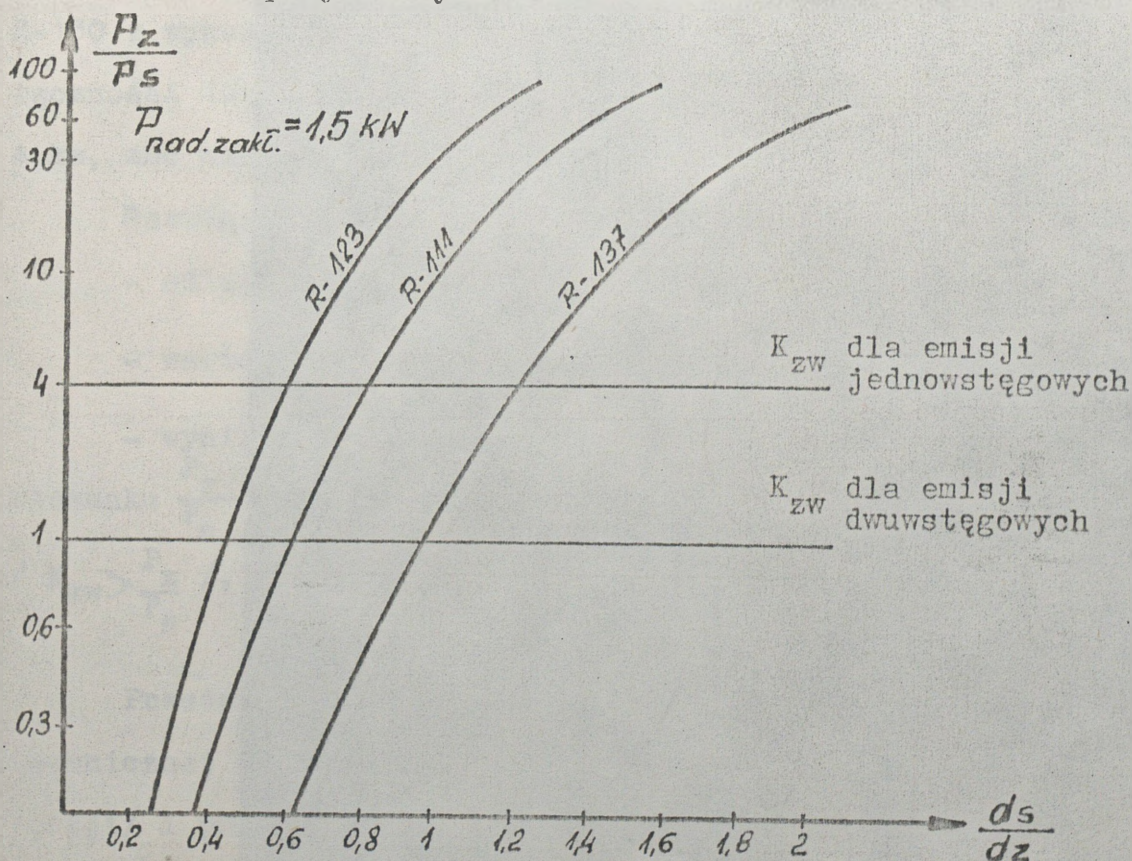
- rozpatrywanie możliwości podsystemu zakłóceń przeciwnika w ścisłym powiązaniu z natężeniem ruchu w systemie łączności. Uwzględnienie powyższych wniosków w metodzie ilościowej ze względu na jej charakter jest niemożliwe.

3.2. Metody graficzne

Metody graficzne umożliwiają ocenę odporności linii łączności na zakłócenia poprzez wykorzystanie nomogramów, wykresów itp. Metoda przedstawiona w wydawnictwie Wojskowej Akademii Łączności Związku Radzieckiego "Effiektiwnost i bojewyje wozmożnosti sredst i kompleksow wojennoj swiazi" umożliwia przybliżoną /z prawdopodobieństwem 0,5/ ocenę odporności linii łączności na zakłócenia. Przeprowadza się ją na podstawie wykresów sporządzonych dla zasadniczych środków radiowych i określonych mocy nadajników zakłóceń oraz rodzajów



Rys.13. Zależności stosunku $\frac{P_z}{P_s}$ od $\frac{ds}{dz}$ dla propagacji przyziemnych w zakresie KF



Rys.14. Zależność stosunku $\frac{P_z}{P_s}$ od $\frac{ds}{dz}$ dla zakresu UKF

propagacji /przykładowe wykresy przedstawiają rys. nr 13 i 14/. Wykresy pozwalają ocenić energetyczne możliwości zakłócania linii łączności poprzez porównanie wartości stosunku mocy sygnałów zakłócającego i użytecznego $\frac{P_z}{P_s}$ odpowiadającego konkretnej wartości stosunku długości linii łączności i odległości zakłóceń $\frac{d_s}{d_z}$ z wielkością wymaganą współczynnika zakłóceń $/K_{zw}/$. W wyniku tego porównania możliwe jest stwierdzenie, czy stosunek mocy jest większy lub mniejszy od wymaganego współczynnika zakłóceń. Tym samym można ocenić linię łączności jak odporną $/K_{zw} > \frac{P_z}{P_s} /$ lub nie odporną $/K_{zw} \leq \frac{P_z}{P_s} /$ na zakłócenia.

Przykład:

Ocenić odporność na zakłócenia linii łączności sztabu dywizji ze sztabem pułku zorganizowanej za pomocą radiostacji R-130 z wykorzystaniem emisji jednowstęgowej. Długość linii łączności 10 km, odległość SD pułku od linii styczności wojsk - 4 km, moc nadajnika zakłóceń 1 KW.

Rozwiązanie:

- odległość zakłóceń $d_z = 4 \text{ km} + 12 \text{ km} = 16 \text{ km}$
- wartość stosunku $\frac{d_s}{d_z} = \frac{10 \text{ km}}{16 \text{ km}} \approx 0,6$
- wynikająca z wykresu nr 13 /linia przerywana/ wartość stosunku $\frac{P_z}{P_s}$ na wejściu odbiornika jest mniejsza od wymaganej $/K_{zw} > \frac{P_z}{P_s} /$, stąd też linia łączności jest odporna na zakłócenia.

Przedstawiona metoda uwzględnia w ocenie czynniki natury technicznej /moc nadajnika zakłóceń i radiostacji, rodzaje emisji/ i przestrzennej / długość linii łączności i odległość zakłóceń/ wpływające w sposób istotny na odporność linii

łączości na zakłócania. Uniemożliwia jednak ocenę potencjału podsystemu zakłóceń przeciwnika jak i uwzględnienie dynamiki ruchu w systemie łączności. Stąd też może być ona wykorzystywana do określania prawdopodobieństwa odporności na zakłócenia radioelektroniczne jedynie poszczególnych linii łączności.

A więc uwzględnia tylko jeden z dwóch podstawowych poprzednio sformułowanych wniosków, a mianowicie uwzględnia uwarunkowania energetyczne. Natomiast nadal pomijane są sprawy związane z dynamiką ruchu występującego w systemie łączności.

3.3. Metody analityczne

Na podstawie badań dostępnej literatury przedmiotu [8, 12, 16, 18, 21, 32] w ramach metod analitycznych można wyróżnić dwa kierunki. Pierwszy sprowadza się w zasadzie do ustalenia prawdopodobieństwa odporności na zakłócania konkretnych linii łączności. Oparty jest na wykorzystaniu zależności matematycznych /patrz zależność 6, 7, 8 pkt 1.1 rozprawy/, pozwalających określić stosunek natężeń pól lub mocy sygnałów zakłócającego i użytecznego na wejściu odbiornika.

Drugi natomiast sprowadza się do obliczania niezawodności systemu łączności w warunkach występowania celowych zakłóceń radioelektronicznych. Przy czym niezawodność systemu w tych warunkach określa się poprzez wcześniejsze sprecyzowanie [18]:

- prawdopodobieństwa zakłócenia linii łączności pod względem spełnienia uwarunkowań energetycznych $/P_{ze}/$;

- prawdopodobieństwa wystąpienia przerw w łączności będących następstwem skutecznego zakłócenia danej linii łączności $/P_p/$;

- średniego czasu trwania przerw w łączności $/t_p/$.

Prawdopodobieństwo zakłócenia P_{ze} konkretnej linii łączności ustala się za pomocą omówionych metod graficznych lub wykorzystując zależności matematyczne /patrz zależność 6,7,8 pkt 1.1/.

Prawdopodobieństwo wystąpienia przerw P_p określa się na podstawie zależności:

$$P_p = \begin{cases} \frac{t_{rs}}{t_{rs} + |t_{rz} - t_n|} & \text{dla } t_{rz} > t_n \\ 1 & \text{dla } t_{rz} \leq t_n \end{cases} \quad /9/$$

zaś średni czas trwania tych przerw:

$$t_p = \begin{cases} t_{rs} & \text{dla } t_{rz} > t_n \\ \infty & \text{dla } t_{rz} \leq t_n \end{cases} \quad /10/$$

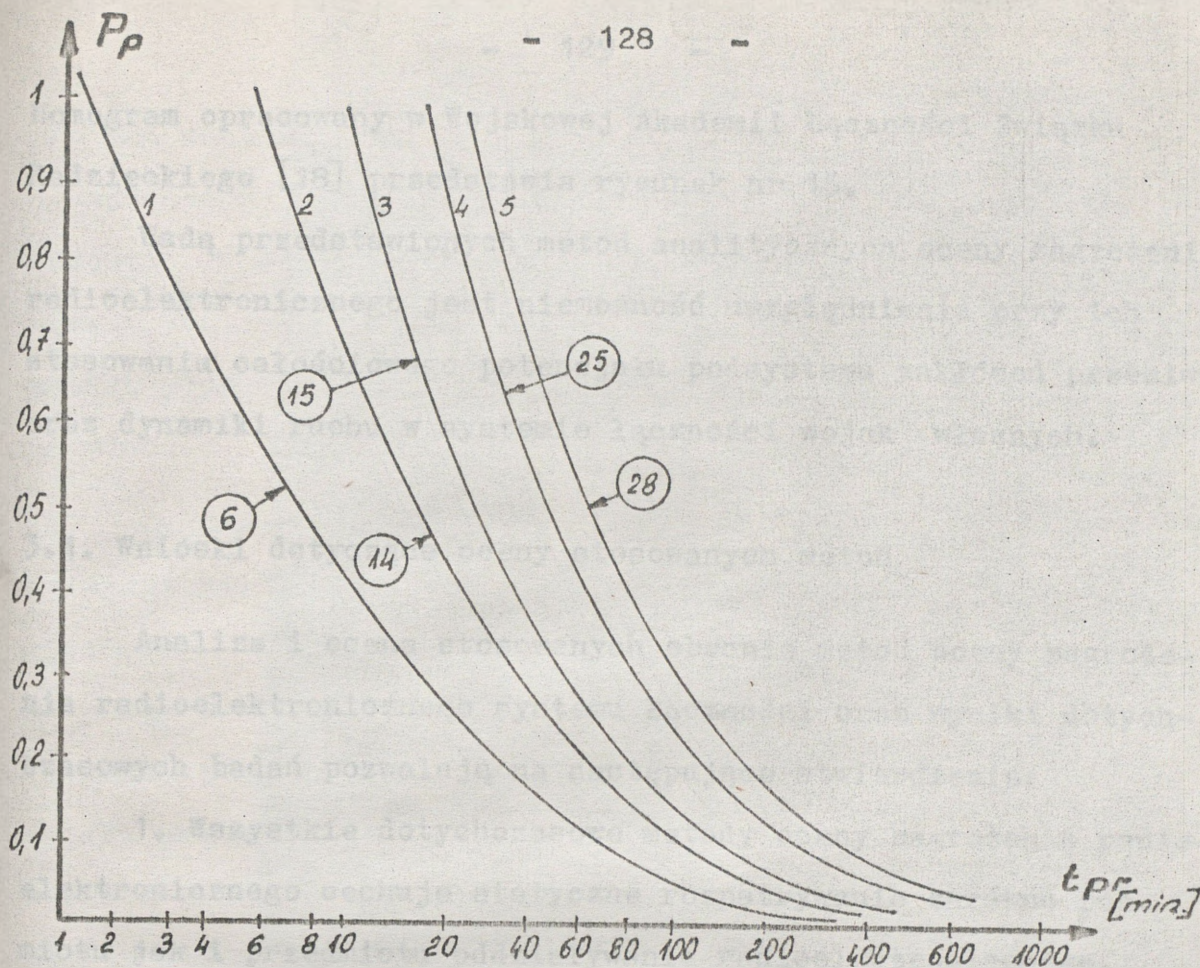
gdzie:

t_{rs} - średni czas reakcji linii łączności na wystąpienie zakłóceń. Waha się on w granicach 6' - 15' dla łączności radiowej i 14' - 15' dla łączności radioliniowej;

t_{rz} - średni czas reakcji podsystemu zakłóceń na stosowane w liniach łączności przedsięwzięcia obrony radioelektronicznej. W praktyce waha się on od 10'' do kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu minut;

t_n - średni czas nawiązania łączności na częstotliwości zapasowej, wynosi od 4 do 20 minut.

Prawdopodobieństwo wystąpienia przerw P_p oraz średni czas ich trwania t_p można również ustalić za pomocą nomogramu określającego ich wielkość w zależności od rodzaju linii łączności i wartości średniego czasu ponownego rozpoznania t_{pr} tej linii po jej przejściu na częstotliwość zapasową.



Legenda:

a/ linie łączności:

- 1 - radiowe KF i UKF nieutajnione;
- 2 - radioliniowe /R-405/ nieutajnione;
- 3 - radiowe KF i UKF utajnione;
- 4 - radioliniowe /R-405/ utajnione;
- 5 - radioliniowe /R-409/ utajnione;

b/ ⑥ - średni czas trwania przerwy t_p w minutach;

c/ t_{pr} - średni czas ponownego rozpoznania linii łączności po zastosowaniu przez nią przedsięwzięć obrony radioelektronicznej. Jest on mniejszy o ok. 3-5 minut od czasu reakcji podsystemu zakłóceń t_{rz} .

Rys.15. Zależność prawdopodobieństwa przerw w łączności P_p i średnich czasów ich trwania t_p od rodzajów linii łączności i średniego czasu ponownego rozpoznania linii łączności t_{pr} .

Nomogram opracowany w Wojskowej Akademii Łączności Związku Radzieckiego [18] przedstawia rysunek nr 15.

Wadą przedstawionych metod analitycznych oceny zagrożenia radioelektronicznego jest niemożność uwzględnienia przy ich stosowaniu całościowego potencjału podsystemu zakłóceń przeciwnika oraz dynamiki ruchu w systemie łączności wojsk własnych.

3.4. Wnioski dotyczące oceny stosowanych metod

Analiza i ocena stosowanych obecnie metod oceny zagrożenia radioelektronicznego systemu łączności oraz wyniki dotychczasowych badań pozwalają na następujące stwierdzenia:

1. Wszystkie dotychczasowe metody oceny zagrożenia radioelektronicznego cechuje statyczne rozpatrywanie zarówno podmiotu jak i przedmiotu oddziaływania radioelektronicznego. Dokonywanie ocen wysoce dynamicznych systemów, jakimi bez wątpienia są systemy łączności i zakłóceń, za pomocą metod statycznych podważa wiarygodność uzyskiwanych wyników. Tym samym utrudnia wypracowanie efektywnych sposobów zwiększenia odporności systemu łączności na oddziaływania radioelektroniczne.

2. Niektóre z przedstawionych metod, szczególnie metody analityczne pozwalające na ocenę odporności poszczególnych linii łączności, mogą być również wykorzystywane do dokonywania ocen dynamicznych przy spełnieniu jednak niezbędnych warunków, a mianowicie muszą być wykonane dynamiczne modele badawcze funkcjonowania całego systemu łączności oraz podsystemów rozpoznania i zakłóceń radiowych przeciwnika. Ocena poszczególnych linii wraz ze wszystkimi uwarunkowaniami jej odporności

powinna znaleźć miejsce w uogólnionej funkcji oceny modelu dynamicznego. Dlatego też autor uznał za celowe w rozprawie odejście od dotychczas stosowanych metod oceny i zaproponował nowe rozwiązanie tego problemu, uwiarygodniające otrzymane wyniki poprzez eliminację wad występujących w prezentowanych metodach.

Zaproponowana przez autora metoda oceny, omówiona w kolejnym rozdziale rozprawy, gwarantuje uzyskiwanie dosyć wiarygodnych wyników w zakresie oceny zagrożenia radioelektronicznego dowolnych systemów łączności bezprzewodowej, zarówno rzeczywistych jak i hipotetycznych. Uzyskiwane przy jej pomocy wyniki pozwalają na proponowanie metod i sposobów uodparniania systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne. Sama zaś metoda stanowi aparat kontroli miary uzyskiwanych rezultatów ich stosowania.

4. OCENOWY MODEL SYMULACJI ZAGROŻENIA RADIOELEKTRONICZNEGO SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI

Przedmiotem badań przeprowadzonych na modelu symulacyjnym jest ocena zagrożenia systemu łączności dywizji ze strony środków obezwładniania radioelektronicznego przeciwnika. W systemie łączności w wymienionym aspekcie wyróżnia się:

- linie łączności radiowej KF;
- linie łączności radiowej UKF /w tym radiotelefoniczne/;
- linie łączności radioliniowej.

Na system - jak wykazano w rozdziale 2 - oddziaływują w sposób aktywny środki podsystemu zakłóceń przeciwnika.

Celem badań prowadzonych na modelu jest:

- po pierwsze - określenie aktualnego zagrożenia radioelektronicznego systemu łączności dywizji w różnych okresach natarcia i obrony;
- po drugie - zbadanie zachowania się systemu łączności w przypadkach stosowania różnych przedsięwzięć uodporniających go na oddziaływanie radioelektroniczne.

Do przeprowadzenia wymienionych badań autor zastosował metodę symulacji komputerowej, wykorzystując program symulacji systemu obezwładniania radioelektronicznego środków i systemów łączności. Program ten opracowany przez ppłk dr hab.doc.

W. Brzostek przeznaczony jest do badania naszego systemu obezwładniania radioelektronicznego. Jednak jego uniwersalność umożliwiła, po dokonaniu nielicznych zmian, przeprowadzenie badań zagrożenia radioelektronicznego systemu łączności naszej dywizji przez podsystem zakłóceń przeciwnika.

Model symulacyjny

Punktem wyjścia w budowie modelu symulacyjnego jest model matematyczny o notacji:

$$S = \langle R, Z \rangle$$

gdzie: R - zbiór linii łączności radiowej KF, UKF i radioliniowej organizowanych w taktycznym ogniwie dowodzenia /dywizja - pułk - batalion/;

Z - zbiór nadajników zakłóceń łączności radiowej i radioliniowej, których obiektem oddziaływania jest system łączności dywizji.

Ze zbiorem linii łączności R są związane:

- wektor natężenia ruchu

$$\bar{a} = \{a_1, a_2, \dots, a_1, \dots, a_k\}$$

gdzie: a_i - natężenie ruchu w i-tej linii;

k - liczba linii;

- macierze współrzędnych punktów rozmieszczenia bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych pracujących w poszczególnych liniach łączności

$$X = [X_{ij}]_{k \times n}$$

$$Y = [Y_{ij}]_{k \times n}$$

gdzie: X_{ij}, Y_{ij} - współrzędne punktu rozmieszczenia j-tego urządzenia pracującego w i-tej linii łączności;

n - liczba urządzeń pracujących w danej linii;

- macierz określająca moc promieniowania energii elektromagnetycznej przez bezprzewodowe urządzenia teletransmisyjne pracujące w poszczególnych liniach łączności

$$P^S = [P^S_{ij}]_{k \times n}$$

gdzie: P^S_{ji} - moc promieniowania sygnału przez j-te urządzenie pracujące w i-tej linii.

Natomiast ze zbiorom nadajników zakłóceń związane są:

- wektory współrzędnych punktów rozmieszczenia nadajników zakłóceń

$$x = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m\}$$

$$y = \{y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m\}$$

gdzie: x_i, y_i - współrzędne punktu rozmieszczenia i-tego nadajnika zakłóceń;

m - liczba nadajników podsystemu zakłóceń przeciwnika, których obiektem oddziaływania jest system łączności dywizji;

- wektor określający moc promieniowania energii sygnału zakłócającego przez poszczególne nadajniki zakłóceń

$$P^Z = \{P_1^Z, P_2^Z, \dots, P_i^Z, \dots, P_m^Z\}$$

gdzie: P_i^Z - moc sygnału zakłócającego pochodzącego od i-tego nadajnika zakłóceń.

Działanie modelu symulacyjnego oparte jest na teorii masowej obsługi. Odzwierciedla on następujące procesy: proces pojawiania się pracy bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych dywizji - zwany dalej procesem zgłoszeń, następnie adekwatnie do możliwości ich zakłócanie - co umownie można nazwać obsługą - oraz zanikania zgłoszeń. Na podstawie śledzenia w określonym przedziale czasu ciągu tych zdarzeń, wyznacza się współczynnik efektywności podsystemu zakłóceń jako stosunek sumy seansów zakłóconych do wszystkich seansów występujących w systemie łączności w danym przedziale czasu. W stosunku do seansów łączności niezakłóconych określa się ich ilość według następujących przyczyn uniemożliwiających zakłócenie: zbyt długi czas reakcji stacji zakłóceń, zajętość stacji zakłóceń, niespełnienie warunków energetycznych dla uzyskania skutecznych zakłóceń.

Działanie modelu oceny zagrożenia radioelektronicznego systemu łączności dywizji będzie więc uporządkowaną reprezentacją procesów pojawiania się, obsługiwania i zanikania zgłoszeń oraz ich wzajemnych powiązań, obserwowanych w określonych przedziałach czasu zwanych czasem symulacji.

Model oceny zagrożenia radioelektronicznego systemu łączności dywizji posiada budowę modułową. Zapewnia to elastyczną realizację procesów, umożliwia wszechstronne badanie modelu oraz jego modyfikowanie w sposób nie wywierający wpływu na opracowanie innych modułów. W przedstawionym modelu wyróżnia się dwa typy modułów - systemowe i pomocnicze. Moduły systemowe modułują określone funkcje /operacje/ logiczne systemu i jego elementów, reprezentują pewną część badanego systemu i jego otoczenia. Moduły pomocnicze mimo, że są integralną częścią modelu, nie reprezentują funkcji systemu w sposób bezpośredni. Są one modułami niesystemowymi, specyficznymi wyłącznie dla modelu, a nie systemu /np. generatory liczb losowych/^{x/}.

Do modułów systemowych należą:

- moduł główny /procesor/;
- moduł generacji zgłoszeń i określania ich atrybutów;
- moduł obsługi zgłoszenia;
- moduł likwidowania zgłoszenia.

Natomiast do modułów pomocniczych zaliczono:

- moduł określania danych wyjściowych;
- moduł generowania interwału czasowego;
- moduł generowania źródła zgłoszenia;
- moduł generowania czasu trwania zgłoszenia.

x/ W.Brzostek - Armijny system obezwładniania RE środków i systemów dowodzenia przeciwnika.

a/ Moduł główny /procesor/. Przeprowadza model przez kolejne procesy pojawiania się, obsługiwania i likwidowania zgłoszenia oraz zapewnia wykonanie niezbędnych obliczeń związanych z wyznaczeniem wskaźników efektywności działania podsystemu zakłóceń.

b/ Moduł generacji zgłoszeń i określania ich atrybutów. Moduł ten stanowi sekwencję modułów pomocniczych /generatory liczb losowych/ oraz pewnych procedur obliczeniowych. W module tym są realizowane następujące operacje:

- generowanie interwału czasowego pomiędzy zgłoszeniami o numerach Z i $Z-1$ jako $\Delta t_z, Z-1$;

- obliczanie czasu nadejścia zgłoszenia z zależności:

$$t_{nz} = t + \Delta t_z, Z-1;$$

- generowanie źródła zgłoszenia /linii łączności/ R_z ;

- generowanie rodzaju emisji R_e ;

- generowanie czasu trwania zgłoszenia /CTZ/.

c/ Moduł obsługi zgłoszenia. Moduł realizuje następujące operacje:

- porównuje czas trwania zgłoszenia /CTZ/ z czasem reakcji podsystemu zakłóceń /CRS/;

- sprawdza dostępność nadajnika zakłóceń do realizacji obsługi /zakłócania/ zgłoszenia;

- sprawdza warunki /bilans/ energetyczne niezbędne do uzyskania skutecznych zakłóceń;

- rejestruje zgłoszenia w "tablicy zgłoszeń".

d/ Moduł likwidowania zgłoszenia. Uaktywnienie modułu następuje każdorazowo po określeniu przez moduł generacji zgłoszeń, czasu nadejścia kolejnego zgłoszenia / t_{nz} /. W wyniku działania tego modułu zostają wykreślone z "tablicy zgłoszeń w toku" wszystkie zgłoszenia, których czas zakończenia jest mniejszy

od czasu nadejścia aktualnego zgłoszenia.

e/ Moduł określania danych wyjściowych. Moduł uaktualnia zbiór danych statystycznych, na podstawie których określa się za czas symulacyjny:

- liczbę wygenerowanych zgłoszeń we wszystkich liniach łączności;
- liczbę jednocześnie czynnych linii łączności /LCL/;
- liczbę seansów łączności zakłóconych;
- liczbę seansów łączności nie zakłóconych ze względu na:
 - czas reakcji podsystemu zakłóceń;
 - zajętość podsystemu zakłóceń;
 - warunki energetyczne;
- współczynnik efektywności funkcjonowania podsystemu zakłóceń jako stosunek sumy zakłóconych seansów do sumy wszystkich seansów pracy we wszystkich liniach łączności.

f/ Moduł generowania interwału czasowego pomiędzy dwoma kolejnymi zgłoszeniami. Interwały Δt_z , $Z-1$ uzyskuje się z generatora liczb losowych o rozkładzie wykładniczym. Parametr λ rozkładu wyznacza się na podstawie wektora natężenia ruchu "a" oraz średniego czasu trwania seansu T_s

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^k a_i}{T_s}$$

g/ Moduł generowania źródła zgłoszenia /linii łączności/. Moduł ten generuje liczby całkowite z przedziału /1,k/, które są numerami linii łączności dywizji. Prawdopodobieństwo zdarzenia, że linia k będzie źródłem zgłoszenia określa zależność:

$$P_k = \frac{a_k}{\sum_{i=1}^k a_i}$$

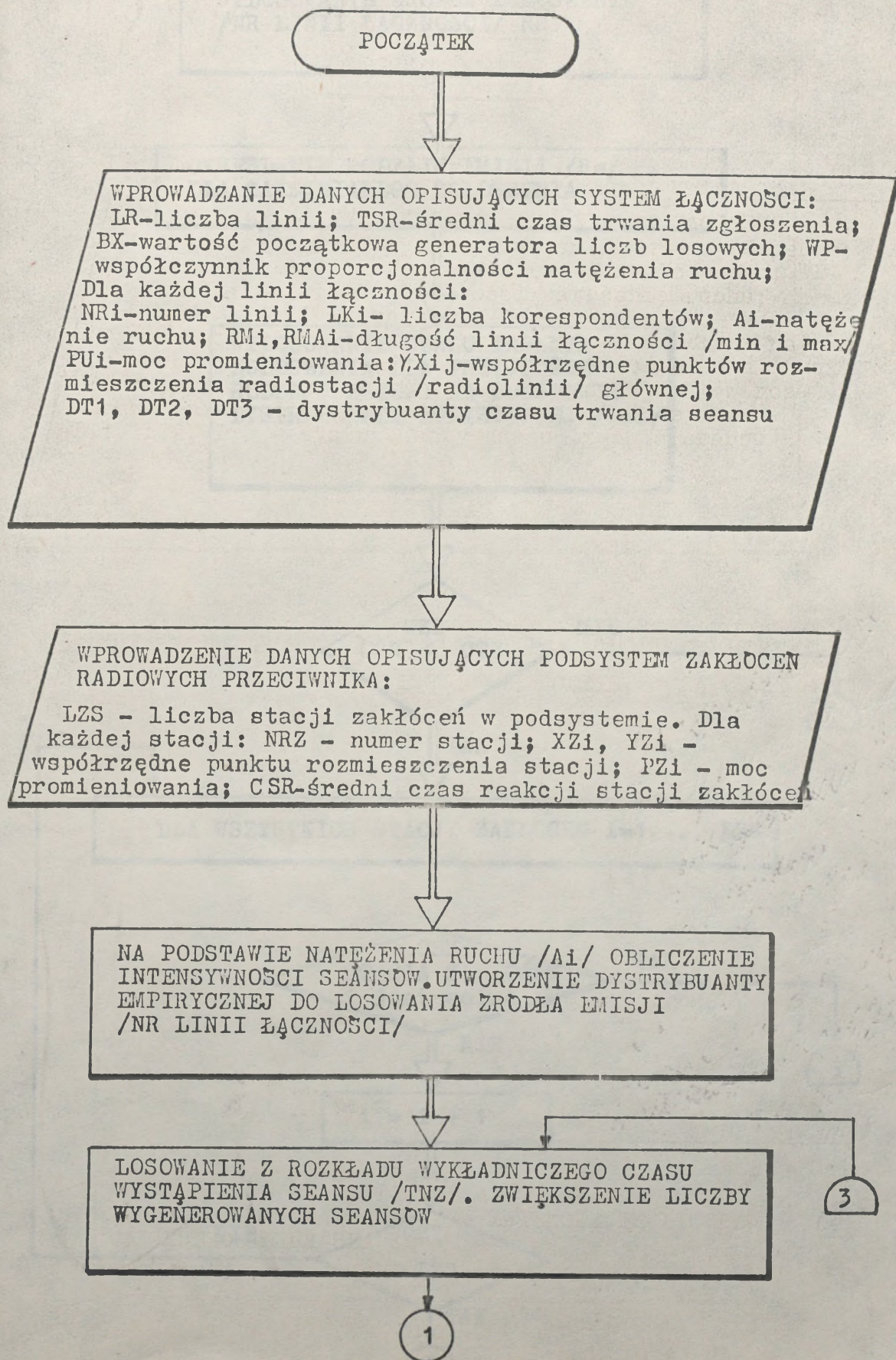
h/ Moduł generowania czasu trwania zgłoszenia t_r . Określa on czas trwania zgłoszenia na podstawie dystrybuanty empirycznej oraz liczb uzyskiwanych z generatora liczb losowych o rozkładzie równomiernym na przedziale $/a,1/$.

Zachowanie się poszczególnych modułów w trakcie realizacji eksperymentu symulacyjnego można prześledzić na schemacie funkcjonowania algorytmu symulacji systemu, przedstawionego na rys.16.

Zaprezentowany symulacyjny model oceny systemu łączności pozwala na:

- śledzenie historii stanów środków i systemów łączności wykorzystywanych w dowodzeniu;
- ustalanie liczby jednocześnie czynnych linii łączności;
- określanie stopnia efektywności funkcjonowania systemu;
- analizę przyczyn osiągniętego stopnia efektywności;
- badanie różnorodnych struktur organizacyjnych i technicznych zarówno systemu łączności wojsk własnych jak i podsystemu zakłóceń przeciwnika.

Rys.16. SCHEMAT FUNKCJONOWANIA PROGRAMU SYMULACJI



1

WYLOSOWANIE ŹRÓDŁA ZGŁOSZENIA
/NR LINII ŁĄCZNOŚCI/ NR

OKREŚLENIE RODZAJU EMISJI /Re/
DLA ZAISTNIAŁEGO ZGŁOSZENIA

WYLOSOWANIE CZASU TRWANIA
ZGŁOSZENIA DLA PRZYJĘTEGO
RODZAJU EMISJI NA PODSTAWIE
DYSTRYBUANTY EMPIRYCZNEJ /CTZ/

CZY
CSR < CTZ

NIE

7

DLA WSZYSTKICH STACJI ZAKŁOCEN $i=1, \dots, LZS$

CZY
STACJA ZAKŁOCEN
 i jest wolna

TAK

5

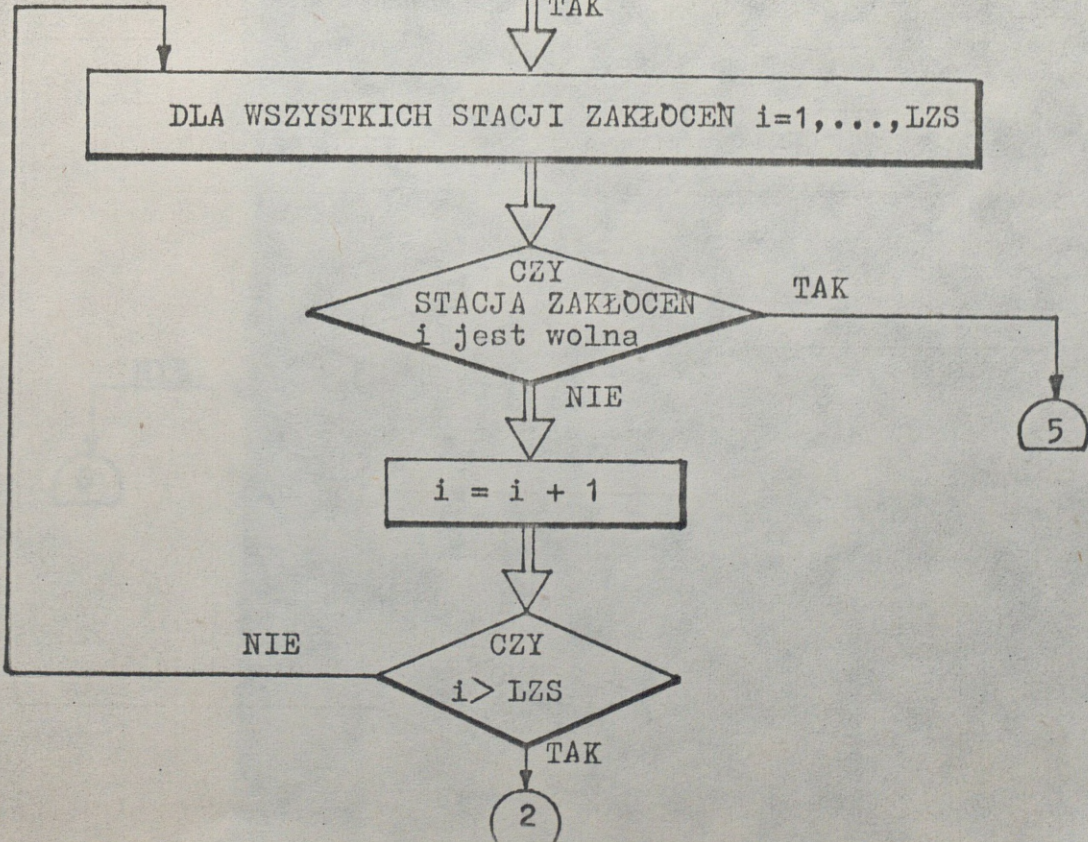
$i = i + 1$

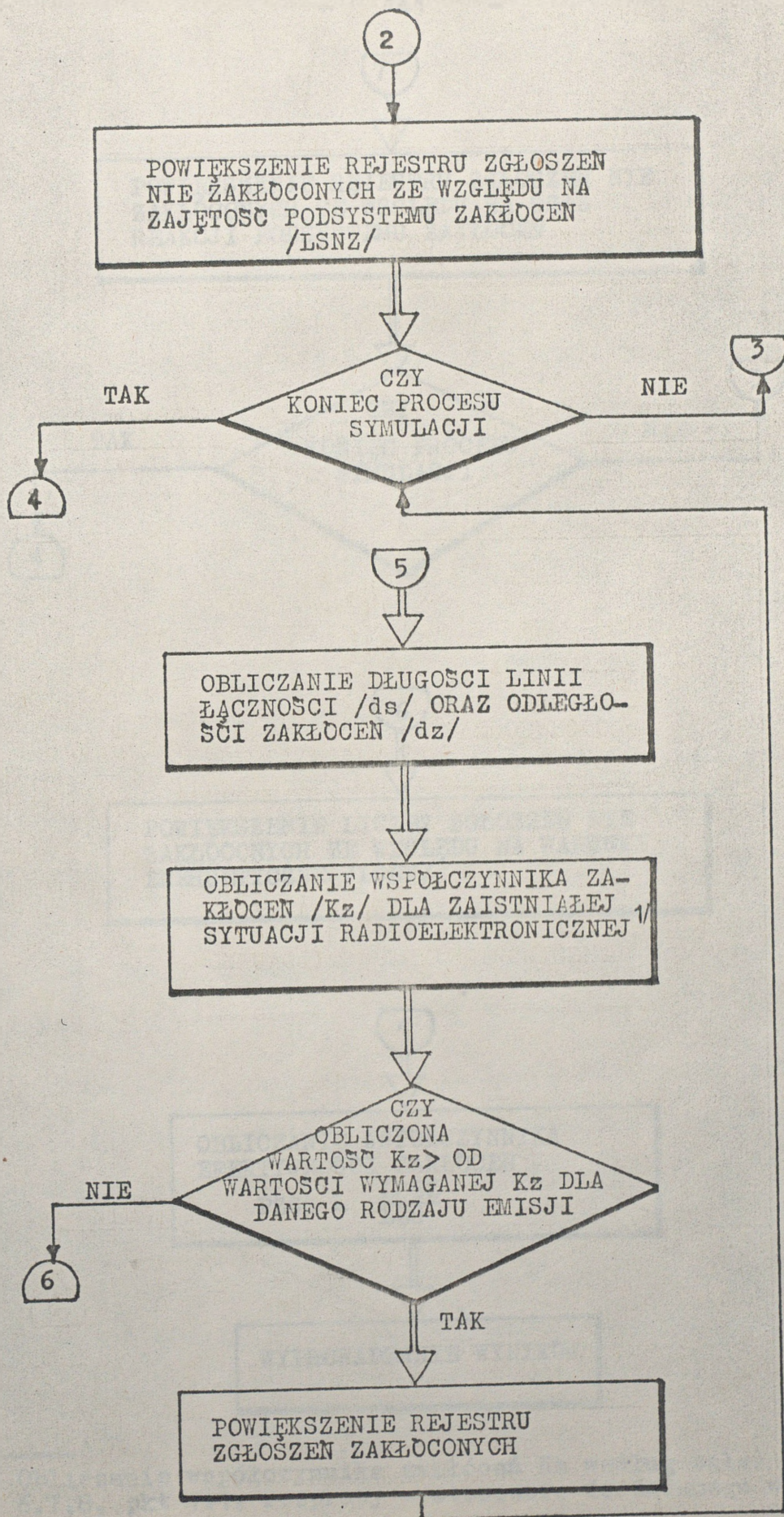
CZY
 $i > LZS$

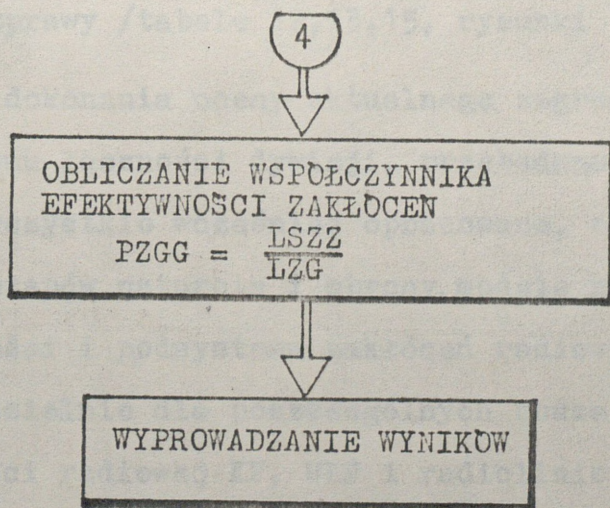
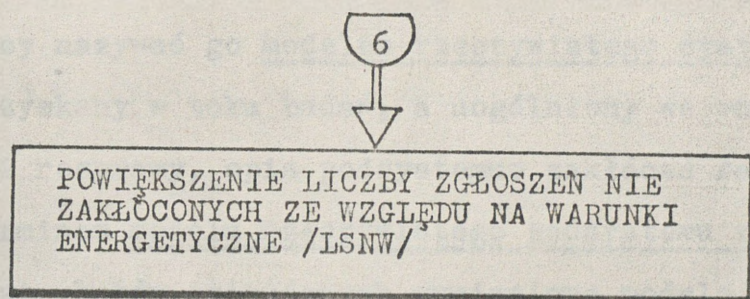
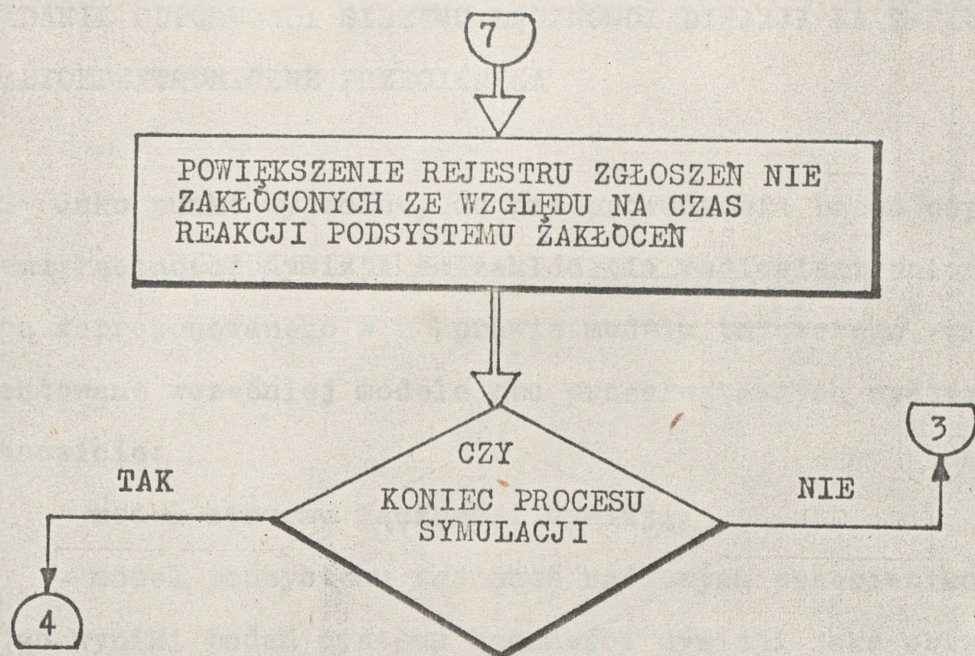
NIE

TAK

2







1/ Obliczanie współczynnika zakłóceń Kz według zależności 6,7,8, pkt 1.1. rozprawy - stosownie do badanego wariantu propagacyjnego

5. BADANIE ODPORNOŚCI SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI NA ZAKŁÓCENIA RADIOELEKTRONICZNE PRZECIWNIKA

Jako punkt wyjściowy do przeprowadzenia badań odporności systemu łączności dywizji na zakłócenia radioelektroniczne, za pomocą zaproponowanego w rozprawie modelu badawczego, przyjęto prezentowane wcześniej modele obu przeciwstawnych systemów, a mianowicie:

- model systemu łączności dywizji;
- model podsystemu zakłóceń radiowych przeciwnika.

Uznając wyniki badań systemu łączności dywizji jako obiektu oddziaływania radioelektronicznego /rozdział 1/ za w miarę obiektywne odzwierciedlenie rzeczywistości, przyjęto w dalszej części pracy nazywać go modelem rzeczywistego systemu łączności. Podobnie uzyskany w toku badań, a uogólniony we wnioskach rozdziału 2 rozprawy, opis podsystemu zakłóceń radiowych przeciwnika terminem modelu rzeczywistego podsystemu zakłóceń. Wielkości atrybutów opisujących wymienione modele przyjęto zgodnie z wynikami badań prezentowanymi w poprzednich rozdziałach niniejszej rozprawy /tabele 12,13,15, rysunki 1,2,3,4,5,13 i 14/.

W celu dokonania oceny aktualnego zagrożenia radioelektronicznego systemu łączności dywizji, przebadano metodą symulacji komputerowej wszystkie wcześniej opracowane, odrębne dla poszczególnych etapów natarcia i obrony, modele rzeczywistego systemu łączności i podsystemu zakłóceń radiowych. Badania przeprowadzono oddzielnie dla poszczególnych rodzajów linii łączności /linie łączności radiowej KF, UKF i radioliniowej/ oraz dwóch zasadniczych wariantów propagacyjnych, tj. oddzielnie dla naziemnych i powietrznych stacji zakłóceń przeciwnika. W każdym

eksperymentach symulacyjnym odporność systemu łączności, rozumiana jako stosunek seansów niezakłóconych do ogólnej liczby seansów generowanych w określonym przedziale czasu, oceniano na podstawie uzyskiwanej efektywności podsystemu zakłóceń w odniesieniu do 1000 seansów w liniach systemu łączności dywizji.

W celu dokonania oceny odporności systemu łączności po zastosowaniu przedsięwzięć organizacyjno-technicznych uodparniających go na oddziaływanie radioelektroniczne, badaniom na modelu symulacyjnym poddano hipotetyczne systemy łączności i zakłóceń. Systemy hipotetyczne tworzone poprzez dokonywanie w modelach rzeczywistych zmian wielkości określonych atrybutów. Dokonując tych zmian kierowano się zasadą realizmu, tj. możliwością ich wprowadzenia w aktualnych systemach łączności.

5.1. Badanie odporności rzeczywistego systemu łączności dywizji

Przedmiotem badań tego etapu były modele rzeczywistego systemu łączności dywizji w natarciu i obronie oraz podsystemu zakłóceń radiowych przeciwnika. Zgodnie z poprzednimi ustaleniami w natarciu dywizji wyodrębniono trzy oraz w obronie dwa etapy, oznaczone odpowiednio: N-1, N-2, N-3 oraz O-1, O-2.

W modelu systemu łączności poszczególne linie posiadają zróżnicowane, odpowiadające danemu rodzajowi i etapowi walki, wielkości atrybutów /patrz tabele 12 i 13 pkt 1.1/. Natomiast w modelu podsystemu zakłóceń radiowych zróżnicowano stosownie do rodzaju walki ilość nadajników zakłóceń oraz odpowiednio do etapu walki wielkość czasu reakcji podsystemu zakłóceń.

W toku badań modeli rzeczywistych dokonano 20 eksperymentów symulacyjnych /12 dla systemu łączności dywizji w natarciu i 8 w obronie / , w toku których symulowano łącznie 20 000 seansów

łączności. Obserwowaną na modelu badawczym odporność systemu łączności udokumentowano na kwestionariuszach badań nr 1-20, zbiorcze wyniki tej obserwacji zestawiono w tabeli nr 18.

Analiza eksperymentów symulacyjnych modeli rzeczywistych systemów, pozwala na następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Występuje zróżnicowanie odporności na zakłócenia radioelektroniczne zarówno systemu łączności dywizji, jaki i poszczególnych rodzajów linii łączności, głównie w zależności od rodzaju i etapu walki. Generalnie wyższą odporność posiada system łączności dywizji w natarciu, wynosi ona 0,773 /w obronie 0,613/. Główną przyczyną tego zróżnicowania jest różna ilość nadajników zakłóceń oddziaływujących na system łączności dywizji w natarciu i obronie /odpowiednio 16 i 43 nadajniki/.

2. System łączności dywizji w natarciu posiada najwyższą odporność w pierwszym etapie /obejmującym podejście i rozwinięcie wojsk oraz przełamanie pierwszej pozycji obrony przeciwnika/, wynosi ona 0,864 wobec 0,756 w etapie drugim i 0,691 w etapie trzecim. Interpretacją logiczną tej tendencji obniżania się odporności systemu w toku rozwijania natarcia przez dywizję, jest wydłużanie się linii łączności oraz znaczne zmniejszenie intensywności ruchu w liniach łączności radioliniowej.

3. System łączności w pierwszym etapie obrony dywizji cechuje niższa odporność na zakłócenia /0,507/ niż w etapie drugim /0,719/. Zasadniczą przyczyną tego zróżnicowania jest znacznie mniejsza intensywność ruchu w liniach łączności I etapu obrony /średnio 0,12 erlanga/ w porównaniu z etapem drugim /0,27 erlanga/.

4. Potwierdzona została, wynikająca z uwarunkowań energetycznych, ścisła zależność odporności systemu łączności od stosunku długości linii łączności $/d_g/$ do odległości zakłóceń $/d_z/$.

Tabela 18

WYNIKI BADAŃ MODELI RZECZYWISTYCH SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI
DYWIZJI I PODSYSTEMU ZAKŁÓCEŃ PRZECIWNIKA

Nr eksp. sym.	Rodzaj i etap walki 4/ dywizji	Charakt. systemu łączności			Charakt. podsystemu zakłóceń			Wyniki symulacji				Wskaźnik odporności systemu łączn.			
		Rodzaj linii	Ilość linii	Sredn. długość linii [km]	Sredn. natęż. ruchu [erl]	Ilość nad. zakł.	Moc nad. zakł. [kW]	Odl. od linii stycz. [km]	Czas reak. [min]	Rodz. zakł. 2/	Ilość seansów załączonych		Ilość seansów nie zajętych energ. tycznych	Ilość seansów nie zajętych energ. tycznych	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	N-1	KF	24	4,9	0,21	3	0,55	13	0,3	N	117	0	815	68	0,883
2		UKF	94	4,3	0,20	9	4	3	0,3	N	136	0	16	848	0,864
3		UKF	94	4,3	0,20	2	0,15	17	0,3	P	30	0	49	921	0,97
4		R/L	17	6,6	0,32	2	5	30	0,3	P	127	0	81	792	0,873
5	N-2	KF	24	7,7	0,18	3	0,55	13	0,25	N	280	0	499	221	0,72
6		UKF	95	6,6	0,16	9	4	3	0,25	N	192	0	5	803	0,808
7		UKF	95	6,6	0,16	2	0,15	17	0,25	P	37	0	26	927	0,963
8		R/L	16	8,0	0,20	2	5	30	0,25	P	223	0	35	742	0,777
9	N-3	KF	24	6,6	0,23	3	0,55	13	0,3	N	165	0	612	223	0,835
10		UKF	96	6,3	0,23	9	4	3	0,3	N	154	0	10	836	0,846
11		UKF	96	6,3	0,23	2	0,15	17	0,3	P	37	0	42	921	0,963
12		R/L	16	8,0	0,05	2	5	30	0,3	P	545	0	97	358	0,455
13	0-1	KF	22	9,3	0,19	9	0,55	10	0,15	N	523	0	477	0	0,477
14		UKF	94	9,2	0,16	27	4	3	0,15	N	469	0	40	491	0,531
15		UKF	94	9,2	0,16	5	0,15	16	0,15	P	77	0	254	669	0,923
16		R/L	20	9,1	0,08	2	5	30	0,15	P	410	0	46	544	0,59
17	0-2	KF	24	9,3	0,26	9	0,55	10	0,35	N	303	86	611	0	0,697
18		UKF	94	9,2	0,25	27	4	3	0,35	N	373	10	35	582	0,627
19		UKF	94	9,2	0,25	5	0,15	16	0,35	P	69	10	125	796	0,931
20		R/L	21	9,1	0,31	2	5	30	0,35	P	99	4	39	858	0,901

Legenda:

1 - oznaczenia rodzaju i etapu walki przyjęto z rozdziału 2 /N-natarcie, O-obrona, cyfry - kolejny etap walki/;

2 - rodzaj zakłóceń:
N - przez naziemne stacje zakłóceń;
P - przez stacje zakłóceń zamontowane na pokładzie samolotów lub śmigłowców



Znajduje to odbicie w porównaniu wyników eksperymentów symulujących nr 1,2,3 odpowiednio z rezultatami eksperymentów nr 5,6,7.

5. Uwidoczniła się ścisła zależność odporności systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne od intensywności ruchu w tym systemie. Ta zależność jest szczególnie widoczna w porównaniu odporności linii łączności radioliniowej w poszczególnych etapach natarcia. Wraz z obniżeniem się intensywności ruchu w tych liniach /od 0,32 do 0,05 erlanga/ następuje spadek ich odporności /z 0,873 do 0,455/ z jednoczesnym obniżeniem się liczby seansów nie zakłóconych ze względu na zajętość podsystemu zakłóceń /z 792 do 358 seansów/.

6. Wyniki badań wykazały ścisły związek odporności systemu łączności dywizji z czasem reakcji podsystemu zakłóceń. Przy stosunkowo długich czasach trwania seansów łączności /tylko do 16 % seansów trwa krócej niż 25 sekund - patrz rysunki 1,2,3, pkt 1.3/ i jednocześnie stosunkowo krótkich czasach reakcji podsystemu zakłóceń /do 20 sekund/ praktycznie nie obserwowano przypadków nie zakłócenia seansu łączności ze względu na czas reakcji.

7. Powyższa odporność jest adekwatna tylko dla przypadku gdy przeciwnik będzie oddziaływał na system łączności nadajnikami zakłóceń będącymi na wyposażeniu pododdziałów WRE. Dla uwiarygodnienia wyników, niezbędnym jest włączenie do ogólnej oceny zagrożenia wynikającego z potencjału nadajników zakłócających jednorazowego użytku, które przeciwnik będzie wykorzystywał w sposób zmasowany, w niektórych okresach walki w odniesieniu do wybranych obiektów radioelektronicznych. Wówczas odporność systemu łączności dywizji może się obniżyć do poziomu nawet 0,1-0,3. Problem ten został omówiony w rozdziale 5.3.

5.2. Badanie odporności hipotetycznych systemów łączności dywizji

Badanie hipotetycznych systemów łączności stanowiło podstawę do udzielenia odpowiedzi na podstawowe pytanie problemowe: jakie czynniki i w jakim zakresie decydują o odporności systemu łączności na oddziaływanie radioelektroniczne. Określenie tych czynników w odniesieniu do linii łączności zostało dokonane w rozdziale pierwszym w oparciu o analizę zależności matematycznych, precyzujących wartość współczynnika zakłóceń /zależności 6,7,8, pkt 1.1/. Sprecyzowanie tych czynników w odniesieniu do całego systemu łączności oraz określenie wielkości ich wpływu na odporność tego systemu było możliwe tylko przy wykorzystaniu metody symulacji komputerowej. Przy czym badania przy wykorzystaniu metody symulacji komputerowej zdecydowano ograniczyć tylko do określenia wpływu tych czynników, co do których istnieje realna możliwość ich zastosowania w aktualnych systemach łączności.

Powyższe założenie oraz analiza wyników badań rzeczywistych systemów łączności, wskazały na celowość przebadania następujących czynników wpływających na odporność systemu łączności dywizji na zakłócenia radioelektroniczne:

- intensywność ruchu w systemie łączności;
- długość linii łączności;
- czas reakcji podsystemu zakłóceń.

Ze względu, że atrybuty zarówno poszczególnych linii łączności jak i nadajników zakłóceń, posiadają zróżnicowane wielkości, przypisane indywidualnie do danej linii i nadajnika, w badaniach uznano za celowe:

- modele hipotetyczne tworzyć poprzez wprowadzenie współczynnika proporcjonalności "K" o wartości "n" zmieniającego n-razy

wielkość atrybutów występującą w modelu rzeczywistego systemu;

- w pierwszej kolejności zbadać indywidualny wpływ poszczególnych czynników na odporność systemu łączności, a następnie przebadać zmiany odporności systemu przy jednoczesnym występowaniu kilku zmienionych czynników.

5.2.1. Badanie wpływu intensywności ruchu w systemie łączności na jego odporność

Sledzenie historii stanów badanych systemów rzeczywistych umożliwiło ustalenie w rodzajach linii łączności ilości jednocześnie czynnych linii. Ilości te dla wybranych wartości średniego natężenia ruchu przedstawia poniższa tabela:

Tabela 19

Nr eksperymentu	Ilość linii	Średnie natężenie ruchu erl.	Ilość jednocześnie czynnych linii łącz.
1	24	0,21	6 - 7
13	22	0,19	5 - 6
6	95	0,16	24 - 26
2	94	0,20	34 - 35
18	94	0,25	42 - 43

Analiza danych zawartych w tabeli, wskazuje na oczywisty wzrost ilości jednocześnie czynnych linii proporcjonalnie do wzrostu intensywności ruchu. Jednocześnie porównanie ilości tych linii z ilością nadajników zakłóceń, których obiektem oddziaływania jest system łączności dywizji, pozwala wnioskować z jednej strony istnienie ścisłego związku intensywności ruchu z odpornością systemu łączności, z drugiej zaś o wielkości zagrożenia radioelektronicznego.

Ilustruje to następujący wywód:

W eksperymencie symulacyjnym nr 18 z 94 linii łączności UKF przy natężeniu ruchu wynoszącymi 0,25 erl. obserwowano czynne jednocześnie 42-43 linie. Przeciwnik w działaniach zaczepnych może oddziaływać na system łączności dywizji 32 nadajnikami zakłóceń łączności radiowej UKF, które mogą zakłócać jednocześnie /pomijając uwarunkowanie energetyczne i czas reakcji/ 32 linie, tj. około 76 % jednocześnie czynnych linii łączności UKF dywizji.

W celu zweryfikowania powyższych wniosków oraz określenia wpływu intensywności ruchu na odporność systemu łączności, przeprowadzono eksperymenty symulacyjne na hipotetycznych systemach łączności, różniących się od systemu rzeczywistego jedynie wielkością natężenia ruchu. Wyniki eksperymentów dokumentują arkusze badań nr 21-36, natomiast zestawienie uzyskanych rezultatów przedstawia tabela nr 20. Interpretację graficzną uzyskanych wyników przedstawiają rysunki nr 17 i 18.

Analiza przedstawionych powyżej wyników badań hipotetycznych systemów łączności, pozwala na następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Potwierdzona została ścisła zależność odporności systemu łączności ^{od} intensywności ruchu w jego liniach. Wielkość tego wpływu wyrażona w zmianach wielkości wskaźnika odporności systemu łączności jest zróżnicowana i można jej przypisać następujące cechy:

- wzrostu wskaźnika odporności o około 0,1 przy trzykrotnym wzroście intensywności ruchu;

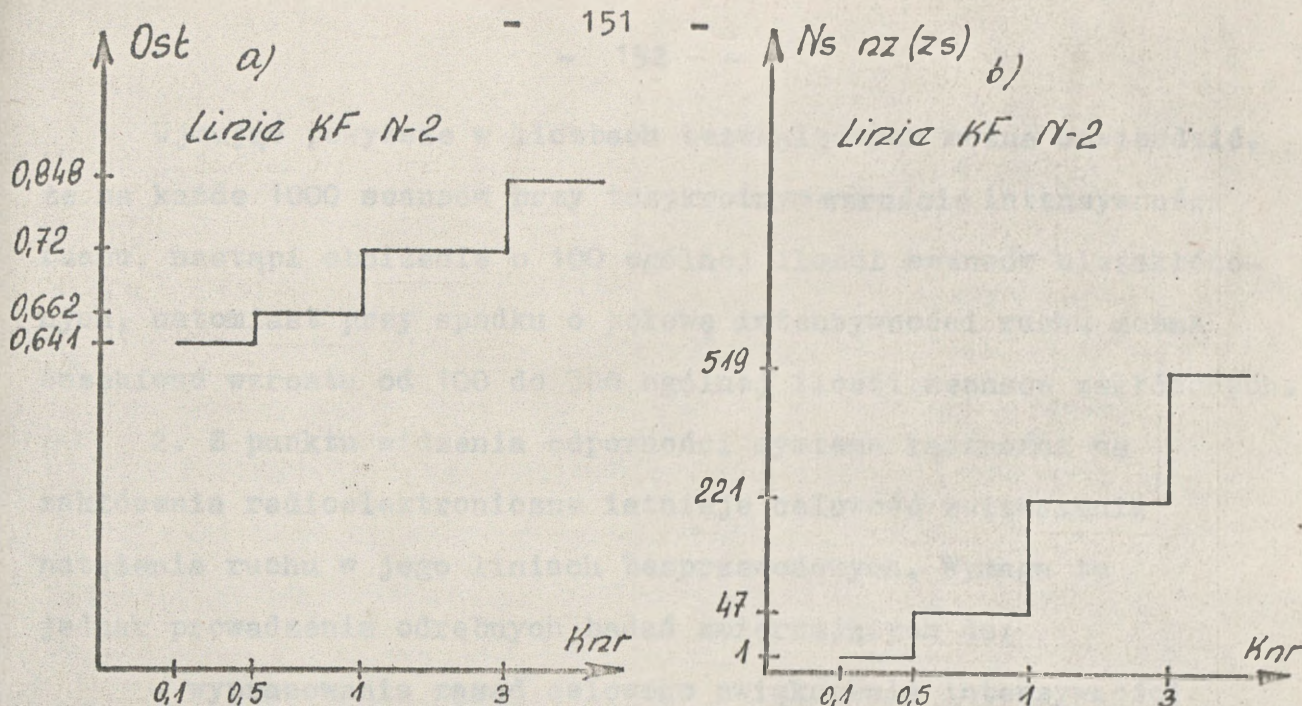
- spadek wskaźnika odporności od 0,1 do 0,3 przy zmniejszeniu o połowę intensywności ruchu.

Tabela 20

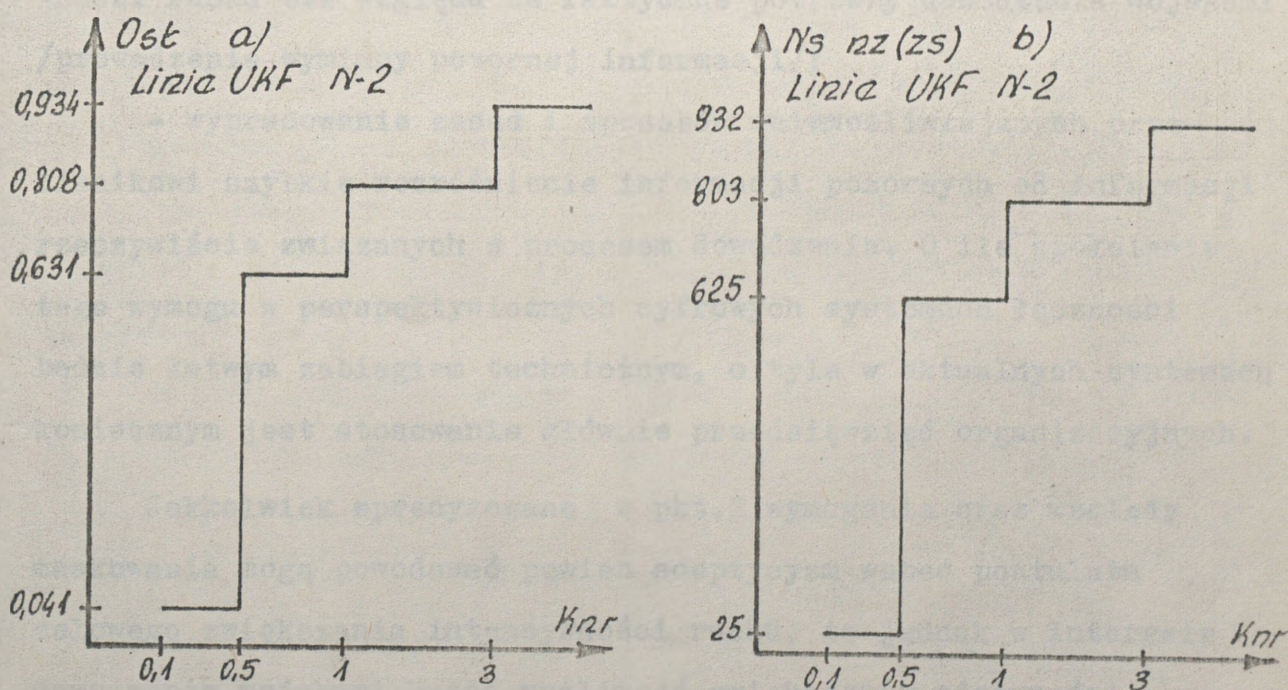
Porównanie wyników symulacji rzeczywistego systemu łączności /R/ z rezultatami symulacji systemów hipotetycznych /H/ utworzonych poprzez wprowadzenie współczynnika proporcjonalności natężenia ruchu /Knr/

Nr eksperymentu	Typ modelu systemu łączności	Średnie natężenie ruchu [erl.]	Knr	Ilość seansów		Wskaźnik odporności systemu łączn.
				zakłóconych	niezakłóconych - zajętość stacji zakł.	
5	R	0,18	1	280	221	0,72
21	H		0,1	359	1	0,641
22	H		0,5	338	47	0,662
23	H		3	152	519	0,848
6	R	0,16	1	192	803	0,808
24	H		0,1	959	25	0,041
25	H		0,5	369	625	0,631
26	H		3	66	932	0,934
7	R	0,16	1	37	937	0,963
27	H		0,1	307	489	0,693
28	H		0,5	72	890	0,968
29	H		3	13	977	0,987
17	R	0,26	1	303	0	0,697
30	H		0,1	346	0	0,654
31	H		0,5	375	0	0,625
32	H		3	233	149	0,767
18	R	0,25	1	373	582	0,627
33	H		0,1	953	0	0,047
34	H		0,5	672	268	0,328
19	R	0,25	1	69	796	0,931
35	H		0,1	392	24	0,608
36	H		0,5	124	485	0,876

1/ R - oznaczenie modelu rzeczywistego systemu łączności;
H - oznaczenie modelu hipotetycznego systemu łączności.



Rys.17. Obserwowany na modelu symulacyjnym histogram wpływu współczynnika proporcjonalności natężenia ruchu $/K_{nr}/$ na:
 a/ odporność łączności radiowej KF $/O_{st}/$;
 b/ ilość seansów niezakłóconych ze względu na zajętość stacji zakłóceń $[N_s \text{ nz } /z_s/]$.



Rys.18. Obserwowany na modelu symulacyjnym histogram wpływu współczynnika proporcjonalności natężenia ruchu $/K_{nr}/$ na:
 a/ odporność łączności radiowej UKF $/O_{st}/$;
 b/ na ilość seansów niezakłóconych ze względu na zajętość stacji zakłóceń $[N_s \text{ nz } /z_s/]$.

Ujmując powyższe w liczbach bezwzględnych można stwierdzić, że na każde 1000 seansów przy trzykrotnym wzroście intensywności ruchu, nastąpi obniżenie o 100 ogólnej ilości seansów niezakłóconych, natomiast przy spadku o połowę intensywności ruchu można oczekiwać wzrostu od 100 do 300 ogólnej ilości seansów zakłóconych.

2. Z punktu widzenia odporności systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne istnieje celowość zwiększenia natężenia ruchu w jego liniach bezprzewodowych. Wymaga to jednak prowadzenia odrębnych badań zmierzających do:

- wypracowania zasad celowego zwiększenia intensywności ruchu, uwzględniających konieczność maskowania, np.: w pododdziałach i oddziałach pierwszorzutowych prowadzących bezpośrednią walkę z przeciwnikiem można wprowadzić obowiązek zwiększonej intensywności ruchu bez względu na faktyczne potrzeby dowodzenia wojskami /prowadzenie wymiany pozornej informacji/;

- wypracowanie zasad i sposobów uniemożliwiających przeciwnikowi szybkie rozróżnienie informacji pozornych od informacji rzeczywiście związanych z procesem dowodzenia. O ile spełnienie tego wymogu w perspektywicznych cyfrowych systemach łączności będzie łatwym zabiegiem technicznym, o tyle w aktualnych systemach koniecznym jest stosowanie głównie przedsięwzięć organizacyjnych.

Jakkolwiek sprecyzowane w pkt.2 wymagania oraz względy maskowania mogą powodować pewien sceptycyzm wobec postulatu celowego zwiększania intensywności ruchu, to jednak w interesie dowodzenia wojskami każda możliwość zwiększenia odporności systemu łączności na zakłócenia powinna być wykorzystana .

5.2.2. Badanie wpływu długości linii na odporność systemu łączności

Z przeprowadzonej analizy zależności 6,7,8, /pkt 1.1. rozprawy/ określających wielkość współczynnika zakłóceń /Kz/ wynikało, iż decydujący wpływ na wielkość tego współczynnika posiada stosunek długości linii łączności do odległości zakłóceń / $\frac{ds}{dz}$ /. O wartości tego stosunku decyduje w równej mierze zarówno głębokość rozmieszczenia nadajników zakłóceń w ugrupowaniu przeciwnika jak i rzeczywiste usytuowanie bezprzewodowych środków teletransmisyjnych w pasie walki dywizji. W tej sytuacji zdecydowano się na przebadanie wpływu jedynie długości linii łączności na odporność systemu. Ponadto zasadność tego wyboru potwierdza wynikający z istoty zasadniczego sposobu organizacji łączności radiowej /tj. sieci radiowej/ rozkład długości linii łączności. Odległość pomiędzy radiostacją główną sieci, a poszczególnymi jej korespondentami jest z reguły różna. Jak wynika z badań /pkt 1.4. rozprawy/ w poszczególnych okresach walki rozpiętość długości linii łączności może wynosić od jednego do kilkunastu kilometrów.

W celu zbadania wpływu długości linii na odporność systemu łączności, uwzględniając przy tym dynamikę walki, przeprowadzono eksperymenty symulacyjne na hipotetycznych systemach łączności, różniących się od systemu rzeczywistego jedynie zmienionymi rozkładami długości linii łączności. Wyniki tych eksperymentów dokumentują kwestionariusze badań nr 44-48, natomiast zestawienie uzyskanych rezultatów przedstawia tabela nr 21.

Tabela 21

Porównanie wyników symulacji rzeczywistego systemu łączności /R/ z rezultatami symulacji systemów hipotetycznych /H/ utworzonych poprzez wprowadzenie współczynnika proporcjonalności długości linii łączności /Kds/

Nr eksperymentu	Typ modelu systemu łączności	Średnia długość linii	Kds	Ilość seansów		Wskaźnik odporności systemu
				zakłóconych	niezakłóconych-warunki energ.	
6	R	6,6	1	192	5	0,808
44	H		0,5	183	31	0,817
47	H		2	193	0	0,807
18	R	9,2	1	373	35	0,627
45	H		0,5	357	147	0,643
48	H		2	380	3	0,62

Analiza prezentowanych wyżej wyników potwierdza zależność odporności systemu łączności od długości linii łączności.

Uzyskany stosunkowo niewielki przyrost odporności systemu, o około 0,02 przy zmniejszeniu długości linii łączności o połowę, można zinterpretować występowaniem w rzeczywistym systemie zbyt długich linii łączności. Interpretację tę potwierdza uzyskanie w badaniu systemu rzeczywistego stosunkowo małej ilości seansów niezakłóconych ze względu na uwarunkowania energetyczne. Również niezauważalny wzrost ilości seansów zakłóconych przy hipotetycznym dwukrotnym wzroście długości linii łączności świadczy za powyższą interpretacją.

Uwzględniając istotny wpływ stosunku długości linii łączności do odległości zakłóceń / $\frac{ds}{dz}$ / na odporność linii łączności, postanowiono uzyskać w toku badań odpowiedź na następujące pytanie: jaka jest maksymalna długość linii łączności zapewniająca jej odporność na zakłócenia radioelektroniczne ?

Wyznaczenie tej wielkości umożliwiłoby zapewnienie odporności linii łączności pod względem energetycznym, co pozwoliłoby pominąć wszystkie pozostałe uwarunkowania. Dla uzyskania odpowiedzi na wyżej sformułowane pytanie wykorzystano zależności 6,7,8 /pkt 1.1. rozprawy/, przekształcając je do postaci:

$$bds = dz \sqrt[4]{\frac{KzW^2 \cdot Ps}{Pz}} \quad /11/$$

gdzie: bds - bezpieczna długość linii łączności, rozumiana jako jej maksymalna wielkość przy której zapewniony jest poprawny odbiór wiadomości w warunkach występowania celowych zakłóceń radioelektronicznych.

W celu zwiększenia wiarygodności uzyskanych wielkości bezpiecznych długości linii łączności postanowiono w badaniach przyjąć największe, z aktualnie występujących, moce stacji zakłóceń przeciwnika, oraz dolne wartości z przedziału wielkości określających odległość ich rozmieszczenia od linii styczności wojsk, tj.:

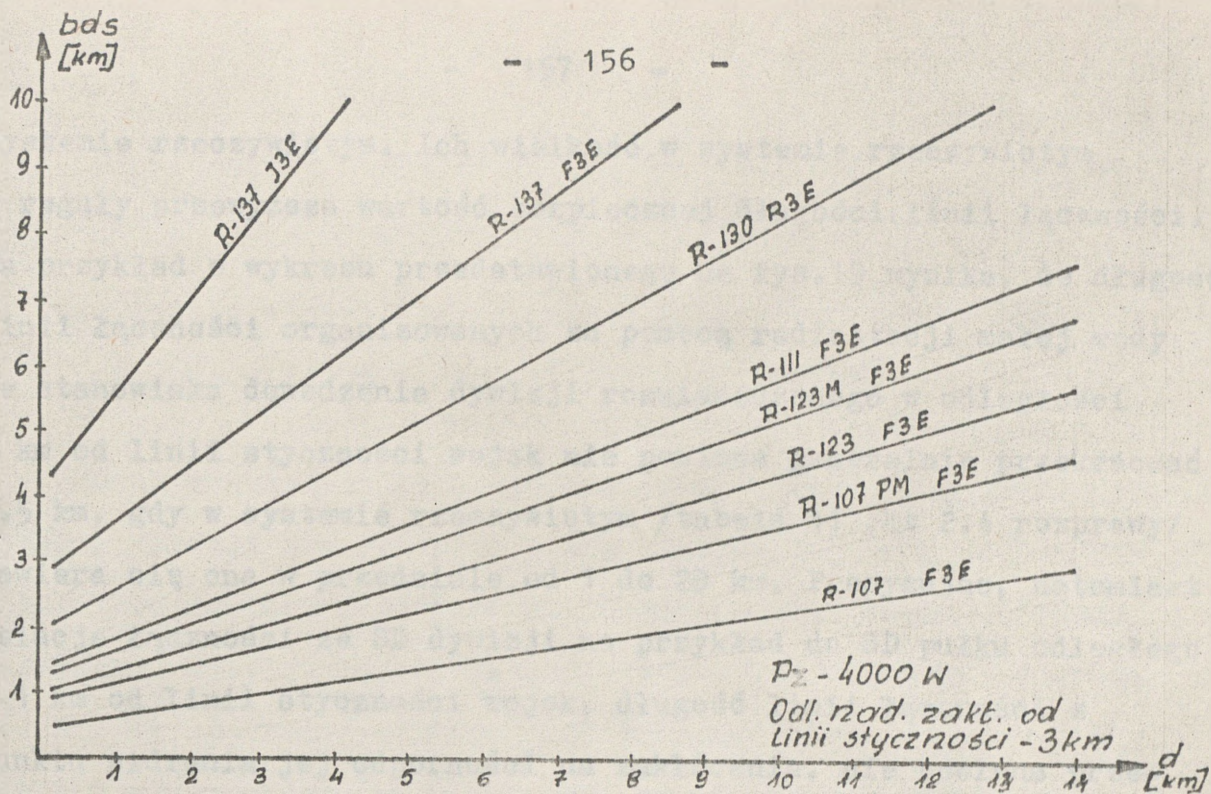
- stacje zakłóceń KF/UKF - moc 4000 W, odległość 3 km od linii styczności wojsk;

- stacje zakłóceń KF - moc 2000 W, odległość 8 km od linii styczności wojsk.

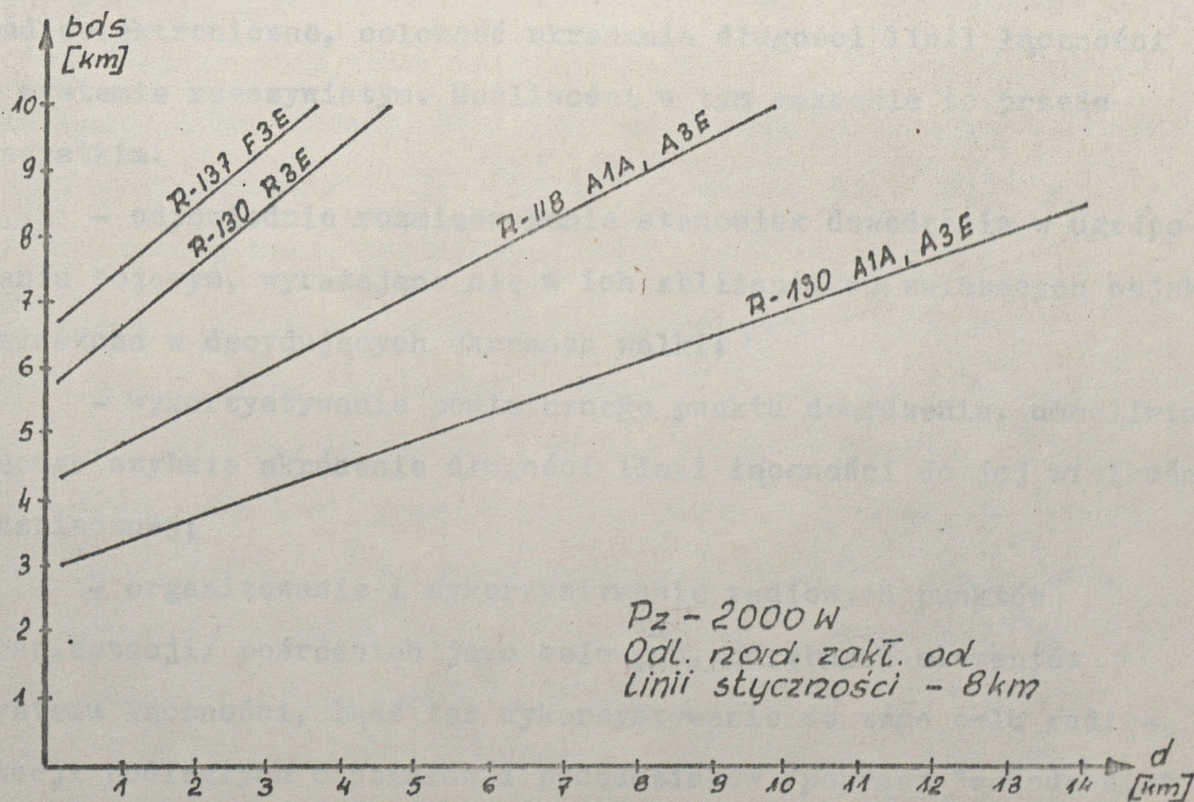
Wyniki badań w tym zakresie zilustrowano na rys. 19 i 20 w formie wykresów przedstawiających dla poszczególnych typów radiostacji dywizji i zasadniczych rodzajów emisji zależność wielkości bezpiecznej długości linii łączności /bds/ od odległości rozmieszczenia radiostacji od linii styczności wojsk /d/.

Analiza wyników dotychczasowych badań wpływu stosunku długości linii łączności do odległości zakłóceń / $\frac{ds}{dz}$ / na odporność systemu łączności pozwala na następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Potwierdzona została sugestia z analizy wyników badań modelu hipotetycznego systemu o zbyt długich liniach łączności w



Rys.19. Zależność bezpiecznej długości linii łączności /bds/ od odległości rozmieszczenia radiostacji od linii styczności wojsk /d/.



Rys.20. Zależność bezpiecznej długości linii łączności /bds/ od odległości rozmieszczenia radiostacji od linii styczności wojsk /d/.

systemie rzeczywistym. Ich wielkość w systemie rzeczywistym z reguły przewyższa wartość bezpiecznej długości linii łączności. Na przykład z wykresu przedstawionego na rys.19 wynika, że długość linii łączności organizowanych za pomocą radiostacji małej mocy ze stanowiska dowodzenia dywizji rozmieszczonego w odległości 6 km od linii styczności wojsk nie powinna generalnie przekraczać 5,5 km, gdy w systemie rzeczywistym /tabela 11 pkt 2.4 rozprawy/ zawiera się ona w przedziale od 1 do 28 km. Precyzując, natomiast relacje łączności ze SD dywizji na przykład do SD pułku odległego o 1 km od linii styczności wojsk, długość linii łączności z punktu widzenia jej odporności na zakłócenia, nie powinna przekraczać 2,5 km, gdy w systemie rzeczywistym osiąga wielkość nawet 15 km.

2. Występuje, w aspekcie zapewnienia odporności na zakłócenia radioelektroniczne, celowość skracania długości linii łączności w systemie rzeczywistym. Możliwości w tym zakresie to przede wszystkim:

- odpowiednie rozmieszczenie stanowisk dowodzenia w ugrupowaniu bojowym, wyrażające się w ich zbliżaniu do walczących wojsk, zwłaszcza w decydujących okresach walki;

- wykorzystywanie powietrznego punktu dowodzenia, umożliwiającego szybkie skrócenie długości linii łączności do jej wielkości bezpiecznej;

- organizowanie i wykorzystywanie radiowych punktów /radiostacji/ pośrednich jako celowych, odrębnych elementów systemu łączności, bądź też wykorzystywanie do tego celu radiostacji podległych oddziałów i pododdziałów /poprzez "wchodzenie" w sieci radiowe podwładnych/. Stwarza to możliwość uzyskania w miejsce jednej nieodpornej na zakłócenia linii łączności, dwóch odcinków linii o wielkościach w granicach jej wielkości bezpiecznych

3. Występuje celowość uwzględniania w planowaniu systemów rzeczywistych wielkości bezpiecznych długości linii łączności.

5.2.3. Badanie wpływu czasu reakcji podsystemu zakłóceń przeciwnika na odporność systemu łączności

Czas reakcji, jako jeden z atrybutów podsystemu zakłóceń pozornie wydaje się być poza sferą naszych oddziaływań. Jednak istniejąca realnie możliwość wpływania na jego wielkość oraz wynikający z badań rzeczywistego systemu łączności wpływ czasu reakcji na odporność systemu, wskazały na celowość dokonania badań w tym zakresie. W utworzonym hipotetycznym modelu podsystemu zakłóceń przeciwnika przyjęto zwiększone, w stosunku do modelu rzeczywistego, czasy reakcji do wartości 0,5, 1 i 1,5 minuty. Wyniki odporności systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne przy podanych czasach reakcji podsystemu zakłóceń dokumentują kwestionariusze badań nr 49-54. Zbiorcze zestawienie otrzymanych rezultatów przedstawia tabela nr 22, zaś ich interpretację graficzną rysunki nr 21 i 22.

Analiza wyników badań prezentowanych w tabeli nr 22 umożliwiła sformułowanie następujących stwierdzeń i wniosków:

1. Istnieje ścisła więź między wartością czasu reakcji podsystemu zakłóceń przeciwnika, a wielkością wskaźnika odporności systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne. Wyraża się ona wzrostem wskaźnika odporności systemu od około 0,02 do 0,15 przy zwiększeniu czasu reakcji z 0,25 minuty do 1,5 minuty. Wpływ ten jest bardziej widoczny w ilości seansów łączności niezakłóconych ze względu na czas reakcji. Ich ilość dla podanych wyżej zmian czasu reakcji wzrasta od 0 do 647 seansów.

2. Występuje konieczność przeprowadzenia badań zmierzających do określenia przedsięwzięć organizacyjno-technicznych oraz zasad i sposobów ich stosowania w systemach łączności w celu zwiększania czasu reakcji podsystemu zakłóceń przeciwnika.

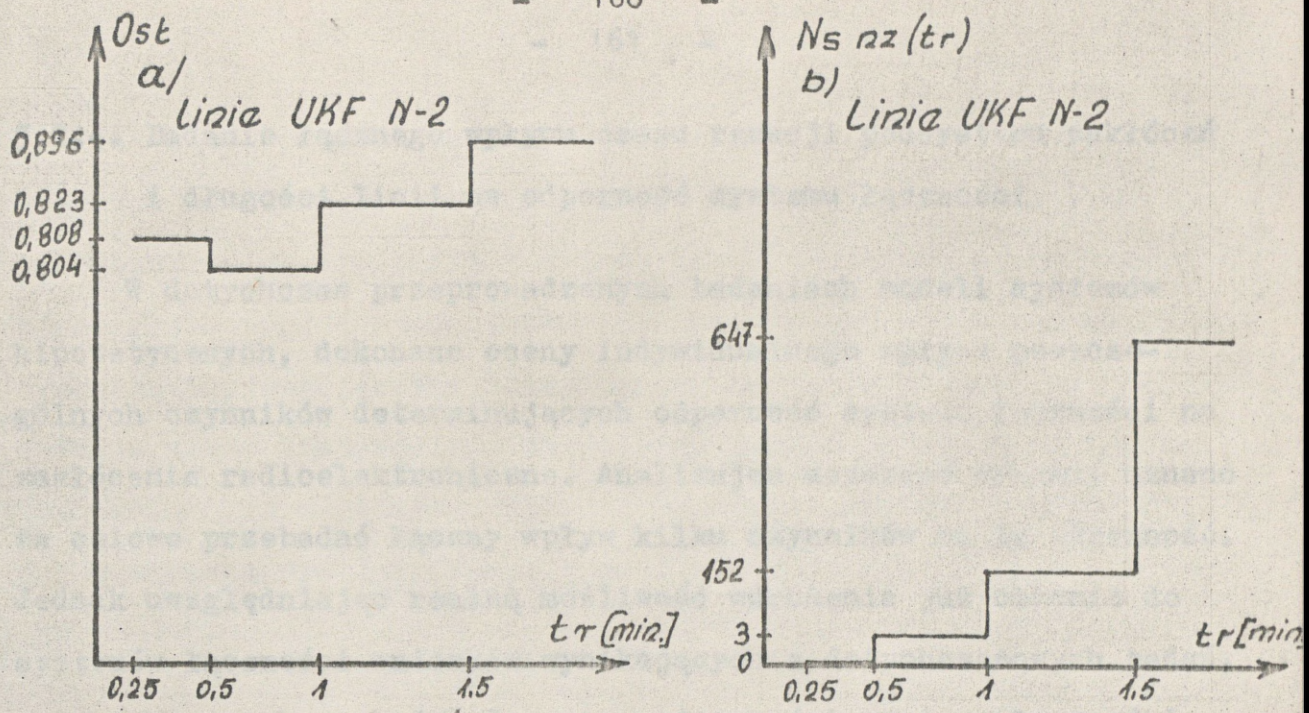
Kierunki tych badań, to przede wszystkim:

- określenie zasad i sposobów skracania czasów trwania seansów łączności;
- opracowanie sposobów oraz zasad celowego zwiększania intensywności ruchu w systemie łączności, w tym również poprzez tworzenie pozornych węzłów i linii łączności;
- sprecyzowanie przedsięwzięć zapewniających częstsze dokonywanie zmian częstotliwości roboczych, kryptonimów i sygnałów rozpoznawczych;
- zapewnienie jednolitej struktury sygnałów, uniemożliwiającej ^{źródła} identyfikację promieniowania fal elektromagnetycznych na podstawie analizy widma sygnału.

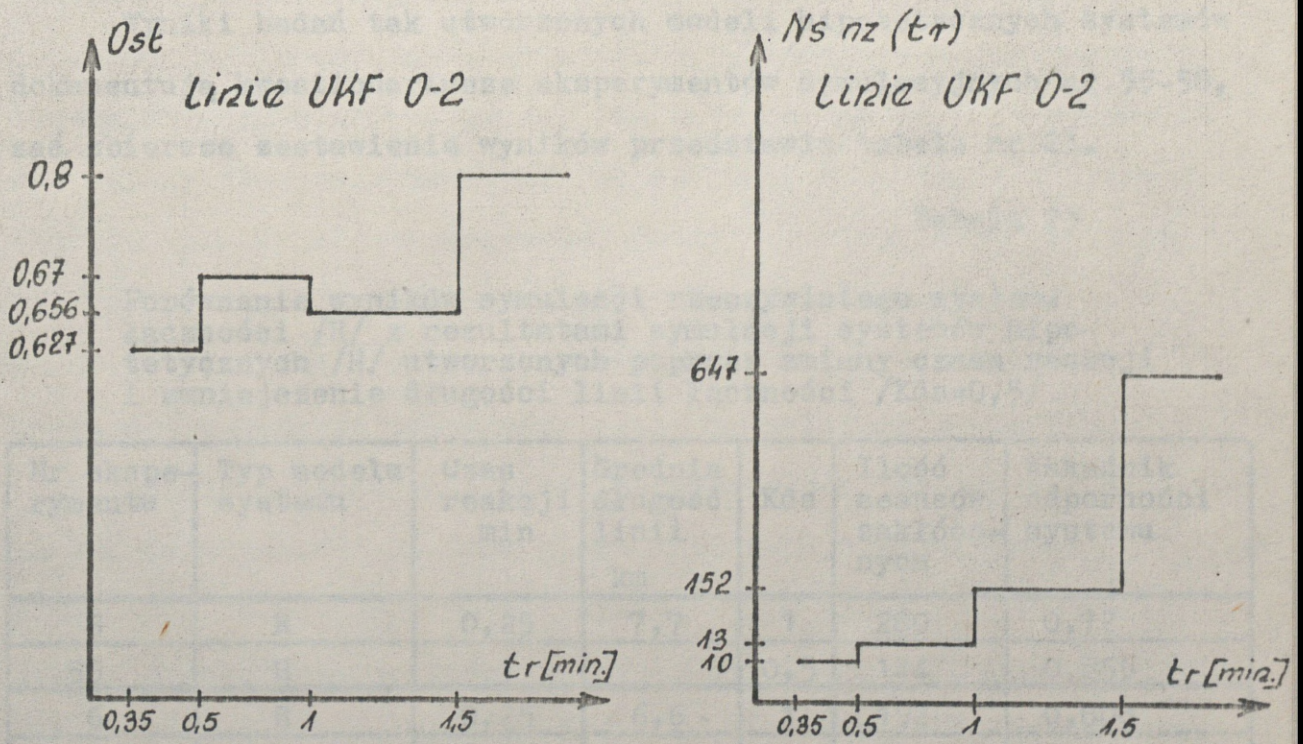
Tabela 22

Porównanie wyników symulacji rzeczywistego systemu łączności /R/ z rezultatami symulacji systemów hipotetycznych utworzonych poprzez zmianę wartości czasu reakcji

Nr eksperymentu	Typ modelu systemu	Czas reakcji min.	Ilość seansów		Wskaźnik odporności systemu łączności
			zakłóconych	niezakłóconych - czas reakcji	
6	R	0,25	192	0	0,808
49	H	0,5	196	3	0,804
50	H	1	177	152	0,823
51	H	1,5	104	647	0,896
18	R	0,35	373	10	0,627
52	H	0,5	330	13	0,670
53	H	1	344	152	0,656
54	H	1,5	200	647	0,80



Rys.21. Obserwowany na modelu symulacyjnym histogram wpływu czasu reakcji /tr/ na:
 a/ odporność łączności radiowej UKF dywizji w natarciu /Ost/
 b/ ilość seansów niezakłóconych ze względu na czas reakcji stacji zakłóceń [Ns nz /tr/].



Rys.22. Obserwowany na modelu symulacyjnym histogram wpływu czasu reakcji na:
 a/ odporność łączności radiowej UKF w obronie dywizji /Ost/;
 b/ ilość seansów niezakłóconych ze względu na czas reakcji stacji zakłóceń [Ns nz /tr/].

5.2.4. Badanie łącznego wpływu czasu reakcji podsystemu zakłóceń i długości linii na odporność systemu łączności

W dotychczas przeprowadzonych badaniach modeli systemów hipotetycznych, dokonano oceny indywidualnego wpływu poszczególnych czynników determinujących odporność systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne. Analizując uzyskane wyniki, uznano za celowe przebadać łączny wpływ kilku czynników na tę odporność. Jednak uwzględniając realną możliwość wdrożenia już obecnie do systemów łączności wniosków wynikających z dotychczasowych badań, ograniczono zakres badań do oceny odporności systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne po zwiększeniu czasu reakcji podsystemu zakłóceń do 1 i 1,5 minuty oraz zmniejszeniu o 50 % długości linii łączności.

Wyniki badań tak utworzonych modeli hipotetycznych systemów dokumentują kwestionariusze eksperymentów symulacyjnych nr 55-58, zaś zbiorcze zestawienie wyników przedstawia tabela nr 23.

Tabela 23

Porównanie wyników symulacji rzeczywistego systemu łączności /R/ z rezultatami symulacji systemów hipotetycznych /H/ utworzonych poprzez zmiany czasu reakcji i zmniejszenie długości linii łączności /Kds=0,5/

Nr eksperymentu	Typ modelu systemu	Czas reakcji min	Srednia długość linii km	Kds	Ilość seansów zakłóconych	Wskaźnik odporności systemu
5	R	0,25	7,7	1	280	0,72
55	H	1		0,5	144	0,856
6	R	0,25	6,6	1	192	0,808
56	H	1,5		0,5	72	0,928
17	R	0,35	9,3	1	303	0,697
57	H	1		0,5	207	0,793
18	R	0,35	9,2	1	373	0,627
58	H	1,5		0,5	174	0,826

Analiza prezentowanych w tabeli nr 23 wyników badań, wskazuje na celowość skracania długości linii łączności przy jednoczesnym stosowaniu przedsięwzięć wpływających na zwiększenie czasu reakcji podsystemu zakłóceń. Przy zastosowaniu obu wymienionych wyżej przedsięwzięć można oczekiwać wzrostu wskaźnika odporności systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne od wielkości około 0,12 w natarciu dywizji /eksperymenty nr 55 i 56/ i do 0,2 w obronie dywizji /eksperymenty nr 57 i 58/.

5.3. Uwagi o odporności systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne emitowane przez nadajniki zakłócające jednorazowego użytku

System łączności dywizji będzie obiektem oddziaływania radioelektronicznego, zarówno stacji zakłóceń występujących w pododdziałach WRE jak i nadajników zakłócających jednorazowego użytku /NZJU/. Stąd też wyniki prezentowane dotychczas w rozprawie należy traktować jako odzwierciedlenie ciągłego i stałego zagrożenia radioelektronicznego. Natomiast w okresach walki, w których przeciwnik może zastosować nadajniki zakłócające jednorazowego użytku należy przewidywać znaczne zmniejszenie się wielkości wskaźnika odporności systemu łączności dywizji.

Problem wpływu nadajników zakłócających jednorazowego użytku na odporność systemu łączności, został szczegółowo przebadany na podobnym modelu symulacyjnym przez płk. Bonifacego SUMERĘ w rozprawie doktorskiej na temat: WYKORZYSTANIE NADAJNIKÓW ZAKŁÓCAJĄCYCH JEDNORAZOWEGO UŻYTKU DO OBEZWŁADNIANIA RADIOELEKTRONICZNEGO SYSTEMU DOWODZENIA SZCZEBŁA TAKTYCZNEGO SIŁ ZBROJNYCH GŁÓWNYCH PAŃSTW NATO ORAZ BADANIE EFEKTYWNOŚCI ICH UŻYCIA METODĄ SYMULACJI KOMPUTEROWEJ. Biorąc pod uwagę powyższy fakt,

w rozprawie odstępiono od szczegółowych badań wpływu nadajników zakłócających jednorazowego użytku na odporność systemu łączności dywizji. Przyjęto natomiast przez analogię w ogólnej ocenie zagrożenia radioelektronicznego dywizji, wyniki badań prezentowane w wyżej wymienionej rozprawie. Wynika z nich, że przy zmasowanym zastosowaniu nadajników zakłócających jednorazowego użytku przez przeciwnika na obiekty radioelektroniczne dywizji, odporność systemu łączności może spaść do poziomu 0,3, a nawet 0,1 /efektywność użycia nadajników zakłócających jednorazowego użytku wyniosła 0,7-0,9/. Powoduje to konieczność uwzględnienia przy ogólnej ocenie odporności systemu łączności dywizji również i efektów wynikających z zastosowania przez przeciwnika nadajników zakłócających jednorazowego użytku. Jednak ze względu na fakt, że obiektem oddziaływania obu grup nadajników zakłóceń /tj. stacji zakłóceń pododdziałów WRE i nadajników zakłóceń jednorazowego użytku/ są przede wszystkim bezprzewodowe środki łączności rozmieszczone na węzłach łączności, uznano za konieczne dokonywanie oceny odporności systemu łączności w oparciu o sumę logiczną wskaźników efektywności obu tych grup nadajników.

Uogólniając powyższe oceniono, że przy stałym i ciągłym zagrożeniu radioelektronicznym ze strony stacji zakłóceń pododdziałów WRE przeciwnika, odporność systemu łączności dywizji wynosi od około 0,77 w natarciu do około 0,61 w obronie. Natomiast w okresach zmasowanego zastosowania przez przeciwnika nadajników zakłóceń jednorazowego użytku, odporność systemu łączności dywizji może spaść do poziomu 0,3-0,1, co odpowiada sumie logicznej obu ocen.

Ze względu na istotny wpływ na odporność systemu łączności dywizji zmasowanego użycia przez przeciwnika nadajników zakłóca-

jących jednorazowego użytku, w rozprawie przeprowadzono dodatkowe badania ukierunkowane na zminimalizowanie efektów ich zastosowania.

Z literatury przedmiotu wynika, że nadajniki zakłócające jednorazowego użytku będą stosowane przeciwko zasadniczym obiektom radioelektronicznym w ugrupowaniu strony przeciwnej, w sposób kompleksowy, w okresach rozstrzygających wydarzeń na polu walki. Powyższe oznacza, że węzły łączności dywizji będą obiektami zastosowania przez przeciwnika tych nadajników. Ilość nadajników zrzuconych na węzeł łączności będzie gwarantowała pokrycie zakłóceniami szerokopasmowymi całego zakresu częstotliwości wykorzystywanego przez bezprzewodowe urządzenia teletransmisyjne danego węzła.

Jak w takiej sytuacji będzie się przedstawiała odporność na zakłócenia radioelektroniczne linii łączności organizowanych z danego węzła łączności? W przeprowadzonej analizie uwarunkowań energetycznych odporności linii łączności, za punkt wyjścia przyjęto:

- zastosowanie przez przeciwnika nadajników o mocach 20 oraz 100 W;
- emitowanie przez jeden nadajnik zakłóceń w paśmie o szerokości 10 MHz;
- zrzut nadajników w odległości od 50 m do 500 m od bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych węzła łączności;
- stosowanie przez środki łączności dywizji emisji o szerokości pasma nie przekraczającej 10 kHz.

Dla powyższych warunków dokonano obliczeń bezpiecznej długości linii łączności, wykorzystując zależność 10 /pkt 5.2.2 rozprawy/, w której dla stosunku mocy $\frac{P_z}{P_s}$ wprowadzono współ-

czynnik $K = 10^{-3}$, uwzględniający różnice w gęstości mocy sygnału zakłócającego i użytecznego. Wyniki badań dla poszczególnych typów radiostacji oraz podanej wyżej mocy nadajników zakłóceń przedstawiono na rysunku nr 23 w formie wykresu zależności bezpiecznej długości linii łączności /bds/ od dokładności zrzutu nadajników zakłóceń, będącego zarazem odległością zakłóceń /dz/.

Analiza wielkości bezpiecznych długości linii łączności prezentowanych na wykresie wskazuje na skuteczne zakłócanie praktycznie wszystkich linii łączności organizowanych z węzła łączności będącego obiektem użycia przez przeciwnika nadajników zakłócających jednorazowego użytku. Maksymalne wartości przedstawionych bezpiecznych długości linii łączności nawet dla radiostacji R-137 /wynoszące około 950 m przy jej odległości od nadajnika zakłóceń równej 100 m, czy też 1800 m przy odległości od nadajnika zakłóceń równej 200 m/ są pomijalnie małe w stosunku do rzeczywistych odległości do korespondentów.

Zalecane w literaturze przedmiotu wyszukiwanie i niszczenie przez obsługi węzłów łączności zrzuconych nadajników zakłóceń jednorazowego użytku, jako przedsięwzięcie mające zapewnić funkcjonowanie systemu łączności, zdaniem autora rozprawy, jest przedsięwzięciem mało efektywnym. Wynika to z zasad użycia tych nadajników, ich maskujących właściwości, czasochłonności procesu poszukiwania oraz braku specjalistycznych środków ułatwiających odnalezienie nadajników emitujących zakłócenia. Jeżeli celem przeciwnika jest obezwładnienie czasowe węzła łączności stanowiska dowodzenia, to o ile czas odszukania i zniszczenia nadajników zakłócających jednorazowego użytku przekracza założoną wielkość czasu obezwładniania, to przedsięwzięcie poszukiwania

nadajników jest praktycznie bezcelowe.

Uwzględniając, że na szczeblach taktycznych zasadniczym rodzajem łączności jest łączność radiowa i jednocześnie fakt, iż główne osoby funkcyjne dowództw, sztabów oraz szefowie rodzajów wojsk dysponują wysoce mobilnymi i manewrowymi wozami dowodzenia, wyposażonymi głównie w środki radiowe zapewniające łączność zarówno z przełożonym jak i z podwładnymi, autor rozprawy za zasadnicze przedsięwzięcie zapewniające możliwość dowodzenia wojskami po zastosowaniu przez przeciwnika nadajników zakłócających jednorazowego użytku, uważa opuszczenie rejonu stanowiska dowodzenia natychmiast po stwierdzeniu zrzutu tych nadajników.

Za celowością stosowania przedstawionej propozycji świadczy następujące uzasadnienie:

- realnym jest osiągnięcie gotowości do wyjazdu w trybie alarmowym wozu dowodzenia wraz z obsługą i osobami funkcyjnymi w czasie do 2';

- czas przejazdu wozu dowodzenia na odległość gwarantującą korzystny bilans energetyczny / $\frac{E_z}{E_s}$ / około 5'- 6'/5 km przy szybkości jazdy 40 km/godz./;

- łączny czas przerwy w łączności 7'- 8' jest mniejszy od czasu poszukiwania nadajników zakłóceń w rejonie rozmieszczenia stanowiska dowodzenia.

Wielkość odległości oddalenia od rejonu zrzutu nadajników zakłócających jednorazowego użytku gwarantującej korzystny bilans energetyczny / $\frac{E_z}{E_s}$ / ustalono na podstawie badań bezpiecznej długości linii łączności dla różnych typów radiostacji ^{dopuszli} mocy nadajników zakłóceń /Pz/. Wyniki tych badań przedstawiono na rysunku nr 24 w formie wykresu zależności wielkości bezpiecznej długości linii łączności /bds/ od odległości zakłóceń /dz/.

Z podanego wykresu wynika, że po oddaleniu wozów dowodzenia na odległość 5 km od rejonu zrzutu nadajników zakłócających jednorazowego użytku, bezpieczna długość linii łączności wynosi od 3,7 km dla radiostacji R-107 do 10,1 km dla radiostacji R-111, przy mocy nadajników zakłóceń równej 100 W. Wielkości te przewyższają rzeczywistą odległość do większości elementów ugrupowania bojowego dywizji.

Uogólniając można stwierdzić, że zasadniczym przedsięwzięciem minimalizującym destrukcyjny wpływ na ciągłość łączności wywierany przez nadajniki zakłócające jednorazowego użytku, jest natychmiastowe opuszczenie, w trybie alarmowym rejonu zrzutu nadajników na odległość od 4 do 6 km. Wymaga to opracowania i stosowania przedsięwzięć zapewniających natychmiastowe, z chwilą zrzutu nadajników, opuszczenie rejonu stanowiska dowodzenia przez główne osoby funkcyjne wraz z ich etatowymi wozami /aparatomniami/ dowodzenia.

WNIOSKI I KIERUNKI DALSZYCH BADAŃ

Na podstawie badań przeprowadzonych w ramach niniejszej rozprawy, można sformułować następujące stwierdzenia i wnioski końcowe:

1. Zaproponowana metoda oceny zagrożenia radioelektronicznego systemów łączności, pozwala na wiarygodne i wszechstronne dokonywanie badań odporności systemu łączności dywizji, zarówno w aspekcie rzeczywistym jak i hipotetycznym, przeciwstawiając mu aktualne i perspektywiczne systemy zakłóceń potencjalnego przeciwnika.

2. Przeprowadzane badania na systemach rzeczywistych wskazują na istniejący stopień odporności systemu łączności dywizji na zakłócenia radioelektroniczne. W zależności od rodzaju walki wynosi on przy ciągłym zagrożeniu radioelektronicznym ze strony stacji zakłóceń pododdziałów WRE przeciwnika od 0,77 w natarciu dywizji do 0,61 w obronie. Natomiast w okresach zmasowanego zastosowania przez przeciwnika nadajników zakłócających jednorazowego użytku obniża się do poziomu 0,3 - 0,1.

3. W oparciu o przeprowadzone badania w zakresie oceny zagrożenia radioelektronicznego, a tym samym i odporności systemu łączności, wskazano konkretne rozwiązania organizacyjne uodparniające system łączności dywizji na zakłócenia radioelektroniczne. Jednak ich praktyczne wdrożenie do aktualnych systemów łączności powinno być poprzedzone odrębnymi badaniami ukierunkowanymi na:

- wypracowanie przedsięwzięć wpływających na zwiększenie czasu reakcji podsystemu zakłóceń przeciwnika;

- określenie sposobów i zasad celowego zwiększenia intensywności ruchu w liniach i w systemie łączności;

- sprecyzowanie praktycznych sposobów i zasad skracania długości linii łączności;

- wypracowanie zasad alarmowego opuszczania rejonu stanowiska dowodzenia przez zasadnicze osoby funkcyjne /wraz z ich etatowymi środkami łączności/ z chwilą zrzutu w jego rejon nadajników zakłócających jednorazowego użytku;

- określenie zasad i sposobów zastosowania w praktyce planowania systemu łączności nomogramów wyznaczających bezpieczną długość linii łączności.

4. Analiza uzyskanych wyników na modelu symulacyjnym w zakresie badań proponowanych rozwiązań, pozwala wnioskować o możliwości bezinwestycyjnego zwiększenia odporności systemu łączności dywizji na zakłócenia radioelektroniczne z poziomu 0,7 do 0,9 w natarciu oraz z poziomu 0,6 do 0,8 w obronie.

5. Zaproponowana metoda oceny odporności systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne pozwala dokonywać badań różnorodnych systemów łączności poprzez zmienianie w dowolny sposób wielkości ich poszczególnych parametrów, zarówno natury organizacyjnej, co zostało rozpatrzone w rozprawie, jak i natury technicznej. Biorąc powyższe pod uwagę, uznaje się za celowe kontynuowanie prac w zakresie uodpornienia systemu łączności na zakłócenia radioelektroniczne, również poprzez rozwiązania natury technicznej.

6. Sama metoda, oparta głównie na teorii masowej obsługi, rozwiązując problem oceny zagrożenia radioelektronicznego w oparciu o model symulacyjny wzbogacony o konkretne procedury analityczne, jak chociażby obliczanie w sposób analityczny bilansu energetycznego, na dzień dzisiejszy w pełni zaspakaja

potrzeby metodyczne, zarówno w zakresie dokonywania ocen zagrożenia radioelektronicznego systemów łączności w konkretnych działaniach wojsk, jak i badania ich nowych rozwiązań poprzez konstruowanie i ocenę modeli hipotetycznych systemów. Dlatego też może być z powodzeniem stosowana w praktyce działalności wojsk i pracach naukowo-badawczych.

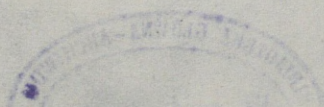
BIBLIOGRAFIA

1. Andracki, Sposoby ochrony systemów łączności radiowej i radioliniowej przed zakłóceniami. Zeszyty Naukowe Nr 1/86, ASG WP, 1986 r.
2. Adrjanowski, Organizacja, zasady użycia i możliwości środków walki radioelektronicznej nieprzyjaciela. Zeszyty Naukowe Nr 1/44/86, ASG WP, 1986 r.
3. Barański, Wybrane wnioski i doświadczenia z ćwiczenia "SOJUZ-83", Myśl Wojskowa, MON 1983 r.
4. Broniarek, Karkoszka, Źródła spirali zbrojeń, MON 1985 r.
5. Brzostek, Armijny system obezwładniania radioelektronicznego środków i systemów dowodzenia przeciwnika. Rozprawa habilitacyjna, ASG WP 1984 r.
6. Brzostek, Analiza możliwości zastosowania symulacji w procesie badań systemu walki radioelektronicznej, ASG WP 1981 r.
7. Dokumenty bojowe wojsk raketowych i artylerii, część III, Dowództwo WRiA, MON 1985 r.
8. Effiektiwność i bojowyje wozmożnosti średstw i kompleksow wojennoj swiazi, WAS Leningrad, 1976 r.
9. Gospodarka i zabezpieczenie tyłowe wojsk, część III. Organizacja zabezpieczenia tyłowego wojsk w działaniach bojowych. Podręcznik, MON 1984 r.
10. Informatyka w dowodzeniu. Podręcznik, ASG WP 1981 r.
11. Jedinyje taktiko-techniczeskije triebowania na poliewuju awtomatizirowannuju sistiemu uprawlenija wojskami fronta, MON 1973 r.
12. Jędruszczak, Analiza przepustowości systemu łączności dywizji zmechanizowanej w natarciu. Rozprawa doktorska, ASG WP 1983 r.

13. Konieczny, Podejście systemowe, WAT 1982 r.
14. Mackiewicz, Wpływ technicznych środków łączności na usprawnienie dowodzenia we współczesnych działaniach bojowych dywizji zmechanizowanej. Rozprawa doktorska, ASG WP 1970 r.
15. Mazurkiewicz, Kierunki doskonalenia metod planowania łączności na szczeblach taktycznych oraz kierowania nią w toku działań bojowych. Praca naukowo-badawcza, ASG WP 1983 r.
16. Metodyki obliczeń operacyjno-taktycznych obezwładniania radioelektronicznego, Sztab Gen. WP 1979 r.
17. Normatywny system łączności dywizji zmechanizowanej i pancerniej /w niezautomatyzowanym systemie dowodzenia/, MON 1984 r.
18. Ocena możliwości oddziaływania sił i środków walki radioelektronicznej Sił Zbrojnych państw NATO na system łączności dywizji /DZ, DPanc/ i armii w walce i operacji, SWŁ MON 1985 r.
19. Organizacja łączności w wojskach lądowych szczebla taktycznego. Instrukcja, MON 1986 r.
20. Patkowski, Zasady ogólne organizacji łączności. Podręcznik 1985 r.
21. Patkowski, Zwiększenie efektywności dowodzenia wojskami lądowymi w wyniku optymalizacji ich wyposażenia w techniczne środki łączności do 1980 r. Praca naukowo-badawcza, ASG WP 1980 r.
22. Piekarski, Założenia i zasady walki radioelektronicznej, ASG WP 1978 r.
23. Piekarski, Zagrożenie radioelektroniczne w operacji zaczepnej armii /frontu/ na północnym i centralnym kierunku strategicznym ZTDW, ASG WP 1983 r.
24. Podstawy automatyzacji dowodzenia wojskami. Podręcznik MON 1969 r.
25. Podstawowe normy i pojęcia taktyczne oraz ich wykładnia, ASG WP 1985 r.

26. Polowe węzły łączności związków taktycznych, oddziałów i pododdziałów. Instrukcja, MON 1984 r.
27. Regulamin walki wojsk lądowych Sił Zbrojnych PRL, MON 1985 r.
28. Pułk rakiet przeciwlotniczych KUB /OSA/ w działaniach bojowych. Podręcznik, ASG WP 1984 r.
29. Rotkiewicz, Kompatybilność elektromagnetyczna w radiotechnice, KiŁ 1978 r.
30. Siły i środki walki radioelektronicznej państw NATO. Zasady i sposoby wykorzystania ich w działaniach bojowych i operacyjnych. Studium taktyczno-operacyjne, ASG WP 1985 r.
31. Siły i środki walki radioelektronicznej sił zbrojnych państw NATO, Sztab Gen. WP 1981 r.
32. Sokołowski, Organizacja obezwładniania radioelektronicznego podczas wejścia armii do bitwy w operacji zaczepnej. Rozprawa doktorska, ASG WP 1980 r.
33. Rozpoznanie taktyczne w siłach zbrojnych NATO, Sztab Gen. WP, 1985 r.
34. Techniczne systemy transmisji danych w sieciach polowych dla armii ogólnowojskowej, WAT 1967 r.
35. Tyły taktyczne. Podręcznik, ASG WP 1979 r.
36. Wojska rakietowe i artylerii w operacji i walce. Podręcznik, ASG WP 1984 r.
37. Zasady organizacji i prowadzenia walki radioelektronicznej przez Siły Zbrojne PRL. Instrukcja, MON 1985 r.
38. Zapewnienie ciągłości pracy systemów łączności radiowej i radioliniowej dowodzenia wojskami w warunkach silnych zakłóceń radioelektronicznych. Biuletyn Informacyjny Nr 5/100/, Sztab Gen. 1970 r.
39. Zastosowanie symulacji na EMC do badania systemów łączności, WAT 1976 r.

40. Analiza możliwości wykorzystania aparatu "CYNIA" w systemach łączności na szczeblach operacyjnych. Opracowanie naukowe, ASG WP 1979 r.


Wydrukowano w 10 egz.
Egz. nr 1-10 Bibl. Nauk. DZS
Wyk. ppłk Gryciuk
Druk U.S. dnia 07.05.87r.
Druk ASG WP nr 0806/WW
Korekta autorska.

