



S/3621

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

AON wewr. 5010/97

Płk dr Józef JANCZAK

OBRONA RADIOELEKTRONICZNA MOBILNYCH SYSTEMÓW ŁĄCZNOŚCI

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid.
50248

WARSZAWA

1998

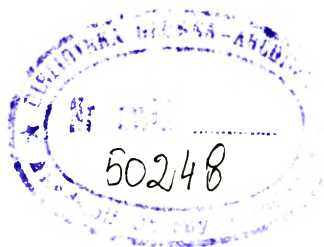
AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

**WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH
KATEDRA ROZPOZNANIA WOJSKOWEGO I ARMII OBCYCH**

AON wewn. 5010/97

Płk dr Józef JANCZAK

**OBRONA RADIOELEKTRONICZNA
MOBILNYCH SYSTEMÓW ŁĄCZNOŚCI**



WARSZAWA

8

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	5
2. Ogólny model obrony radioelektronicznej	8
3. Obrona mobilnych systemów łączności przed rozpoznaniem radioelektronicznym ...	10
4. Obrona mobilnych systemów łączności przed obezwładnieniem radioelektronicznym	29
5. Obrona mobilnych systemów łączności przed niszczeniem ogniowym bronią samonaprowadzającą się na źródła EM	40
6. Obrona przed zakłóceniami interferencyjnymi (wzajemnymi)	48
7. Kontrola radioelektroniczna	52
8. Zakończenie	54
Bibliografia	56
Załączniki	57

1. WSTĘP

Rozwojowi sił zbrojnych niezmiennie towarzyszy przeobrażanie ich związków operacyjnych, taktycznych, oddziałów i pododdziałów w środki walki nowej generacji wyposażone w wielofunkcyjne urządzenia radioelektroniczne. Urządzenia te mają szerokie zastosowanie w systemach dowodzenia wojskami, kierowania środkami rażenia oraz obserwacji pola walki. Elementami systemów dowodzenia wojskami, których funkcjonowanie oparte jest na wykorzystaniu tych środków i urządzeń są mobilne systemy łączności. Masowe wykorzystanie w systemach dowodzenia i łączności urządzeń radioelektronicznych sprawia, że uzyskanie przewagi w zbrojnych działaniach wojennych zależy nie tylko od efektywnego użycia broni masowego rażenia oraz klasycznych środków walki, lecz również od stopnia zdezorganizowania pracy tych systemów. Aby zminimalizować skutki tego zagrożenia w nowoczesnych armiach świata podejmuje się odpowiednie działania w zakresie ich obrony radioelektronicznej.

Specjaliści zachodni utożsamiają pojęcie obrona radioelektroniczna z kontrprzeciwdziałaniem radioelektronicznym (Electronic Counter - Counter Measure - ECCM), które obejmuje zespół przedsięwzięć o charakterze techniczno - organizacyjnym, umożliwiającym efektywne wykorzystanie własnych środków radioelektronicznych w warunkach walki radioelektronicznej. Do przedsięwzięć o charakterze technicznym zalicza się udoskonalanie i wprowadzanie do eksploatacji środków radioelektronicznych zabezpieczonych przed podsłuchem i zakłóceniami oraz technicznych środków maskowania, utajniania, itp. Natomiast przedsięwzięcia organizacyjne zawarte są w postanowieniach regulaminów i instrukcjach dotyczących zasad planowania i metod użycia środków walki radioelektronicznej, szkolenia w zakresie prowadzenia działań bojowych w warunkach stosowania WRe itp. Poza tym w uzbrojeniu głównych państw zachodnich znajdują się odpowiednie pociski raketowe, przeznaczone do niszczenia środków i urządzeń radioelektronicznych przeciwnika. Pośród środków WRe zalicza się je do najskuteczniejszych broni przeznaczonych do niszczenia lub obezwładniania urządzeń radiowych i radiolokacyjnych. W dostępnej literaturze zachodniej problematyka ECCM nie jest szeroko upowszechniana. Można jedynie spotkać niektóre ogólne postanowienia dotyczące celu działań podejmowanych w ramach kontrprzeciwdziałania radioelektronicznego, a mianowicie:

- ukrycie własnych środków radioelektronicznych przed rozpoznaniem radioelektronicznym lub ograniczenie możliwości ich wykrycia i wykorzystania przez przeciwnika,
- maksymalne zmniejszenie skutków działania zakłóceń w urządzeniach radioelektronicznych, poprzez wykorzystanie metod i układów przeciwzakłóceniovych (stabilizacja poziomu fałszywego alarmu, maksymalizacja poziomu sygnału do szumu, selekcja przestrzenna i częstotliwościowa, śledzenie celów w warunkach zakłóceń, itp.) oraz w wyniku zastosowania operacyjnych metod pracy w warunkach zakłóceń,
- wyeliminowanie wzajemnych zakłóceń własnych środków radioelektronicznych na podstawie wszechstronnej kontroli radioelektronicznej w wyniku odpowiedniego zarządzania mocą („Power Managment”) własnych środków radioelektronicznych i poprzez przedsięwzięcia kompatybilności elektromagnetycznej.

Współczesna obrona radioelektroniczna - stanowiąca element składowy walki radioelektronicznej - jest w wielu armiach rozpatrywana jako działania zarówno scentralizowane, podejmowane przez sztaby na etapie organizacji zbrojnych działań wojennych, jak również zdecentralizowane realizowane przez bezpośrednich użytkowników środków i urządzeń radioelektronicznych podczas ich eksploatacji. Zatem, pomimo że kierownictwo w zakresie organizacji obrony radioelektronicznej spoczywa na odpowiednich komórkach walki radioelektronicznej, to odpowiedzialność za wykonanie ww. działań spoczywa na dowódcach i sztabach (w tym i komórkach łączności) wszystkich szczebli dowodzenia oraz na osobach bezpośrednio eksploatujących środki i systemy radioelektroniczne.

Uwzględniając powyższe, problematyka obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności powinna być podejmowana podczas organizacji i prowadzenia zbrojnych działań wojennych, a jej wszechstronne rozwiązanie może w znaczny sposób wpłynąć na podwyższenie jakości i efektywności systemów dowodzenia. Autor opracowania jest przekonany, że problematykę tę należy rozpatrywać systemowo w okresie planowania i eksploatacji mobilnych systemów łączności w ramach zabezpieczenia zbrojnych działań wojennych. Nie ulega wątpliwości, że powinna być również wszechstronnie uwzględniana w trakcie projektowania perspektywicznych systemów łączności.

Opracowanie zawiera wstęp, sześć rozdziałów merytorycznych, zakończenie, wykaz literatury oraz załączniki.

We wstępie (*rozdziale pierwszym*) ukazano rolę obrony radioelektronicznej we współczesnych zbrojnych działaniach wojennych.

W rozdziale drugim przedstawiono ogólny model obrony radioelektronicznej oraz wyspecyfikowano jego elementy składowe.

W rozdziale trzecim zaprezentowano zakres możliwych działań i przedsięwzięć podczas organizacji obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności przed rozpoznaniem radioelektronicznym.

W rozdziale czwartym przedstawiono zakres możliwych działań i przedsięwzięć podczas organizacji obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności przed obezwładnianiem radioelektronicznym.

W rozdziale piątym przedstawiono zakres możliwych działań i przedsięwzięć podczas organizacji obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności przed niszczeniem ogniowym bronią samonaprowadzającą się na źródła EM.

W rozdziale szóstym przedstawiono propozycję działań i przedsięwzięć podczas organizacji obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności przed zakłóceniami interferencyjnymi (wzajemnymi).

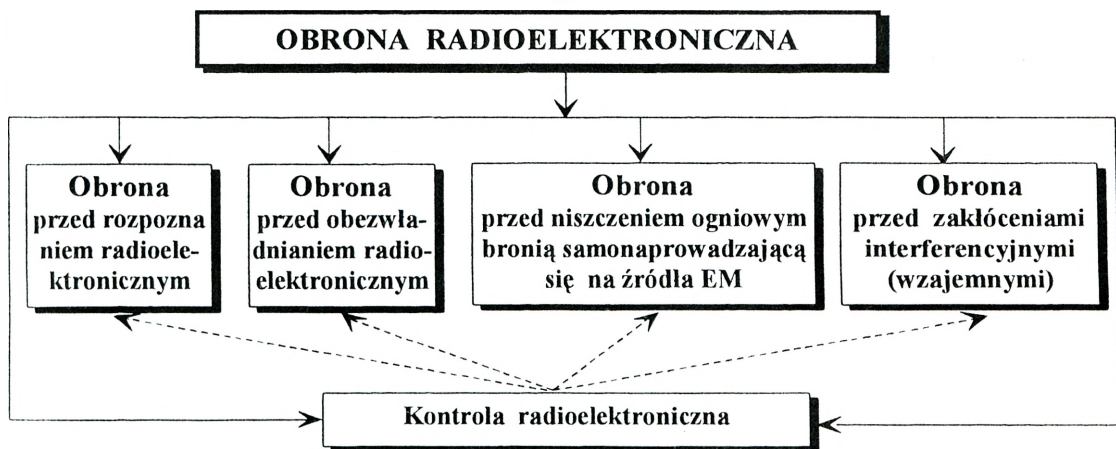
W rozdziale siódmym przedstawiono propozycję rozwiązania problemu kontroli radioelektronicznej mobilnych systemów łączności.

W zakończeniu (*rozdziale ósmym*) zawarto sugestie dotyczące konieczności powołania organu kierowania obroną radioelektroniczną mobilnych systemów łączności.

Kierując się zachodzącymi w ostatnim czasie zmianami technicznymi i organizacyjnymi w SZ RP, w opracowaniu podjęto próbę przedstawienia problematyki obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności, uwzględniając stronę operacyjno-taktyczną, organizacyjną, a także częściowo techniczną w zakresie niezbędnym dla kształcenia różnych grup studentów oraz kursów specjalistycznych AON. Opracowanie może być również wykorzystane do doskonalenia kadry sztabów i wojsk w zakresie organizacji obrony radioelektronicznej polowych systemów łączności różnych szczebli dowodzenia, które umownie nazwano mobilnymi systemami łączności.

2. Ogólny Model obrony radioelektronicznej

Istotnym wskaźnikiem skuteczności obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności jest stopień zapewnienia stabilnej pracy bezprzewodowych środków teletransmisyjnych, tj. radiostacji, stacji radioliniowych, radiotelefonów i innych wykorzystywanych we wszystkich komponentach mobilnego systemu łączności¹. Jak powszechnie wiadomo - są cennymi i łatwo dostępnymi źródłami informacji dla strony przeciwnej, a ich podatność na porażenie ogniowe lub obezwładnienie radioelektroniczne grozi zerwaniem dowodzenia w najbardziej krytycznych momentach walki. Problematyka obrony radioelektronicznej mobilnego systemu łączności nie była dotychczas podejmowana w takim wymiarze. W regulaminach i dokumentach normatywnych wyszczególniane były jedynie przedsięwzięcia organizacyjne i techniczno-eksploatacyjne obrony polowych mobilnych systemów łączności przed rozpoznaniem radioelektronicznym, zakłóceniami i dywersją radiową. Należy nadmienić, że ranga obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności (SŁ) we współczesnych zbrojnych działaniach wojennych powinna być proporcjonalna do rosnącego nasycenia pola walki różnorodnymi środkami i urządzeniami radioelektronicznymi oraz wynikających stąd różnorodnych zagrożeń. Mając na uwadze powyższe proponuje się, aby ogólny model obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności obejmował elementy składowe wyszczególnione na rysunku nr 2.1.



Rys. 2.1. Ogólny model obrony radioelektronicznej

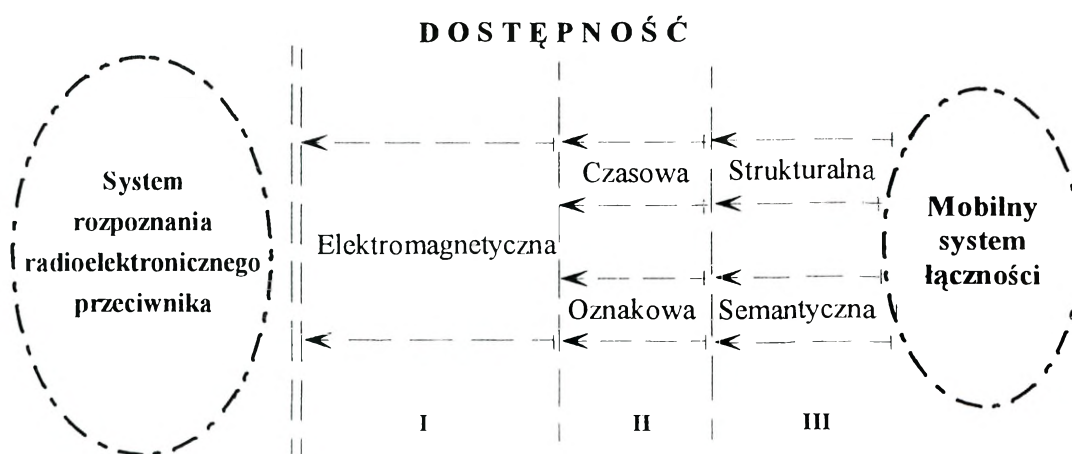
¹ Mobilny system łączności obejmuje: węzły łączności oraz teletransmisyjne linie łączności, podsystem łączności abonentów mobilnych, podsystem wojskowej poczty polowej, podsystem kierowania i zarządzania.

Zbudowany w ten sposób model obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności zapewni stabilną pracę bezprzewodowych środków i urządzeń łączności w warunkach kompleksowego radioelektronicznego oddziaływania strony przeciwnej, uderzeń broni precyzyjnej (oddziaływania ogniowego), a także występowania częstych przypadków zakłóceń interferencyjnych, technicznych i naturalnych.

3. Obrona mobilnych systemów łączności przed rozpoznaniem radioelektronicznym

Obrona mobilnych systemów łączności przed rozpoznaniem radioelektronicznym powinna być działaniem pierwszoplanowym wojsk łączności i wszystkich bezpośrednich użytkowników bezprzewodowych środków łączności, bowiem są one stosunkowo łatwo dostępnymi źródłami informacji dla systemów rozpoznania radioelektronicznego strony przeciwnej zarówno w okresie pokojowym jak i w stanie wojny. Dostępność mobilnych systemów łączności dla systemów rozpoznania radioelektronicznego przedstawiono na rysunku nr 3.1.

Dostępność elektromagnetyczna uzależniona jest warunkami energetycznymi, tj. wymaganym stosunkiem poziomu sygnału do szumu na wejściu rozpoznawczego urządzenia odbiorczego (w łączy radiowym: rozpoznawany nadajnik - rozpoznawcze urządzenie odbiorcze strony przeciwnej). Radioelektroniczne środki łączności są dostępne elektromagnetycznie w ściśle określonym obszarze, który można określić jako strefa dostępności elektromagnetycznej. Głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej uzależniona jest przede wszystkim od parametrów równania przepływu mocy w łączy radiowym utworzonym przez ukrywany nadajnik i odbiornik rozpoznawczy przeciwnika.



Rys. nr 3.1. Dostępność mobilnych systemów łączności

Równanie to, uwzględniając najczęściej wykorzystywane w takim łączy rodzaje propagacji fal elektromagnetycznych można przedstawić w następujących postaciach:

1. *Propagacja typu ogólnego* (wykorzystywana przez naziemne środki rozpoznania radiowego przeciwnika podczas rozpoznania naziemnych radioelektronicznych środków łączności wojsk):

$$P_o = \frac{P_n \cdot G_n \cdot G_o}{p \cdot L_b} \quad (3.1.)$$

gdzie:

- P_o - moc sygnału użytecznego przekazywana do odbiornika,
- P_n - moc przekazywana z nadajnika do anteny nadawczej,
- G_n - zysk energetyczny anteny nadawczej,
- G_o - zysk energetyczny anteny odbiorczej,
- p - współczynnik ochronny emisji,
- L_b - tłumienność trasy radiowej między antenami określana z zależności:

$$L_b = \frac{R^4}{h_1^2 \cdot h_2^2}, \text{ przy czym:}$$

- R [km] - odległość między antenami nadajnika i odbiornika,
- h_1 [m]- wzniesienie skorygowane anteny nadawczej wyrażane zależnością:

$$h_1 = \sqrt{h_n^2 + h_m^2}$$

- h_2 [m] - wzniesienie skorygowane anteny odbiorczej wyrażane zależnością:

$$h_2 = \sqrt{h_o^2 + h_m^2}$$

- h_n, h_o [m] - wysokość zawieszenia (wzniesienia) anteny nadawczej (odbiorczej) nad ziemią,
- h_m ($\epsilon, \sigma, \lambda$) [m] - wzniesienie pozorne anteny przy danej polaryzacji [m] wyrażane zależnością:

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

„+” - dla polaryzacji poziomej,

„-” - dla polaryzacji pionowej,

ϵ , σ - przenikliwość elektryczna i konduktywność gruntu na trasie radiowej.

2. *Propagacja przestrzenna* (wykorzystywana przez naziemne środki rozpoznania radiowego podczas rozpoznania powietrznych radioelektronicznych środków łączności oraz przez powietrzne środki rozpoznania radiowego przeciwnika):

$$P_o = \frac{P_n \cdot G_n \cdot G_o}{P \cdot L_b} \quad (3.2.)$$

gdzie:

$$L_b = \frac{R^4}{h_n^2 \cdot h_o^2}$$

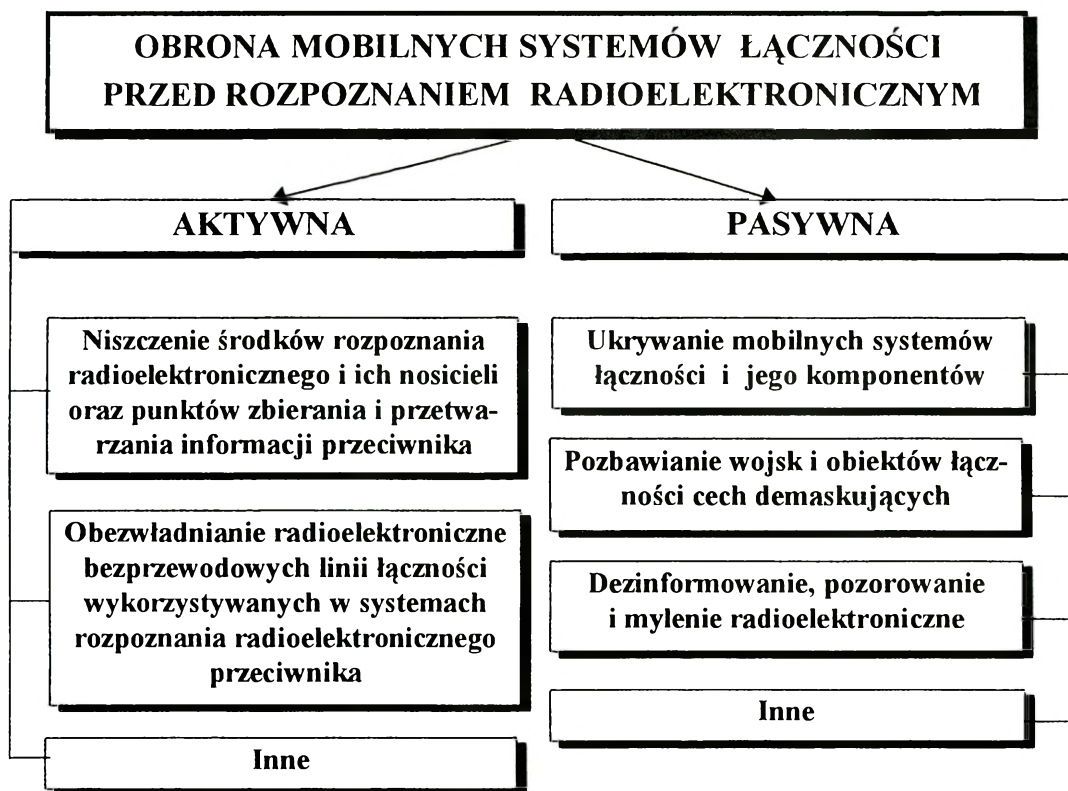
Z równań przepływu mocy w łączy radiowym utworzonym przez ukrywany nadajnik i urządzenie rozpoznawcze przeciwnika wynika, że głębokość strefy elektromagnetycznej zależy od mocy nadajnika, jego rodzaju pracy oraz wysokości wzniesienia (zawieszenia) anteny nadawczej własnej radiostacji oraz anteny odbiorczej urządzenia rozpoznawczego przeciwnika, długości fali roboczej i jej polaryzacji oraz właściwości elektrycznych gruntu w miejscu i na trasie radiowej (w przypadku propagacji typu ogólnego). Wartości tych parametrów z wyjątkiem wysokości zawieszenia anteny odbiorczej urządzenia rozpoznawczego przeciwnika powinny być odpowiednio kształtowane w procesie organizacji i eksploatacji systemów łączności.

Dostępność czasową warunkują czasy trwania seansów radiowych oraz intensywność wymiany radiowej. Jest ona wprost proporcjonalna do wielkości ww. składowych.

Dostępność oznakowa i strukturalna uwarunkowana jest istnieniem cech (oznak, właściwości) demaskujących pracę środków i systemów łączności, które umożliwiają organom rozpoznania radioelektronicznego zidentyfikowanie sygnałów emitowanych przez te środki, ich lokalizację, określenie składu sieci (linii) i węzłów łączności oraz ich przynależności do szeregu dowodzenia.

Dostępność semantyczną warunkuje stopień utajnienia wiadomości przekazywanych w systemach łączności.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że *obronę mobilnych systemów łączności przed rozpoznaniem radioelektronicznym należy ukierunkować na ograniczenie do niezbędnego minimum dostępności elektromagnetycznej (energetycznej), czasowej, oznakowej, strukturalnej i semantycznej bezprzewodowych środków i urządzeń teletransmisyjnych w strefach i sektorach niepożądanych, tj. poza linię styczności wojsk.* Obrona przed skutkami rozpoznania radioelektronicznego powinna być działaniem pierwszoplanowym organizatora mobilnych systemów łączności oraz bezpośrednich użytkowników urządzeń łączności. Istota działań w tym zakresie powinna polegać na *ochronie urządzeń nadawczych, promieniujących energię elektromagnetyczną oraz na ochronie treści informacji zawartej w tej energii.* Zatem obrona mobilnych systemów łączności przed rozpoznaniem radioelektronicznym powinna obejmować kompleks działań i przedsięwzięć aktywnych oraz pasywnych przedstawionych na rysunku nr 3.2.



Rys. nr 3.2. Obrona mobilnych SŁ przed rozpoznaniem radioelektronicznym

Wojska łączności mogą podejmować przede wszystkim działania pasywne w zakresie ukrywania, pozbawienia wojsk i obiektów łączności (elementów systemu łączności) cech demaskujących oraz dezinformowanie i pozorowanie (mylenie) radioelektroniczne.

Ukrywanie mobilnych SŁ i jego komponentów powinno stanowić jedno z najistotniejszych zadań obrony radioelektronicznej okresu pokoju oraz początkowego okresu wojny².

Ukrywanie wojsk i obiektów powinno dążyć do przekształcenia ugrupowania operacyjnego w zbiór, w miarę możliwości jednorodnych, trudnych do zidentyfikowania obiektów, nie stanowiących opłacalnych celów dla broni precyzyjnej przeciwnika (z ugrupowania których nie wynika ani przynależność, ani zamiar ich bojowego wykorzystania). Powinno być realizowane przez wszystkie jednostki wojskowe, ich elementy ugrupowania bojowego i systemy dowodzenia (łączności) w zakresie wynikającym ze specyfiki ukrywanych obiektów i systemów. Ukrywanie może być osiągnięte w wyniku ograniczania do niezbędnego minimum dostępności elektromagnetycznej i czasowej mobilnego systemu łączności dla rozpoznania radioelektronicznego strony przeciwnej. W tym celu należy podjąć szereg działań organizacyjnych i technicznych. Przykładowe działania w zakresie ukrywania mobilnego systemu łączności przedstawione zostały na rysunku nr 3.3.

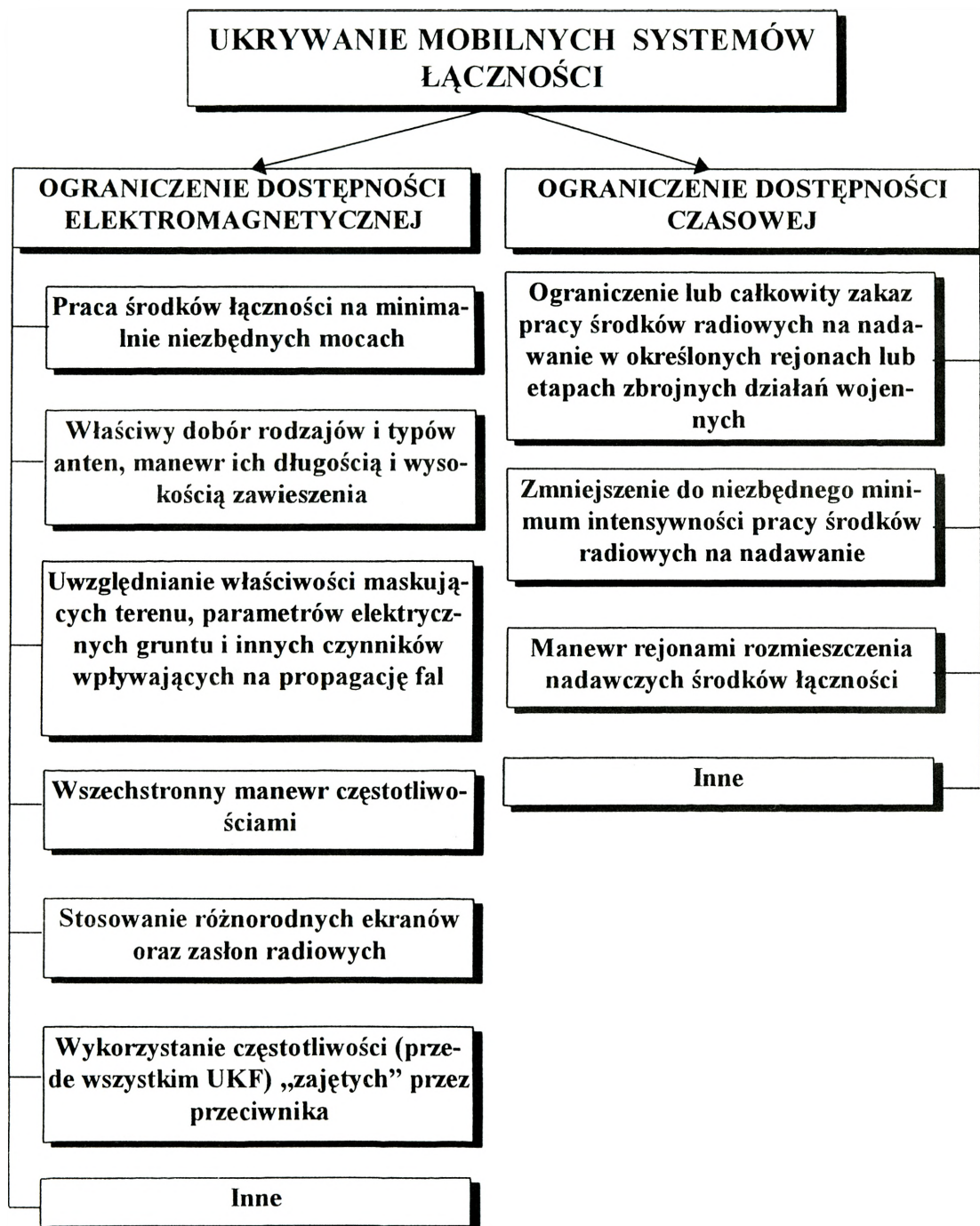
Praca środków łączności na minimalnie niezbędnych mocach jest jednym z najprostszych sposobów ograniczania strefy dostępności elektromagnetycznej. Z równań przepływu mocy w łączu radiowym (zależność 3.2) wynika, że niezależnie od rodzaju propagacji fal radiowych moc nadajnika (P_n) jest wprost proporcjonalna do czwartej potęgi zasięgu łączności (R). Oznacza to, że sygnały nadajnika pracującego z mocą (P_1) mogą być przechwytywane na określonych kierunkach przez urządzenie rozpoznawcze przeciwnika z odległości nie większej niż (R_1). Jest to głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej na tych kierunkach. Ograniczając moc nadajnika do (P_2) spowoduje się zmniejszenie strefy dostępności elektromagnetycznej zgodnie z zależnością:

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt[4]{\frac{P_1}{P_2}} \quad (3.3.)$$

Ukrywanie środków i mobilnych systemów łączności poprzez zmniejszenie mocy ich nadajników możliwe jest tylko w przypadkach, gdy głębokość strefy dostępności elek-

² Rozpoznanie radioelektroniczne - jako działanie bierne, nie odczuwalne przez wojska łączności - może być prowadzone również w okresie pokoju.

tromagnetycznej podczas pracy z minimalną mocą jest mniejsza niż odległość miejsca rozwinięcia środków nadawczych od linii styczności wojsk. Zatem dotyczy to środków i urządzeń łączności przede wszystkim UKF rozmieszczanych poza taktyczną strefą obrony.



Rys. nr 3.3. Ukrywanie mobilnych systemów łączności

Należy nadmienić, że głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej powinno się oceniać oddzielnie w odniesieniu do naziemnych i powietrznych środków rozpoznania radiowego przeciwnika.

Kryterium doboru właściwego rodzaju i typu anten jest skierowane do dowódców elementów łączności i nakazuje im właściwie użytkować systemy antenowe. Muszą oni dążyć do tego, aby korzystać z anten o najmniejszym zysku energetycznym w łączy nadajnik - odbiornik rozpoznawczy, przy możliwie największej wartości tego parametru w łączy nadajnik - odbiornik korespondenta. Oznacza to, że najkorzystniej jest stosować anteny kierunkowe o wąskim listku głównym charakterystyki promieniowania i jak najmniejszym poziomie listków bocznych. Wymagane właściwości posiadają anteny promieniowe z falą bieżącą - w grupie radiostacji małej mocy oraz częściowo anteny stacji radioliniowych. Głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej dla środków łączności pracujących z tymi antenami w zależności od ich zorientowania w stosunku do linii styczności wojsk, (tzn. w zależności od kąta pomiędzy wzdłużną osią kierunkową anteny a linią styczności wojsk) przedstawiono w załączniku nr 1 i 2. Z treści ww. załączników wynika, że można skutecznie ukryć przed rozpoznaniem radiowym radiostacje małej mocy rozmieszczone w odległości poniżej dwóch kilometrów, stacje radioliniowe szczebla taktycznego rozmieszczone powyżej 5 km a stacje radioliniowe szczebla operacyjnego rozmieszczone powyżej 5 km od linii styczności wojsk. Jest to możliwe wtedy, gdy topologia mobilnego systemu łączności umożliwia orientowanie anten kierunkowych tych środków łączności w stosunku do linii styczności wojsk pod takimi kątami, przy których głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej będzie mniejsza niż oddalenie od rubieży styczności wojsk ukrywanych radiostacji (stacji radioliniowych). Wartości tych kątów mieszczą się w granicach: 130°- 50° dla anteny promieniowej i logarytmiczno - periodycznej [zał. nr 1]; 150°- 30° dla anteny kątowej; 170°- 10° dla anteny typu Yagi [zał. nr 2]. Mimo niewątpliwych zalet anteny kierunkowe, (szczególnie anteny radiostacji UKF) posiadają szereg wad, mianowicie:

- dużą wrażliwość na zniszczenie środkami ogniowymi,
- możliwość zapewnienia łączności tylko na postoju oraz w przypadku, gdy znane są miejsca rozmieszczenia korespondentów,
- konieczność zwijania i rozwijania w celu zmiany ich orientacji (z wyjątkiem anten radioliniowych),

- trudności w zapewnieniu łączności w sieciach radiowych.

Niedostatki te mogą być usunięte poprzez wyposażenie radiostacji w tzw. anteny adapttywne, które zapewniają elektroniczny manewr kierunkiem i wartością energii elektromagnetycznej emitowanej w jednej lub kilku wąskich wiązках (zależnie od sposobu organizacji łączności) przy silnym stłumieniu sygnałów w obszarze promieniowania niepożądanego.

Wykorzystywanie anten prętowych jest niekorzystne z punktu widzenia przeciwdziałania rozpoznaniu radiowemu przeciwnika. Posiadają one dookólne charakterystyki promieniowania, a głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej środków łączności wykorzystujących te anteny wzrasta z ich zyskiem energetycznym i jest wprost proporcjonalna do zasięgu łączności [zał. nr 3]. Mimo to wykorzystując anteny prętowe należy mieć na uwadze następujące spostrzeżenia:

1. Wartość ich zysku energetycznego maleje wraz z ich długością [zał. nr 4]. Tak więc w celu ograniczenia dostępności elektromagnetycznej radiostacji należy stosować jak najkrótsze anteny, przy wykorzystaniu których jest możliwe utrzymanie łączności.
2. Jednym z najskuteczniejszych sposobów ograniczenia strefy dostępności elektromagnetycznej jest odkształcenie charakterystyk promieniowania anten dookólnych za pomocą *różnorodnych ekranów*. W charakterze ekranów mogą być wykorzystywane wszystkie nieprzezroczyste dla fal elektromagnetycznych obiekty i przedmioty, jeśli przewyższają o ponad 10% wysokość anteny i są oddalone na odległość 12 - 25% długości fali roboczej nadajnika w kierunku przeciwnika. Dla zakresu UKF stanowi to wielkość 0,8 - 2,5 m w zależności od średniej wartości wykorzystywanych częstotliwości, a odległość 1,25 m jest wielkością optymalną, która pozwala skutecznie ekranować anteny bez względu na długość fali roboczej tego zakresu [zał. nr 5]. Do odkształcenia charakterystyk promieniowania anten prętowych mogą być wykorzystywane żelazne i żelbetonowe słupy przewodowych linii telekomunikacyjnych, energetycznych linii przesyłowych, elektrycznych trakcji kolejowych oraz mosty, wiadukty, obiekty przemysłowe, zabudowania mieszkalne i inne. W przypadku wozów dowodzenia należy zwrócić uwagę, aby wykorzystywane ekrany nie wykluczały możliwości utrzymania łączności z korespondentami rozmieszczonymi bliżej linii styczności wojsk (głównie łączności z podwładnymi). Umiejętne stosowanie sztucznych i naturalnych elementów pozwoli ograniczyć głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej,

np. radiostacji małej mocy z 14 -17 km [zał. nr 6] do rzędu kilkuset metrów.

3. Znaczne zmniejszenie głębokości strefy dostępności elektromagnetycznej można uzyskać *zmniejszając wysokość zawieszenia anten ukrywanych radiostacji*. Zależność pomiędzy wysokością zawieszenia anteny a głębokością strefy dostępności elektromagnetycznej ilustruje załącznik nr 7. Z wykresu wnioskuje się, że gdy dąży się do wyeliminowania dostępności elektromagnetycznej środka łączności, to wówczas należy unikać umieszczania ich anten na masztach, a jeśli jest to konieczne, należy anteny zawieszać na ich najmniejszych wysokościach, przy których jest możliwe zapewnienie łączności.

Kolejnym czynnikiem wywierającym wpływ na głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej środków łączności, zwłaszcza z zakresu UKF są *warunki terenowe*. Podczas wyboru rejonów i stanowisk do rozwijania środków łączności powinny być uwzględniane, obok obecności masek naturalnych, również parametry elektryczne gruntu (przenikalność elektryczna i przewodność właściwa) na trasie radiowej. Parametry te są wielkościami złożonymi i ich wartość zmienia się w miarę struktury powłoki ziemskiej, jej poszycia oraz warunków atmosferycznych. Uśrednione wartości tych parametrów przedstawione są w tabeli nr 3.1.

Tabela nr 3.1.

Uśrednione parametry środowiska naturalnego powłoki ziemi

Rodzaj powłoki	Względna stała dielektryczna	Przewodność właściwa
Woda morską	80	4
Woda rzeczna (jeziora)	80	10^{-3}
Gleba bardzo wilgotna	20	10^{-1}
Gleba średnio wilgotna	10	10^{-2}
Gleba sucha	5	10^{-3}
Lasy	-	10^{-3}
Duże miasta, góry	-	$7,5 \cdot 10^{-4}$

Głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej maleje wraz z pogarszaniem się parametrów elektrycznych gruntu. Zjawisko to jest następstwem zwiększenia się głębokości wnikania fal elektromagnetycznych w grunt [zał. nr 8], przy jednoczesnym pogarszaniu się jego przewodności właściwej, co powoduje wzrost strat wynikających z wytlumienia części emitowanej przez antenę energii w półprzewodzącym środowisku powłoki ziemskiej. Zatem w celu ograniczenia dostępności elektromagnetycznej środków łączności radiowej należy je rozwijać, jeśli jest to możliwe, w rejonach oddzielonych od linii styczności wojsk lasami, terenami miejskimi, obiektami przemysłowymi, gruntami piaszczystymi lub skalistymi. Poza tym należy uwzględnić zmienność parametrów elektrycznych gruntu występujących pod wpływem warunków atmosferycznych. Suche piaszczyste gleby oraz średnio wilgotne pola i łąki w okresie wiosennym po mroźnej i śnieżnej zimie, w okresie jesiennym po długotrwałych intensywnych deszczach przemieniają się w bardzo mokre grunty, co wpływa na znaczny wzrost głębokości strefy dostępności elektromagnetycznej ukrywanych środków łączności. Z kolei długotrwałe mrozy oraz intensywne opady śniegu (ponad 0,5m na powierzchni ziemi) powodują pogorszenie się parametrów elektrycznych gleby bardzo i średnio wilgotnej do wartości właściwych glebie suchej, a zarazem zmniejszenie głębokości strefy dostępności elektromagnetycznej środków rozwiniętych na tych glebach. Wpływ parametrów elektrycznych gruntu na głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej uzależniony będzie również od długości fali roboczej [zał. nr 9]. W miarę zmniejszenia długości fali (wzrostu częstotliwości) maleje głębokość przenikania fal elektromagnetycznych w powłokę ziemską [zał. nr 8]. Zmniejsza się wpływ jej parametrów elektrycznych na straty energii emitowanej przez antenę, a więc maleje głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej. Parametry elektryczne gruntu w sposób istotny wpływają na głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej. Tym większy ich wpływ im wyższa wilgotność gruntu i niższa częstotliwość robocza [zał. nr 8, 9]. Przy stałej wartości parametrów elektrycznych gruntu, głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej maleje w miarę wzrostu częstotliwości roboczej nadajnika wykorzystującego anteny prętowe lub zmniejszania częstotliwości w przypadku wykorzystania anten kierunkowych [zał. nr 10].

Zatem *manewr częstotliwości* może być wykorzystany jako kolejne przedsięwzięcie przeciwdziałania środkom rozpoznania radiowego przeciwnika, pod warunkiem uwzględnienia rodzaju anteny nadawczej i właściwości elektrycznych gruntu. Analiza treści załącznika nr 10 pozwala postawić tezę, że w przypadku radiostacji współpracują-

cych z antenami prętowymi zamocowanymi na nadwoziu (bez wykorzystania masztów), głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej maleje w miarę wzrostu częstotliwości nadajnika. Ukrywanym środkom należy więc przydzielić w tym wypadku najwyższe z przydzielonych do eksploatacji częstotliwości. Natomiast w przypadku współpracy radiostacji z antenami promieniowymi (fala bieżąca) należy przydzielić jak najniższe częstotliwości, gdyż w przypadku tych anten głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej maleje wraz z częstotliwością roboczą nadajnika.

Pewne możliwości w zakresie zmniejszenia dostępności elektromagnetycznej stwarza również rozwijanie *radiostacji w jak największej odległości od linii styczności wojsk*. Możliwości te powinny być maksymalnie wykorzystywane, na etapie planowania, zwłaszcza gdy zamierza się przesunięcie granicy dostępności elektromagnetycznej przed rubież rozwinięcia środków rozpoznania radioelektronicznego przeciwnika. Należy nadmienić, że głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej radiostacji UKF w stosunku do powietrznych środków rozpoznania osiąga wielkość 70 - 100 km (radiostacji KF ponad 300 km). Dostępność elektromagnetyczną tych radiostacji można ograniczyć wykorzystując ekrany wytłumiające energię fal elektromagnetycznych emitowanych przez anteny w kierunku styczności wojsk (stalowe i żelbetonowe mosty, wiadukty, obiekty przemysłowe, itp.).

Ukrywanie środków i mobilnych systemów łączności radiowej, radiotelefonicznej i radioliniowej jest możliwe w wyniku zwiększenia poziomu zakłóceń na wejściu urządzeń rozpoznawczych (w miejscu ich rozwinięcia). Cel ten można osiągnąć poprzez tworzenie tak zwanych *zastłon radiowych* organizowanych za pomocą radiostacji ustawianych w pobliżu rubieży styczności wojsk, emitujących energię elektromagnetyczną w kierunku przeciwnika w tym samym czasie i na tych samych częstotliwościach roboczych jak radiostacje ukrywane. Przy czym skuteczność maskowania zastłonami radiowymi jest najwyższa wówczas, gdy wykraczająca poza linię styczności wojsk część strefy dostępności elektromagnetycznej ukrywanej radiostacji jest całkowicie pokryta strefą dostępności elektromagnetycznej jednej lub kilku radiostacji maskujących [zał. nr 11] oraz jeżeli stosowany jest taki sam rodzaj pracy radiostacji maskujących jak maskowanych i takie same anteny, a także w takich sytuacjach, gdy radiostacja i jej korespondenci znajdują się poza strefą dostępności elektromagnetycznej radiostacji maskującej. Zatem skuteczność maskowania zależy od zachowania odpowiedniej odległości między radio-

stacją maskującą i maskowaną. Odległość ta powinna być większa niż wartość różnicy między głębokościami stref dostępności elektromagnetycznej tych radiostacji. Warunek ten nie zawsze jest możliwy do spełnienia, gdyż w wielu przypadkach należałoby rozwijać radiostację maskującą w ugrupowaniu operacyjnym (bojowym) przeciwnika. Dlatego też do tworzenia zasłon radiowych powinny być wykorzystywane głównie radiostacje posiadające nadajniki o mocach nie mniejszych niż radiostacje ukrywane (lub mniejsze z dodatkowymi wzmacniaczami mocy). W celu ograniczenia (wylimitowania) dostępności elektromagnetycznej większej ilości radiostacji rozwiniętych w pasie zbrojnych działań wojennych, pracujących na tych samych częstotliwościach (korespondenci sympleksowych sieci i kierunków radiowych) możliwe jest tworzenie zasłony radiowej w pobliżu rubieży styczności wojsk za pomocą kilku radiostacji o mniejszej mocy nadajników. Zakłada się, że liczba radiostacji wydzielonych do tworzenia zasłon radiowych powinna być dwukrotnie wyższa od liczby maskowanych tym sposobem linii łączności.

Dostępność elektromagnetyczną środków łączności radiowej można również ograniczyć *przydzielając im te częstotliwości, na których występują większe zakłócenia lub te, które są wykorzystywane przez przeciwnika*. Działania tego typu powinny być podejmowane zwłaszcza wtedy, gdy odległości pomiędzy korespondentami są niewielkie i możliwe będzie zapewnienie w miarę stabilnej pracy wykrywanych relacji radiowych. W przypadku większych odległości pomiędzy korespondentami istnieje możliwość wykorzystania częstotliwości o wyższym poziomie zakłóceń lub zajętych przez przeciwnika pod warunkiem, że radiostacje wyposażone będą w anteny kierunkowe.

Bardzo ważnym działaniem w zakresie obrony przed rozpoznaniem radioelektronicznym jest ograniczenie **dostępności czasowej** środków i systemów łączności radiowej, radiotelefonicznej i radioliniowej. Przykładowe przedsięwzięcia w tym zakresie przedstawiono na rysunku nr 3.3.

Ograniczenie lub całkowity zakaz pracy na nadawanie z wyjątkiem przekazywania sygnałów powiadamiania i alarmowania należy stosować w okresie poprzedzającym zbrojne działania wojenne, w trakcie przegrupowania, w rejonach ześrodkowania itp. W czasie prowadzenia zbrojnych działań wojennych środki radiowe powinny być wykorzystywane tylko wówczas, gdy niemożliwe jest zapewnienie łączności za pomocą innych środków łączności (przewodowych, wojskowej poczty polowej). W szczególnie dynamicznych okresach walki (kontruderzenie, niszczenie przeciwnika w głębi,

w natarciu, podczas likwidacji skutków użycia przez przeciwnika broni masowego rażenia) środki radiowe można użyć do dowodzenia związkami taktycznymi, oddziałami (pododdziałami) znajdującymi się w ruchu, do dowodzenia grupami rozpoznawczymi oraz pododdziałami, z którymi nie można zapewnić łączności za pomocą innych środków. W każdej sytuacji należy dążyć do maksymalnego ograniczenia dostępności czasowej a jeśli jest to możliwe należy maksymalnie ograniczyć intensywność wymiany korespondencji radiowej. Wzrost intensywności pracy radiostacji wpływa na wzrost prawdopodobieństwa wykrycia przez środki rozpoznania radiowego przeciwnika. Intensywność pracy radiostacji można zmniejszyć ustalając odpowiednie ograniczenia ich wykorzystania oraz czasu pracy na nadawanie (czas pracy radiostacji na nadawanie nie powinien przekraczać 2 minut. W okresie kiedy łączność radiowa nie jest wykorzystywana, sprawdzenie jakości kanałów radiowych powinno być realizowane jednostronnie (potwierdzenie odbioru w innych kanałach łączności) krótkimi sygnałami (do 30 sekund) i nie częściej niż jeden raz na godzinę, ponieważ mobilny system łączności radiowej powinien zachować pełną gotowość bojową do pracy nawet w okresie całkowitego zakazu wykorzystania środków radiowych. Zmniejszenie intensywności pracy środków łączności radiowej można osiągnąć poprzez:

- odpowiednie przygotowanie załóg radiostacji oraz dowódców i oficerów sztabu do szybkiej wymiany informacji w relacjach radiowych,
- wyprowadzenie korespondentów z sieci do pracy w kierunkach radiowych,
- zdecydowane skracanie do minimum czasu trwania rozmów,
- prowadzenie rozmów bez posługiwania się kryptonimami i sygnałami rozpoznawczymi,
- nadawanie informacji bez żądania potwierdzenia odbioru,
- przekazywanie rozkazów, zarządzeń i meldunków za pomocą sygnałów,
- wykorzystanie urządzeń szybkiej łączności.

Rekapitulując ukrywanie mobilnych systemów łączności stanowi jedno z ważniejszych złożonych zadań obrony radioelektronicznej. Wymaga kompleksowej realizacji różnorodnych przedsięwzięć przeciwdziałających środkom i systemom rozpoznania przeciwnika przez wszystkich użytkowników środków łączności w sposób ciągły,

zarówno w okresie pokoju jak i podczas operacji. Jednak skuteczna obrona nadawczych urządzeń radioelektronicznych (łączności) nie zawsze jest możliwa w wyniku ukrywania, tj. poprzez ograniczanie dostępności elektromagnetycznej. W związku z czym zachodzi konieczność podejmowania działań w zakresie pozbawienia wojsk i obiektów łączności cech demaskujących.

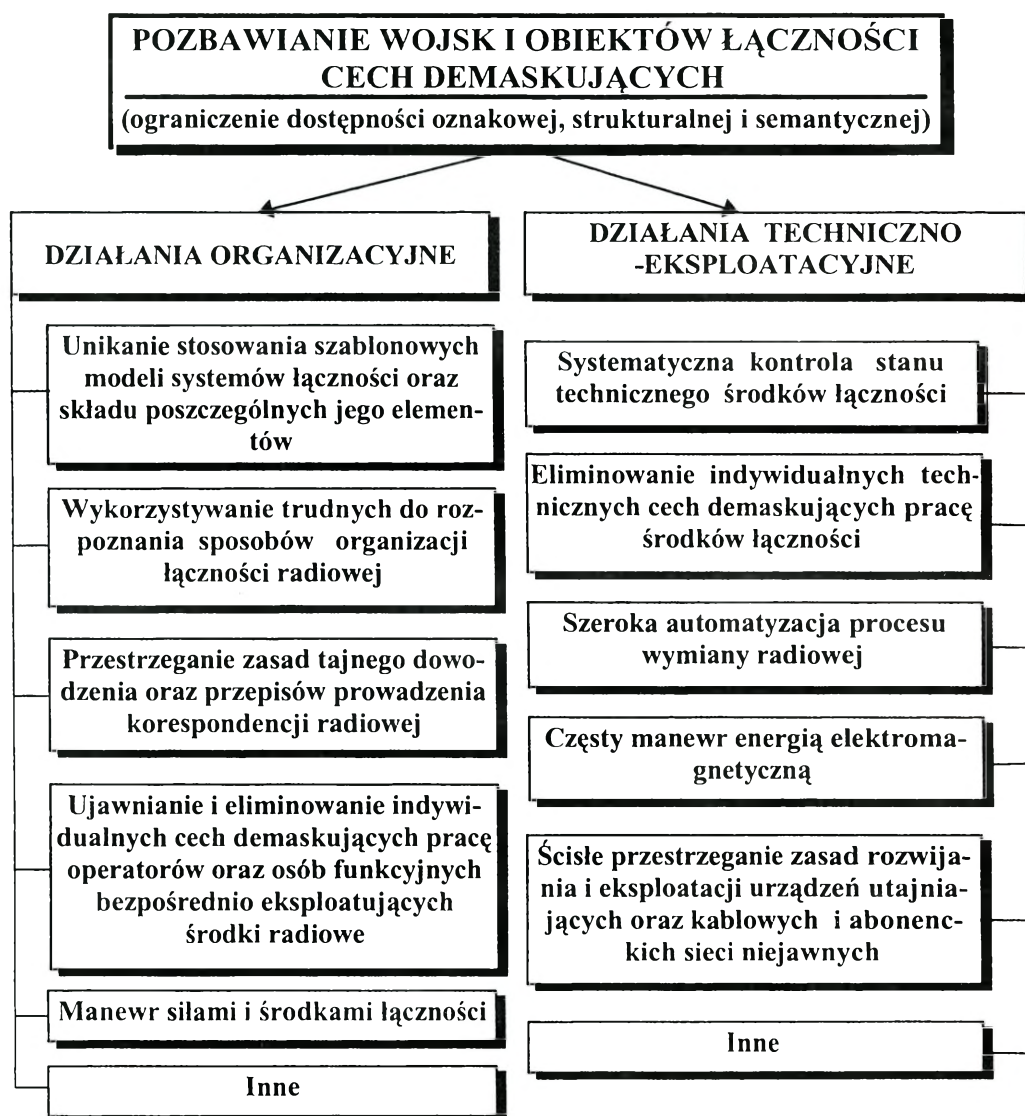
Pozbawianie wojsk i obiektów łączności cech demaskujących ma na celu maksymalne ograniczenie dostępności oznakowej, strukturalnej oraz semantycznej. Dotyczy to wszystkich komponentów mobilnych systemów łączności, w których wykorzystuje się środki łączności bezprzewodowej (radiowe, radiotelefoniczne i radioliniowe). Pracę tych środków charakteryzuje wiele cech demaskujących, które ułatwiają przeciwnikowi prowadzenie rozpoznania. Przykładowe zestawienie różnorodnych działań organizacyjnych i technicznych w tym względzie zamieszczono na rysunku nr 3.4.

Unikanie stosowania szablonowych wariantów mobilnych systemów łączności ma na celu ograniczenie jego dostępności strukturalnej oraz utrudnianie przeciwnikowi korzystania ze wzorców rozpoznawczych, co powoduje wydłużanie czasu rozpoznania systemu łączności, a w konsekwencji systemu dowodzenia. Sztaby powinny opracować w okresie pokoju kilka wariantów rozwiązania tego problemu. Zaprojektowane mobilne systemy łączności powinny umożliwiać tworzenie wielowariantowych architektur uwzględniających:

- okresowe zmiany położenia elementów mobilnego systemu łączności nie związanych bezpośrednio z rozwojem sytuacji operacyjnej i taktycznej,
- tworzenie pośredniczących punktów i określonych linii łączności,
- rozmieszczenie grup radiostacji średniej mocy poza węzłami łączności w sposób utrudniający przeciwnikowi ustalenie ich przynależności do określonego węzła łączności,
- organizowanie pozornych węzłów łączności (przez wykorzystanie np. radiostacji wydzielonych do maskowania zasłonami radiowymi),
- różne sposoby wykorzystania sieci telekomunikacyjnych użytku publicznego oraz stacjonarnej sieci łączności MON.

Poza tym powinna być możliwość szerokiego stosowania *trudnych do rozpoznania sposobów organizacji łączności*, na przykład: kombinowane oraz dyżurne sieci radiowe

(radiotelefoniczne), częstotliwości dyżurnego odbioru, pracę w sieciach radiowych na dwóch częstotliwościach, wyprowadzanie korespondentów z sieci do pracy w kierunkach radiowych (radiotelefonicznych, radioliniowych) z retranslacją. Wymienione sposoby organizacji łączności powinny być stosowane przede wszystkim w relacjach radiowych dostępnych elektromagnetycznie środkiem rozpoznania radiowego przeciwnika (łączność z grupami rozpoznawczymi i innymi pododdziałami rozpoznawczymi działającymi w ugrupowaniu przeciwnika, dowodzenia pododdziałami walczącymi w pasach przesłaniania oraz ugrupowaniami wykonującymi kontrataki i inne).



Rys. nr 3.4. Pozbawianie wojsk i obiektów łączności cech demaskujących

Natomiast zdecydowanie powinno ograniczać się stosowanie „klasycznych” sieci i kierunków radiowych jako sposobów organizacji łączności radiowej najbardziej podatnych na rozpoznanie radioelektroniczne.

Istotne znaczenie dla ograniczania dostępności oznakowej i strukturalnej mobilnych systemów łączności ma *rygorystyczne przestrzeganie przepisów prowadzenia korespondencji radiowej* oraz utajnianie i eliminowanie indywidualnych cech demaskujących pracę operatorów i innych osób funkcyjnych obsługujących bezpośrednio radiostacje. Wysoka dyscyplina pracy sprzyja sprawnemu przekazywaniu informacji w relacjach radiowych, pozwala uniknąć błędów i powtórzeń, co umożliwia skrócenie czasu transmisji wiadomości, a zatem zmniejszanie prawdopodobieństwa wykrycia radiostacji oraz utrudnienie przeciwnikowi identyfikacji operatorów, radiostacji, węzłów łączności itp.

Indywidualne cechy pracy wyróżniające operatorów i osoby funkcyjne upoważnione do prowadzenia korespondencji radiowej powinny być szczególnie intensywnie eliminowane w procesie szkolenia, a jeśli jest to niemożliwe osoby obarczone takimi cechami nie powinny być dopuszczane do bezpośredniego przekazywania wiadomości w relacjach radiowych. Praca operatorów demaskuje również ich poziom wykszolenia. Najlepiej wyškoleni operatorzy obsługują z reguły radiostacje dowódców, szefów sztabów co ułatwia przeciwnikowi identyfikację odpowiednich relacji łączności. W celu wyeliminowania tej cechy demaskującej mobilnego systemu łączności należy organizować proces szkolenia załóg radiostacji (radiotelefonów, stacji radioliniowych) w sposób zapewniający uzyskanie wysokiego, wyrównanego poziomu ich umiejętności w zakresie prowadzenia korespondencji radiowej.

Wysoki poziom wyškolenia załóg ułatwia maksymalne *ograniczenie intensywności pracy linii łączności* oraz ścisłe przestrzeganie ustalonych rodzajów pracy. Intensywność pracy bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych nie powinna demaskować działalności wojsk. Dotyczy to zwłaszcza urządzeń dostępnych elektromagnetycznie i czasowo środków rozpoznania radioelektronicznego przeciwnika, tj. radiostacji zapewniających łączność z pododdziałami działającymi w pasach przesłaniania oraz w ugrupowaniu bojowym przeciwnika, środków wydzielonych do tworzenia zasłon radiowych, itp. Powinny one rozpocząć pracę po zajęciu rejonów przez wojska i kontynuować ją z intensywnością dobraną w taki sposób, aby nie trzeba było jej zmieniać w toku prowadzenia zbrojnych działań wojennych. Jeśli mimo wszystko zaistnieje konieczność zmiany intensywności pracy tych urządzeń w toku walki, powinna ona następować z pewnym opóźnieniem czasowym w stosunku do zadań realizowanych przez wojska (np. kontruderzenie). Pozbawia się w ten sposób możliwości podjęcia przez

przeciwnika skutecznego przeciwdziałania.

Dostępność strukturalną mobilnych systemów łączności ogranicza się stosując *manewr sił i środków łączności*. Dotychczas kluczowe osoby funkcyjne związku operacyjnego, związku taktycznego, oddziału i pododdziału (dowódcy, szefowie sztabów, szefowie rodzajów wojsk) z reguły wykorzystywały przydzielone im „na stałe” radiostacje (wozy dowodzenia) wraz z załogami. Pozwalało to przeciwnikowi na prowadzenie bieżącej analizy zmian w strukturze przestrzennej mobilnych systemów łączności, a tym samym na prowadzenie właściwej oceny sytuacji radioelektronicznej oraz ustalanie zmian w położeniu naszych wojsk. W celu ograniczenia możliwości przeciwnika w tym zakresie należy, w miarę możliwości, podczas zmiany położenia stanowisk dowodzenia oraz przed zmianą danych radiowych wymieniać między różnymi węzłami łączności i wozami dowodzenia bezprzewodowe urządzenia teletransmisyjne z załogami. Wymianie powinny być przede wszystkim te z nich, które były dostępne elektromagnetycznie środkom rozpoznania radiowego przeciwnika, a po wymianie, jeśli jest to możliwe, powinny być wykorzystywane w relacjach łączności umożliwiających wyeliminowanie ich dostępności elektromagnetycznej (w takim przypadku może być dokonywana w ramach tego samego węzła łączności). Manewr radiostacjami dostępnymi elektromagnetycznie przeciwnikowi przez przemieszczenie ich w inny rejon powinien być okresowo realizowany również bez ścisłego związku z rozwojem sytuacji operacyjnej i taktycznej w celu utrudnienia przeciwnikowi właściwej oceny położenia i aktywności naszych wojsk na podstawie informacji uzyskanych za pomocą środków rozpoznania radiowego.

Niezmiernie ważny problem stanowi *utajnianie wiadomości* przekazywanych za pomocą środków radiowych. Sposób utajniania wiadomości powinien uniemożliwić przeciwnikowi ustalenie na podstawie ich treści, składu linii łączności oraz ich przynależności do rodzajów wojsk, służb i szczebli dowodzenia, a także zamiaru podejmowanych działań. Zatem, w celu ograniczenia dostępności semantycznej mobilnych systemów łączności należy ujednocilić sposób utajniania wiadomości przekazywanych w relacjach radiowych, zwłaszcza że nowa generacja środków i urządzeń łączności cyfrowej w pełni umożliwia ujednoczenie struktury transmitowanych sygnałów, zapewnia maskowanie początku i zakończenia transmisji, gwarantowane utajnianie wiadomości itp.

W celu podwyższenia skuteczności działań maskujących pracę mobilnych syste-

mów łączności należy realizować równocześnie z przedsięwzięciami organizacyjnymi również *techniczne*. Szczególnie istotne znaczenie ma systematyczne kontrolowanie parametrów technicznych sprzętu wykorzystywanego w radiowych liniach łączności oraz natychmiastowe usuwanie odchyłeń wartości tych parametrów od wymagań instrukcyjnych. W tym zakresie powinna być zwrócona uwaga na dokładne wyregulowanie torów nadawczych i odbiorczych bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych oraz stacyjnych i abonenckich urządzeń telefonicznych, w celu uzyskania zgodnych z instrukcjami, jednakowych dla wszystkich egzemplarzy danego typu sprzętu wartości takich parametrów jak na przykład:

- poziom (moc sygnału),
- dokładność dostrojenia częstotliwości,
- szerokość kanału,
- odległość między kanałami,
- szybkość transmisji,
- inne, odpowiednio do typu urządzenia parametry.

Należy również przestrzegać zaleceń producentów w zakresie okresowej kontroli stanu technicznego urządzeń oraz terminowe kierowanie ich do remontów bez względu na ilość przepracowanych roboczogodzin. Konieczność taka podyktowana jest zmianą z upływem czasu własności niektórych elementów elektronicznych³. Realizacja tego przedsięwzięcia pozwala w znacznym stopniu wyeliminować indywidualne techniczne cechy demaskujące bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych, ograniczyć możliwości przeciwnika w zakresie identyfikacji ich poszczególnych egzemplarzy, zmniejszyć efektywność zautomatyzowanych systemów rozpoznania przeciwnika, wydłużyć czas niezbędny przeciwnikowi do rozpoznania systemu łączności.

Cechy demaskujące pracę poszczególnych operatorów można ograniczyć automatyzując wymianę korespondencji radiowej przez wykorzystanie, wszędzie tam gdzie jest to możliwe technicznych środków eliminujących bezpośredni udział człowieka podczas przekazywania informacji (komputery, faksy). Środki te powinny być stosowane szczególnie szeroko podczas przekazywania wiadomości, których treść można wcześniej

³ tzw. „starzenie się” elementów elektronicznych.

przygotować (np. procedury nawiązywania i sprawności łączności, meldunki, zarządzania, często powtarzające się komendy i sygnały). Problem eliminowania cech demaskujących pracę urządzeń końcowych i operatorów jest łatwy do rozwiązania w perspektywnym systemie łączności cyfrowej.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że umiejętne ograniczenie dostępności elektromagnetycznej i czasowej oraz eliminowanie (pozbawienie) cech demaskujących pracę bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych uniemożliwi bądź utrudni w znacznym stopniu wykrycie mobilnego systemu łączności za pomocą środków (systemów) rozpoznania radiowego. Brakujące informacje przeciwnik będzie usiłował zdobyć za pomocą innych środków rozpoznania radioelektronicznego lub środków rozpoznania powietrznego i naziemnego.

Dezinformowanie i pozorowanie (mylenie) radioelektroniczne organizowane jest w ramach maskowania przez sztab związku operacyjnego z zasady siłami i środkami drugorzutowych związków taktycznych, odwodów ogólnowojskowych i specjalnych. W ograniczonym zakresie do realizacji niektórych przedsięwzięć mogą być wykorzystane również siły i środki pierwszorzutowych związków taktycznych. Do zasadniczych działań w zakresie dezinformowania oraz pozorowania (mylenia) radioelektronicznego podejmowanych przez wojska łączności należy zaliczyć:

- przekazywanie fałszywych informacji, komend, rozkazów i meldunków oraz w miarę możliwości ogłaszanie komunikatów, wywiadów i komentarzy we własnych bezprzewodowych relacjach łączności,
- organizowanie pozornych rejonów rozmieszczenia węzłów łączności lub ich elementów oraz organizowanie pozornych relacji łączności,
- prowadzenie aktywnej wymiany i pracy urządzeń radioelektronicznych w rejonach pozornej dyslokacji na kierunkach pozorowanych działań,
- tworzenie pozornej sytuacji radioelektronicznej,
- inne.

Reasumując, realizacja całego kompleksu zamierzeń z zakresu obrony mobilnych systemów łączności przed rozpoznaniem radioelektronicznym powinna odbywać się z takim wyprzedzeniem czasowym i przestrzennym, aby osiągnąć pełną efektywność podejmowanych działań, zanim wojska znajdą się w zasięgu oddziaływania określonego środka rozpoznawczego przeciwnika.

4. Obrona mobilnych systemów łączności przed obezwładnieniem radioelektronicznym

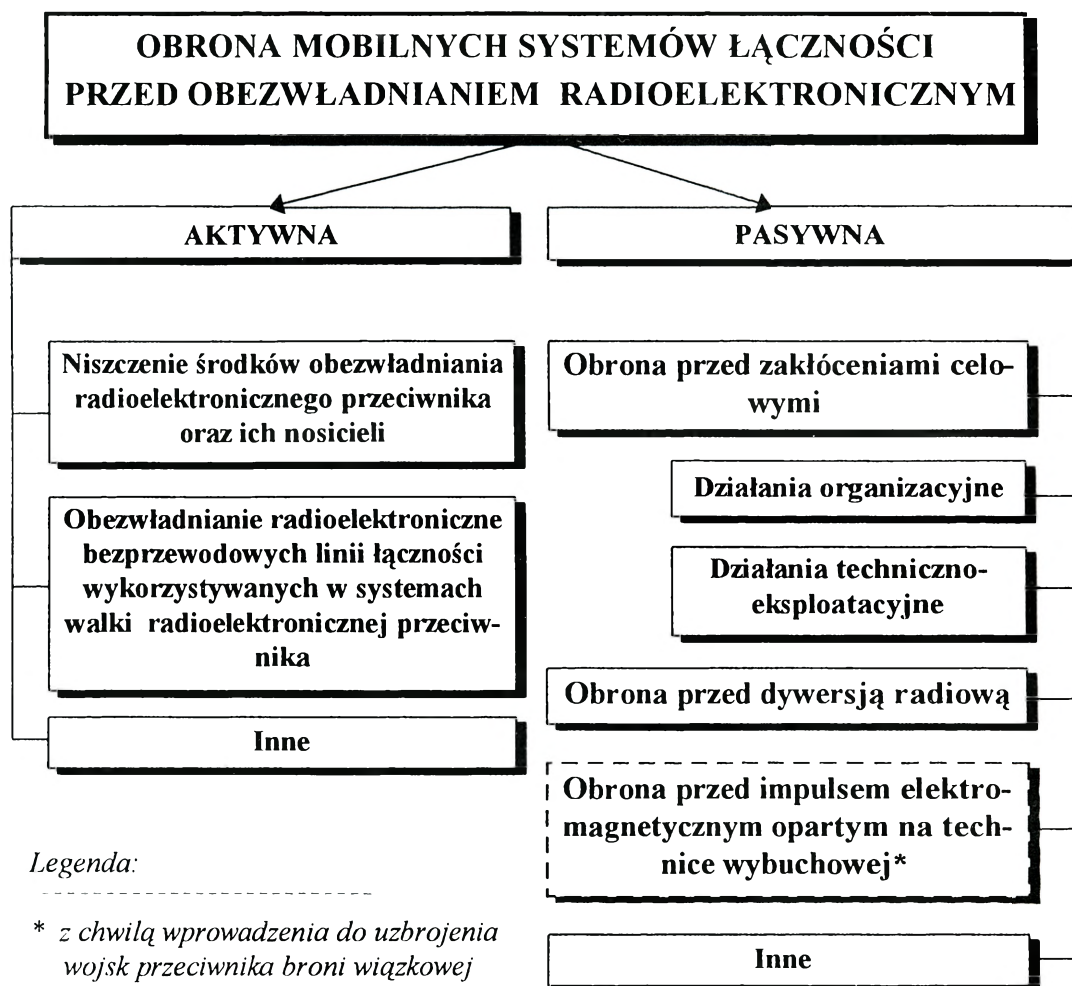
Obrona mobilnych systemów łączności przed *obezwładnianiem radioelektronicznym*, w warunkach postępującej automatyzacji oraz szybkiego rozwoju środków walki radioelektronicznej w armiach państw sąsiadujących jest problemem wysoce złożonym. Siły i środki WRe armii tych państw mogą skutecznie zdeorganizować pracę ważniejszych bezprzewodowych linii łączności funkcjonujących przede wszystkim w taktycznej strefie obrony. Z najbardziej intensywnym obezwładnianiem radioelektronicznym należy liczyć się w okresie poprzedzającym ewentualny konflikt zbrojny oraz w początkowym okresie wojny.

Obrona mobilnych systemów łączności przed obezwładnianiem radioelektronicznym powinna obejmować zespół skoordynowanych działań aktywnych oraz pasywnych, które przedstawiono na rysunku nr 4.1.

Obrona aktywna mobilnych SŁ przed obezwładnianiem radioelektronicznym będzie obejmować niszczenie (eliminowanie z walki) systemów walki radioelektronicznej przeciwnika, a przede wszystkim ich ośrodków dowodzenia i kierowania, grup stacji zakłóceń i dywersji radiowej wraz z ich nosicielami i środkami łączności, a także prowadzenie celowych zakłóceń w stosunku do bezprzewodowych linii łączności wykorzystywanych w tych systemach. Poszczególne elementy systemu WRe przeciwnika stanowią samodzielne obiekty rozwinięte na niewielkich powierzchniach, co ułatwia ich zwalczanie przez pododdziały działające w głębi ugrupowania przeciwnika, lecz utrudnia niszczenie ogniem artylerii i uderzeniami rakiet bez wykorzystania samonaprowadzających się pocisków. Duże moce nadajników zakłóceń (550, 1000, 2000, 5000 i więcej watów) ułatwiają ich zlokalizowanie przy pomocy środków rozpoznania radiowego oraz zidentyfikowanie rozmieszczonych w ich pobliżu bezprzewodowych środków łączności zapewniających obieg informacji w systemie obezwładniania radioelektronicznego. Środki te powinno się natychmiast obezwładnić zakłóceniami, a po zdobyciu niezbędnych danych do porażenia ogniowego - zniszczyć razem ze stacjami zakłóceń.

Obrona pasywna, podejmowana przede wszystkim przez wojska łączności zarówno na etapie organizacji jak i eksploatacji mobilnych systemów łączności powinna

stanowiąc odrębną grupę działań i przedsięwzięć organizacyjnych i technicznych w celu ochrony *urządzeń odbiorczych* bezprzewodowych środków teletransmisyjnych przed oddziaływaniem zakłóceń selektywnych dużej mocy lub sygnałów dywersyjnych emitowanych z ugrupowania bojowego potencjalnego przeciwnika oraz szerokopasmowych zakłóceń emitowanych przez nadajniki jednorazowego użytku umieszczane w pobliżu tych urządzeń (węzłów łączności).



Rys. nr 4.1. Obrona mobilnych SŁ przed obezwładnieniem radioelektronicznym

Wykonanie przedsięwzięć obrony pasywnej jest szczególnym obowiązkiem eksploatatora systemu łączności.

Istotne miejsce w systemie obrony pasywnej zajmuje walka z celowymi zakłóceniami radioelektronicznymi. Zbiór działań w tym zakresie przedstawiono na rysunku nr 4.2.

W ramach *przedsięwzięć organizacyjnych* jednym ze skutecznych sposobów pod-

wyższenia odporności mobilnych SŁ na oddziaływanie radioelektroniczne przeciwnika jest stosowanie w systemach dowodzenia (łączności) środków łączności światłowodowej oraz technicznych środków sygnalizacyjnych. Środki te muszą być sukcesywnie udoskonalane.



Rys. nr 4.2. Obrona mobilnych systemów łączności przed zakłóceniami celowymi

Duży wpływ na skuteczne przeciwdziałanie środkom obezwładniania radioelektronicznego ma *architektura systemu łączności*. Należy ją tak projektować, aby maksymalnie wykorzystać ekranujące właściwości terenu przy zachowaniu jak najmniejszych odległości między korespondentami i jak najmniejszej liczby bezprzewodowych linii łączności organizowanych w kierunku przeciwnika (pod kątem zbliżonym do 90° do linii styczności wojsk). Zachodzi potrzeba szerszego wykorzystania na tych kierunkach linii światłowodowych (przewodowych), a także linii stacjonarnych.

Dobre efekty można uzyskać wykorzystując radiostacje pośredniczące oraz organizując okrężne linie łączności z wykorzystaniem radiostacji różnych elementów systemu dowodzenia rozmieszczonych w sąsiednich rejonach. *Kompleksowe wykorzystanie środków łączności na ważniejszych kierunkach operacyjnych*, tj. radiostacji KF, UKF, stacji radioliniowych oraz środków kablowych (światłowodowych, przewodowe) pozwala skutecznie uodpornić systemy łączności na oddziaływanie radioelektroniczne przeciwnika. Obejmuje to także *nowe, nieszablonowe i tym samym trudne do wykrycia i obezwładnienia radioelektronicznego sposoby organizacji łączności, organizowanie służbowych oraz skrytych relacji radiowych (radioliniowych i radiotelefonicznych) jak również szerokie wykorzystanie częstotliwości dyżurnego odbioru oraz jednoczesną pracę w różnych zakresach częstotliwości (np.: KF i UKF)*. W ten sposób utrudnia się przeciwnikowi rozpoznanie zaplanowanych relacji radiowych, a ponadto wydatnie zmniejsza się prawdopodobieństwo jednoczesnego obezwładniania ww. relacji. W przypadku gdy wystąpią silne zakłócenia równocześnie w relacjach pracujących w różnych zakresach częstotliwości (KF i UKF) do przekazania informacji należy *wykorzystać częstotliwości dyżurnego odbioru oraz rzadziej zakłócone, służbowe sieci radiowe*. Jeśli większość zasadniczych częstotliwości zostanie zakłócona, a realizowane różnorodne przedsięwzięcia nie poprawiają sytuacji, to wówczas wskazane jest *odtworzenie łączności w skrytych, niewykorzystywanych i nieznanymi przeciwnikowi relacjach radiowych lub - jeśli jest to możliwe - wykorzystanie nadajników stacjonarnych WŁ MON, związków operacyjnych i taktycznych rozmieszczonych w pobliżu walczących wojsk*.

Skuteczność obrony przed zakłóceniami uzależniona jest w dużym stopniu od *dokonanego przydziału i sposobu wykorzystania częstotliwości* oddanych do dyspozycji związkowi operacyjnemu. Jako częstotliwości robocze powinny być przydzielane te częstotliwości, na których zwykle występują zakłócenia przypadkowe, umożliwiające

jednak dokonywanie wymiany informacji. Przyjęcie takiego założenia w wielu przypadkach utrudni przeciwnikowi wykrycie już zakłóconych relacji łączności. Natomiast częstotliwości zapasowe powinny zapewniać jak najkorzystniejsze warunki propagacji fal radiowych. Pracę na częstotliwościach zapasowych należy rozpoczynać po wyczerpaniu wszystkich możliwości zapewnienia łączności na częstotliwościach roboczych. Wskazane jest, by podczas przechodzenia do pracy na częstotliwościach zapasowych kontynuować pracę (próbować odtwarzać łączność) na częstotliwościach roboczych. Łączność na częstotliwościach zapasowych w takich sytuacjach należy nawiązywać za pomocą innych radiostacji (na przykład: odwodowych). *Wszystkie zaproponowane zabiegi zmuszą przeciwnika do zaangażowania większej liczby sił i środków rozpoznania oraz obezwładniania radioelektronicznego, a w konsekwencji uniemożliwią prowadzenie skoncentrowanych zakłóceń relacji łączności określonych stanowisk dowodzenia.*

Odporność środków i mobilnych systemów łączności na oddziaływanie radioelektroniczne przeciwnika podwyższa stan *przygotowania załóg radiostacji oraz osób funkcyjnych do pracy w warunkach zakłóceń*. Problem ten nie powinien być pomijany podczas szkolenia wojsk łączności w okresie pokoju, podczas treningów łączności oraz w czasie ćwiczeń. Właściwy sposób nadawania, prawidłowe trzymanie mikrofonu, głośna, wyraźna mowa, dwukrotne czasami powtórzenie wystarcza, aby właściwy sygnał był słyszany mimo występowania zakłóceń. W szkoleniu stanu osobowego chodzi o to, aby każdy użytkownik środków łączności był przekonany o tym, że mimo radioelektronicznego oddziaływania *zawsze* zachowa się szansę skutecznego realizowania wymiany radiowej. Z doświadczeń ćwiczeń wynika, że dobrze wyszkoleni operatorzy potrafią odbierać sygnały nadawane przez korespondentów, nawet jeśli zakłócenia przewyższają ich poziom. Szczególną uwagę należy zwracać na te relacje łączności, w których po przekazanej komendzie następuje natychmiastowe wykonanie zadania (np. w sieciach radiowych dowódców pododdziałów, kierowania ogniem artylerii, naprowadzania lotnictwa, OPL).

Istotny wpływ na skuteczność obrony pasywnej przed środkami i systemami obezwładniania radioelektronicznego wywiera perfekcyjna realizacja *przedsięwzięć techniczno-eksploatacyjnych*.

Najsukuteczniejszym przedsięwzięciem jest *techniczne uodpornienie środków radioelektronicznych na zakłócenia*. Baza materialna współczesnych mobilnych systemów

łączności (tj. radiostacje, radiotelefony, stacje radioliniowe, i in.) wyposażona jest w specjalne wyspecjalizowane układy przeciwzakłóceniami i posiada duże możliwości w tym względzie. Poza tym celowe jest w wielu przypadkach *zwiększenie mocy nadajnika tej radiostacji*, której sygnały są obezwładniane. Podwyższenie mocy nadajnika jest sprzeczne z zasadami jego obrony przed rozpoznaniem radioelektronicznym. Należy podkreślić, że strona przeciwna decyduje się na zakłócenie danej relacji radiowej wówczas, gdy została ona w wystarczającym stopniu rozpoznana.

W wielu radiostacjach, szczególnie średniej mocy okresu przejściowego, istnieje możliwość, oprócz podwyższenia mocy, *wykorzystania rodzajów pracy, dzięki którym emitowana energia jest bardziej odporna na zakłócenia*. Niekiedy zmiana rodzaju pracy (emisji) radiostacji umożliwia eliminowanie zakłóceń radioelektronicznych w stopniu zapewniającym stabilną pracę danej bezprzewodowej linii łączności. Wykorzystując odpowiednie zależności matematyczne opisujące odporność mobilnych SŁ na zakłócenia celowe można ocenić skuteczność tego przedsięwzięcia w stosunku do poszczególnych bezprzewodowych linii łączności⁴.

Kolejnym działaniem umożliwiającym poprawę odporności bezprzewodowych linii łączności jest *optymalizacja zysku energetycznego anten*. Optymalizacja zysku energetycznego powinna być prowadzona w taki sposób, aby w łączu radiowym utworzonym przez nadajnik zakłócający i obezwładniany odbiornik parametr ten posiadał jak najniższą wartość, natomiast w łączu utworzonym przez obezwładniany odbiornik i nadajnik korespondenta - wartość nie mniejszą niż niezbędna do zapewnienia prawidłowego funkcjonowania linii łączności (np. poprzez wykorzystanie anten z elektronicznie sterowaną wiązką energii lub poprzez obniżenie wysokości zawieszenia anteny odbiorczej przy jednoczesnym zwiększeniu wysokości zawieszenia anteny nadawczej radiostacji korespondenta i zwiększeniu mocy jego nadajnika). W niektórych sytuacjach istnieją możliwości *dokonywania zmian ukierunkowania anteny*. Antena prętowa ustawiona pionowo odbiera sygnały emitowane ze wszystkich kierunków jednakowo. Każda zmiana kąta nachylenia anteny powoduje taką zmianę jej charakterystyki, że z jednego kierunku będzie odbierać sygnały dobrze, a z innych słabo lub wcale. Zmieniając kąt nachylenia anteny w kierunku korespondenta można znaleźć takie jej położenie, w którym sygnały użyteczne będą odbierane względnie dobrze, natomiast zakłócające bardzo słabo.

⁴ Janczak J.: *Obrona Radioelektroniczna*. Wyd. WSOWI, Zegrze 1993.

Innym sposobem przeciwdziałania środkom obezwładniania radioelektronicznego przeciwnika jest *prowadzenie wymiany radiowej za pomocą kilku radiostacji (odbiorników radiowych) równocześnie, tzw. zwielokrotnionego odbioru*. Realizacja tego przedsięwzięcia wymaga jednego nadajnika i co najmniej dwóch, w miarę możliwości jak najbardziej oddalonych od siebie odbiorników. Zwielokrotniony odbiór powinien być stosowany wówczas, gdy istnieją możliwości rozmieszczenia odbiorników w odległości nie mniejszej niż zasięg skutecznego oddziaływania nadajników zakłóceń jednorazowego użytku przeciwnika na daną bezprzewodową linię łączności. Zwielokrotniony odbiór powinien być stosowany tam, gdzie istnieje możliwość wykorzystania połączonych liniami kablowymi odbiorników, oddalonych od siebie o kilka kilometrów.

Podczas występowania słabych i silnych zakłóceń w relacjach radiowych celowe jest prowadzenie wymiany korespondencji z równoczesnym rejestrowaniem odbieranych sygnałów za pomocą technicznych urządzeń końcowych. Pozwala to na wielokrotne ich przesłuchiwanie, co w wielu przypadkach umożliwia prawidłową interpretację sygnałów nie rozszyfrowanych podczas odbioru bezpośredniego.

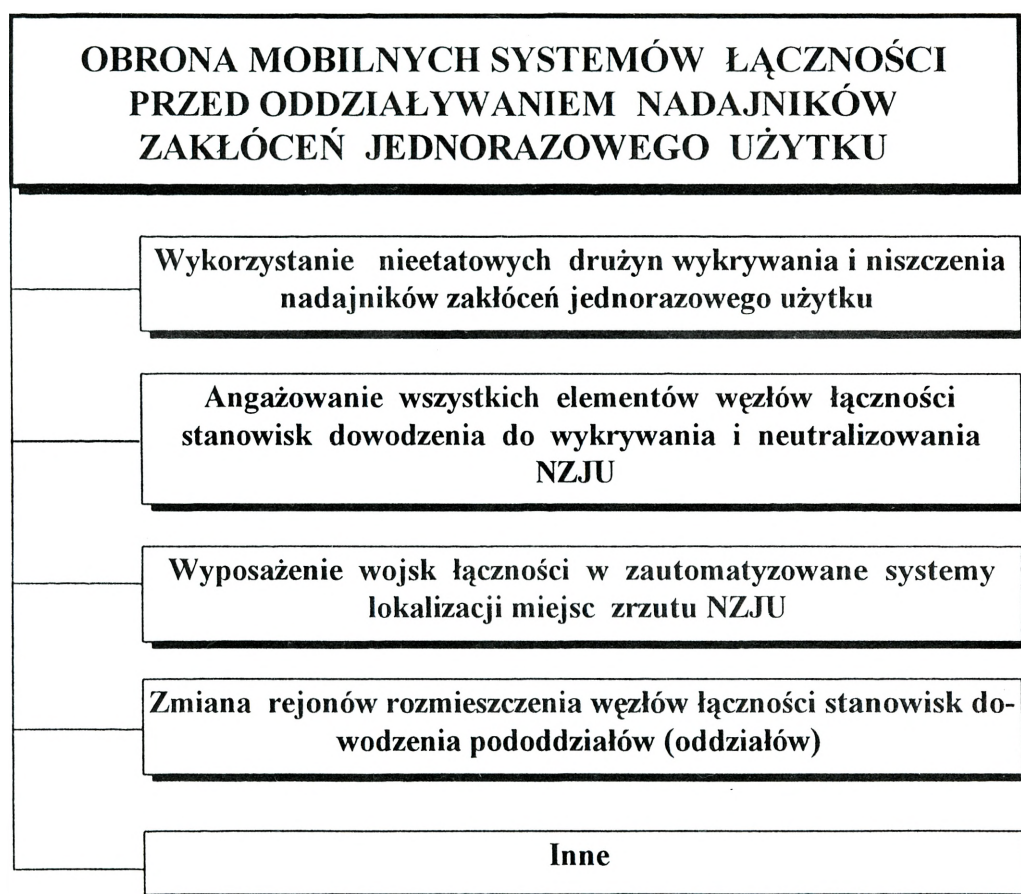
Skuteczność zakłóceń radiowych można w wielu przypadkach obniżyć przez *zmianę parametrów elektrycznych toru odbiorczego radiostacji (odbiornika)*. W przypadku stosowania przez przeciwnika zakłóceń zaporowych celowe jest zawężenie pasma przepuszczania odbiornika, z kolei przy zakłóceniach selektywnych poprawę warunków odbioru można uzyskać przez nieznaczne odstrojenie odbiornika od częstotliwości roboczej.

Jeżeli radiostacje wyposażone są w urządzenia zewowe to istnieje możliwość wykorzystania *sygnału zewu* do przekazywania niektórych umówionych sygnałów. Ponieważ sygnał zewu może przytłumić sygnały zakłócające, stąd też możliwe jest przekazywanie umówionego sygnału za jego pomocą. Niezbędne przy tym jest, aby w dokumentach łączności (danych radiowych) wyraźnie określić zasady posługiwania się sygnałem zewu. Np.: dwukrotny sygnał zewu może oznaczać: "tak", potwierdzam"; czterokrotny: "nie, nie odebrałem".

Należy mieć na uwadze, że *oddziaływanie zakłóceń zależne jest od częstotliwości*. Im wyższa częstotliwość robocza, tym mniejsza jest skuteczność zakłóceń. Zależność ta występuje jednak wyłącznie przy suchej i słonecznej pogodzie. Przy pogodzie pochmurnej, mżawkach i opadach deszczu lub śniegu mniej przydatne na zakłócenia są niższe

częstotliwości. Przy pogodzie mglistej, a zwłaszcza we wczesnych godzinach popołudniowych, występują dodatkowe wahania sygnału, których nie można w żaden sposób ograniczyć.

Szczególnie trudnym zadaniem, wymagającym rozwiązań zarówno organizacyjnych jak i technicznych jest *walka z nadajnikami zakłóceń jednorazowego użytku (NZJU)*. Zespoły węzłów łączności powinny umieć je wykrywać, niszczyć lub neutralizować, bądź też wychodzić poza strefy skutecznego ich oddziaływania. Zestaw działań w tym zakresie przedstawiono na rysunku nr 4.3.



Rys. nr 4.3. Obrona mobilnych SŁ przed oddziaływaniem NZJU

Jednym ze sposobów przeciwdziałania NZJU powinno być *organizowanie i działanie na węzłach łączności stanowisk dowodzenia nieetatowych "drużyn wykrywania i niszczenia NZJU."* Biorąc jednak pod uwagę czas pracy tych nadajników (średnio od kilkunastu do kilkudziesięciu minut) oraz prawdopodobny sposób ich bojowego użycia (umieszczanie w rejonie obezwładnionego obiektu kilkunastu do kilkudziesięciu nadajników zakłócających z takim wyliczeniem, aby nowo umieszczone nadajniki rozpo-

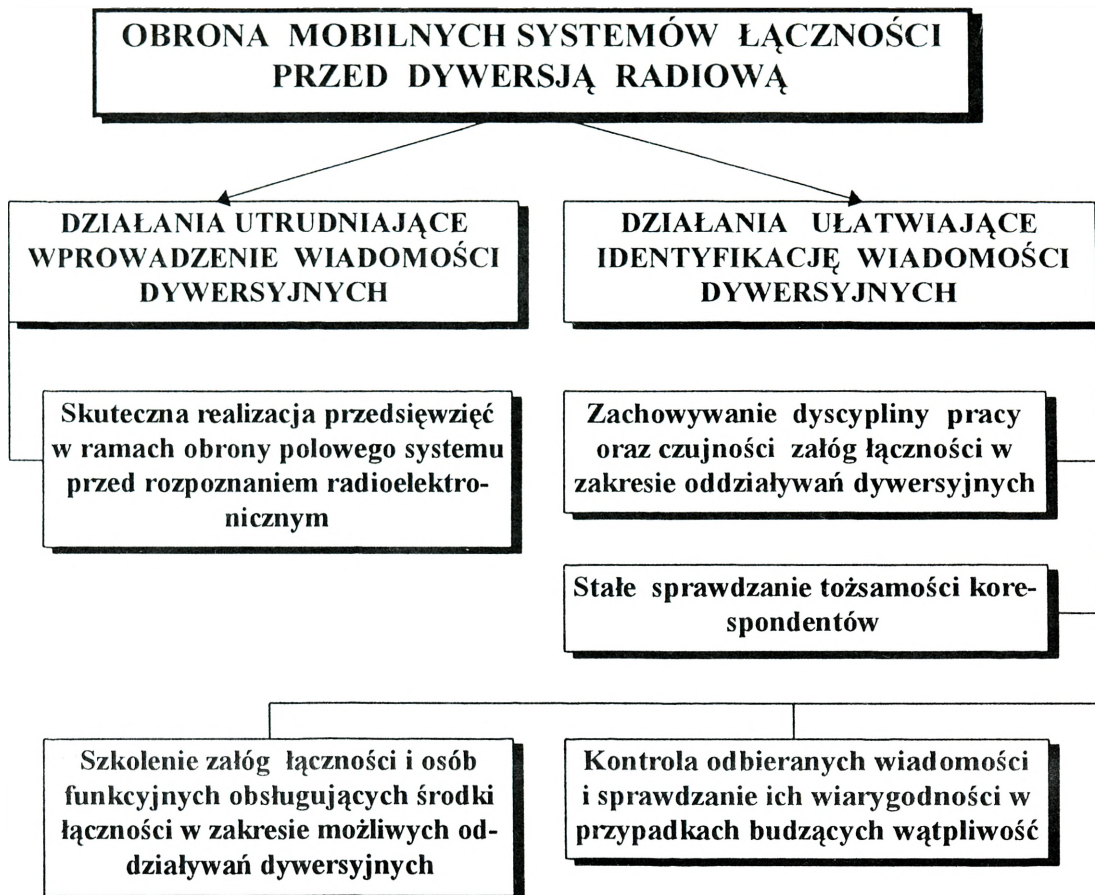
czynaly pracę wcześniej niż zakończą ją znajdujące się już w tym rejonie), możliwość ich wcześniejszego zaminowania, a także stosunkowo długi czas i sposób wykonania zadania przez nieetatową drużynę, należy stwierdzić, że przedstawiony sposób obrony może być wykorzystany w zasadzie jedynie na szczeblu operacyjnym. Natomiast na szczeblu taktycznego może okazać się mało skuteczny. Poza tym zakłada się, że w składzie takiej drużyny powinni być saperzy, którymi wojska łączności nie dysponują.

Bardziej skutecznym sposobem może być *zaangażowanie wszystkich elementów WŁ stanowisk dowodzenia do wykrywania i neutralizowania NZJU*. Neutralizowanie ich polega na ekranowaniu za pomocą, np. lekkich metalizowanych siatek, cienkich arkuszy folii aluminiowej lub kilku odpowiednio wysokich prętów metalowych wbitych w ziemię wokół poszczególnych nadajników. Spowoduje to natychmiastowe skuteczne ograniczenie rozprzestrzeniania się energii elektromagnetycznej emitowanej przez NZJU. Czynność ta jest mniej czasochłonna niż niszczenie, gdyż nie wymaga zaangażowania wyspecjalizowanych sił i środków.

Najskuteczniejszym sposobem, umożliwiającym natychmiastowe i precyzyjne lokalizowanie nowo pojawiających się źródeł energii elektromagnetycznej w rejonie węzłów łączności i przyległym terenie jest wyposażenie wojsk łączności w *zautomatyzowane systemy pelengacyjne*. Należy mieć na uwadze fakt, że ww. systemy pelengacyjne powinny mieć możliwość odróżniania sygnałów pochodzących z NZJU od sygnałów emitowanych przez własne nadajniki. Natomiast *na niższych szczeblach dowodzenia (pluton, kompania, batalion a nawet brygada) należy przewidywać zmianę rejonów rozmieszczenia węzłów łączności z chwilą pojawienia się zakłóceń emitowanych przez te nadajniki*.

Obrona przed dywersją radiową polega na wszechstronnym zabezpieczeniu środków i mobilnych systemów łączności przed wprowadzeniem fałszywych informacji, tj. rozkazów, zadań, sygnałów powiadamiania i ostrzegania oraz sygnałów sterujących, itp. Przeciwdziałanie dywersji radiowej powinno stanowić system zorganizowanych działań takich jak przedstawione na rysunku nr 4.4.

Najskuteczniejszym sposobem uniemożliwiania (utrudniania) przeciwnikowi wprowadzania informacji do relacji radiowych, radiotelefonicznych i radioliniowych jest *skuteczna realizacja przedsięwzięć obrony mobilnych SŁ przed rozpoznaniem radioelektronicznym*.



Rys. nr 4.4. Obrona mobilnych SŁ przed dywersją radiową

Ponieważ nie zawsze to się osiąga dlatego często zachodzi konieczność podejmowania działań ułatwiających *identyfikację informacji dywersyjnych*. Sytuacje takie mogą występować zwłaszcza w relacjach radiowych współdziałania, dowodzenia lotnictwem, kierowania ogniem artylerii oraz w innych - podczas przekazywania komend (sygnałów) wymagających natychmiastowej reakcji. Problem nie pojawia się tak krytycznie w systemie *automatycznej identyfikacji własnego korespondenta* na podstawie wprowadzonych do pamięci wzorców (np.: widma odbieranych sygnałów, jednolitego czasu operacyjnego, itp.). Należy nadmienić, że obrona mobilnych SŁ przed dywersją radiową traktowana jest często formalnie lub całkowicie pomijana w procesie szkolenia wojsk. Jest to zjawisko bardzo niebezpieczne, ponieważ skuteczność przeciwdziałania dywersji radiowej uzależnione jest w wielu przypadkach od nawyków operatorów, załóg środków łączności, a nawyki można wyrobić tylko w procesie systematycznego, długotrwałego szkolenia. Ważne jest, by w trakcie szkolenia zwrócić uwagę na cykl dywersyjnego oddziaływania, który rozpoczyna się skrytym włączeniem radiostacji przeciwnika do czyn-

nej sieci łączności wojsk własnych oraz pamiętać, że podstawowym warunkiem dywersyjnego, nie zauważonego przeniknięcia do relacji radiowej jest jej wcześniejszy dokładny „nasłuch”. Zatem może odbywać się m.in. przez:

- utożsamianie się i przejęcie roli jednej z radiostacji sieci,
wejście do sieci po kolejnej zmianie częstotliwości roboczej, jeśli nie wszystkie podległe radiostacje zgłosiły się,
- włączenie się do sieci kryptonimem radiostacji wyższego szczebla,
- zgłoszenie się w sieci jako nowy korespondent.

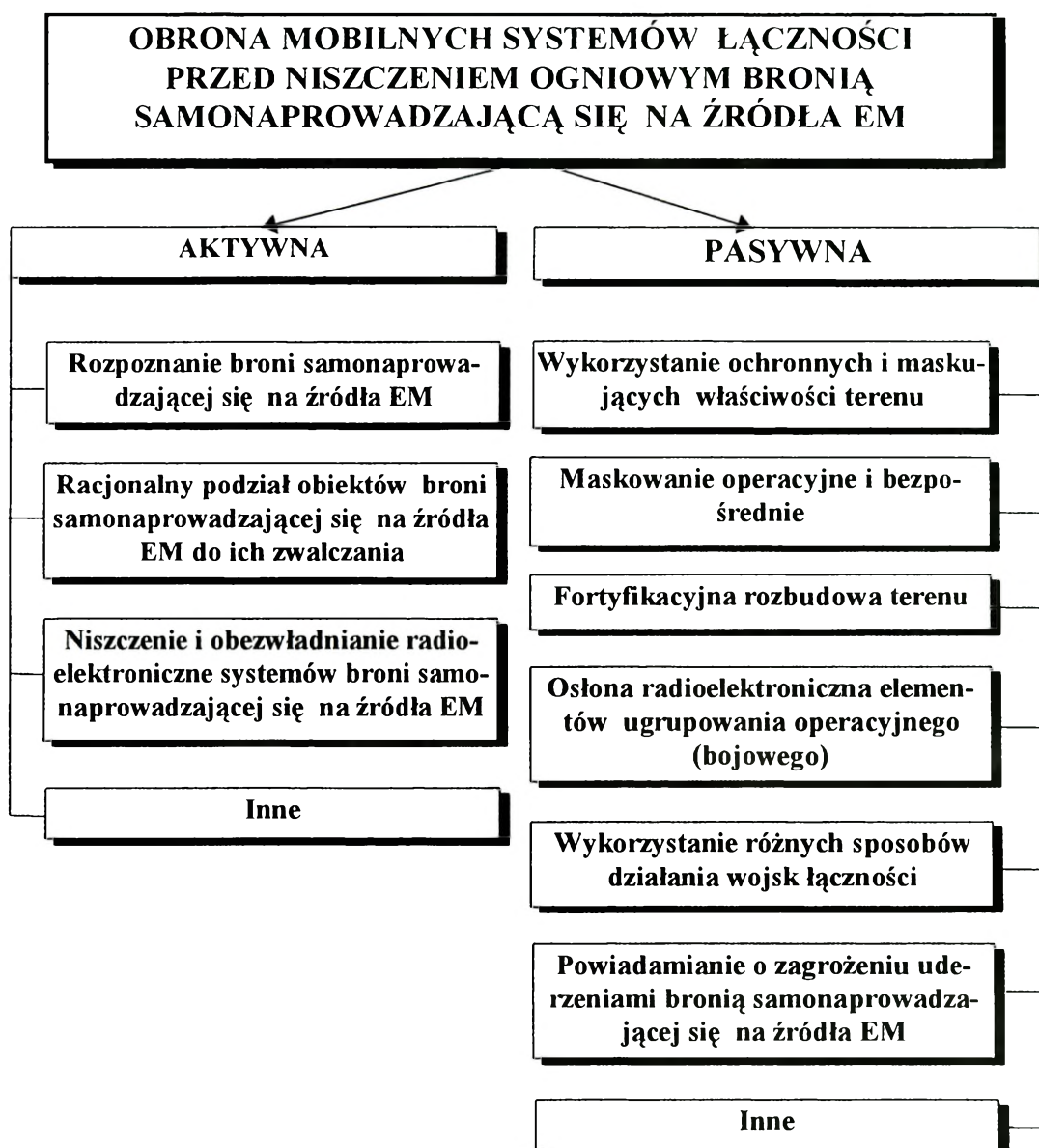
Obrona przed impulsem elektromagnetycznym opartym na konwencjonalnej technice wybuchowej stanowić będzie nowe przedsięwzięcie z chwilą pojawienia się tego komponentu broni wiązkowej. Nie mniej jednak w projektowanym perspektywicznym systemie łączności wszystkie jego komponenty (nie tylko bezprzewodowe) powinny być uodpornione pod względem technicznym na oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego. Natomiast działania organizacyjne powinny być przedmiotem oddzielnych badań w tym zakresie.

Zorganizowana w ten sposób obrona radioelektroniczna mobilnych SŁ przed obezwładnianiem radioelektronicznym wymaga sprawnego *systemu kierowania*. Decyzja o zastosowaniu odpowiedniego przedsięwzięcia powinna być wypracowana na podstawie wszechstronnych kalkulacji i badań symulacyjnych. Wykorzystanie środków informatycznych, specjalistycznie przygotowana kadra kierująca obroną mobilnych SŁ przed obezwładnianiem radioelektronicznym oraz wszechstronne wyszkolenie załóg łączności w warunkach kompleksowego oddziaływania radioelektronicznego powinno umożliwić równorzędną walkę z systemami walki radioelektronicznej potencjalnego przeciwnika.

5. Obrona mobilnych systemów łączności przed niszczeniem ogniowym bronią samonaprowadzającą się na źródła EM

Obrona wojsk i obiektów łączności przed niszczeniem ogniowym bronią samonaprowadzającą się na źródła EM stanowi - ze względu na coraz powszechniejsze jej występowanie - jakościowo nowe zadanie. Głównym zadaniem obrony przed oddziaływaniem ogniowym bronią samonaprowadzającą się na źródła EM jest zapewnienie żywotności systemów dowodzenia (łączności) i kierowania uzbrojeniem oraz ich uodpornienie na oddziaływanie systemów rozpoznawczych i rozpoznawczo - uderzeniowych, a także zachowanie zdolności do wykonywania zadań bojowych przy minimalnych stratach. Realizacja powyższego zadania powinna obejmować działania aktywne i pasywne, które zamieszczono na rysunku nr 5.1.

Spośród działań pasywnych podejmowanych przez wojska łączności najprostszym przedsięwzięciem obrony przed uderzeniami bronią samonaprowadzającą się na źródła EM jest *umiejętne wykorzystanie ochronnych i maskujących właściwości terenu*. Najlepszymi naturalnymi ukryciami dla wojsk są tylne zbocza wzniesień o kącie nachylenia większym niż 10° , wąskie doliny, wąwozy i jary, lecz tylko w przypadku odpowiedniego ich usytuowania względem kierunków rozpoznania i oddziaływania broni precyzyjnej. Wszelkiego rodzaju fałdy terenowe o odpowiedniej wysokości i stromości lub ekrany sztuczne mogą tworzyć tzw. cienie radiolokacyjne, zmniejszając lub eliminując oddziaływanie rozpoznawczych środków radioelektronicznych, radiowych, telewizyjnych i na podczerwień strony przeciwnej. Podobną rolę mogą odgrywać kompleksy leśne. Duże znaczenie w ochronie i obronie wojsk przed oddziaływaniem broni precyzyjnej mogą mieć rejony zurbanizowane, przede wszystkim duże i średnie aglomeracje o różnorodnej strukturze wewnętrznej, a także osiedla i wioski. Stwarzają one specyficzne warunki do osłony wojsk przed rozpoznaniem. Dotyczy to zwłaszcza ekranizujących właściwości różnorodnych budowli tworzących również cienie radiolokacyjne. Pozwala to w znacznym stopniu ochronić również wybrane elementy ugrupowania operacyjnego i systemu dowodzenia (łączności) przed bezpośrednimi uderzeniami środków ogniowych. Umiejętne wykorzystanie ochronnych i maskujących właściwości terenu pozwala zmniejszyć możliwości rozpoznania oraz skutki uderzeń bronią samonaprowadzającą się na źródła EM o 10-50% i więcej.



Rys. nr 5.1. Obrona mobilnych systemów łączności przed oddziaływaniem broni samonaprowadzającej się na źródła EM

Wykorzystanie terenu w obronie przed bronią samonaprowadzającą się na źródła EM wiąże się z podejmowaniem działań w zakresie *maskowania operacyjnego i bezpośredniego*. Umiejętna realizacja przedsięwzięć w tym zakresie pozwala zmniejszyć rezultaty rozpoznania oraz skutki uderzeń bronią samonaprowadzającą się na źródła EM przeciwnika o 20-30% i więcej.

Fortyfikacyjna rozbudowa terenu jest jedną z podstawowych form przeciwdziałania bronią samonaprowadzającą się na źródła EM. Rozpatrując rozbudowę fortyfikacyjną pod względem obrony przed bronią samonaprowadzającą się na źródła EM należy

uwzględnić wykorzystanie istniejącej infrastruktury zwłaszcza zabudowań w aglomeracjach miejskich i rejonach zurbanizowanych. W nowoczesnym budownictwie przemysłowym stosuje się bowiem konstrukcje stalowe lub żelbetowe, odporniejsze na oddziaływanie środków ogniowych, stanowiące jednocześnie trwałą zasłonę przed promieniowaniem elektromagnetycznym. Powierzchnie wysokich budynków tworzą tzw. cienie radiolokacyjne, w zasięgu których opromieniowanie radiolokacyjne nie jest skuteczne.

Ważniejsze elementy ugrupowania operacyjnego (bojowego) są *osłaniane radioelektronicznie* przed oddziaływaniem bronią samonaprowadzającą się na źródła EM *obiekto-wo, strefowo lub sposobem mieszanym*.

Innym działaniem w zakresie przeciwdziałania broni samonaprowadzającej się na źródła EM *jest stosowanie manewru oraz związanych z nim różnych sposobów działań wojsk, m.in:*

- rozśrodkowanie,
- dublowanie obiektów dowodzenia (mobilnych systemów łączności oraz innych systemów radioelektronicznych),
- okresowa zmiana rejonów rozmieszczenia,
- wyprowadzanie wojsk i obiektów spod uderzeń.

Wymienione działania powinny być realizowane przy uwzględnieniu i wykorzystaniu ochronnych oraz maskujących właściwości terenu. W rejonach operacyjnego rozwinięcia poszczególne elementy ugrupowania operacyjnego, a także urządzenia i środki techniczne powinny być *rozśrodkowane* w taki sposób, aby przede wszystkim zapewnić wymagane warunki bezpieczeństwa oraz możliwość ciągłego dowodzenia nimi, sprawnego współdziałania i wykonania manewru wewnątrz zajmowanego rejonu po wcześniej zaplanowanych drogach. Każde rozśrodkowanie powinno przebiegać sprawnie, niezależnie od warunków i sytuacji. Uwzględniając możliwości systemów broni samonaprowadzającej się na źródła EM należy przy rozśrodkowaniu wojsk w rejonach wyjściowych (ześrodkowania), a także w czasie marszu utrzymywać odstęp 1-1,5 km między pododdziałami i 100-200 metrów pomiędzy wozami bojowymi i pojazdami.

Rozśrodkowanie w odniesieniu do stanowisk i punktów dowodzenia powinno

uwzględnić specyfikę wykorzystania wojsk oraz środków łączności i polega na:

- rozwijaniu środków emitujących energię elektromagnetyczną poza rejonami ich rozmieszczenia,
- zmniejszeniu liczby aparatowni na poszczególnych stanowiskach i punktach dowodzenia,
- stosowaniu nieliniowego sposobu rozmieszczania elementów węzłów łączności,
- maksymalnym odsuwaniu anten od środków wypromieniowujących energię elektromagnetyczną.

W rejonie jednego węzła łączności należy poszczególne aparatownie rozmieszczać w sposób gniazdowy, po 3 - 4 w "gnieździe". Odległość między nimi powinna wynosić 10 - 15 m, między "gniazdami" 50-70m, między grupami 200-300m. Taki sposób rozmieszczenia wyklucza możliwość porażenia dwóch grup jednym pociskiem kasetowym małej mocy o promieniu rażenia nie większym niż 200m. Środki wypromieniowujące energię elektromagnetyczną, pracujące w grupach urządzeń kanałotwórczych (np. stacje radioliniowe) należy rozmieszczać w odległości nie mniejszej niż 400-600m od aparatowni wewnątrzwęzłowych (np. central). Odległość między środkami wypromieniowującymi tę energię powinna wynosić 800-1000m. Takie oddalenie wyklucza możliwość jednoczesnego ich porażenia jednym pociskiem kasetowym średniej mocy o promieniu rażenia w granicach 300-400m lub pociskami konwencjonalnymi o mocy 0,5T i promieniu rażenia 200-260m. Poza tym należy maksymalnie odsuwać anteny od środków wypromieniowujących energię elektromagnetyczną oraz wyposażyć środki nadawcze WŁ w anteny rezerwowe. Rozmieszczenie elementów węzłów łączności w sposób rozśrodkowany oraz rozwinięcie środków wypromieniowujących energię elektromagnetyczną poza stanowiskiem dowodzenia (grup nadajników na szczeblu 3 - 5km, związku taktycznego 1-3km, oddziału 1 - 1,5km) zapewni ich ochronę przed środkami rażenia i rozpoznania przeciwnika. Natomiast nieliniowe rozmieszczenie elementów węzła łączności w połączeniu z przedsięwzięciami maskowania i pozorowania przyczyni się do zmniejszenia prawdopodobieństwa ich rażenia do 10 - 20%.

Ważnym przedsięwzięciem przeciwdziałania broni samonaprowadzającej się na źródła EM, szczególnie w czasie operacji obronnej, jest *dublowanie obiektów dowodzenia, elementów mobilnych systemów łączności* oraz innych systemów radioelektronicz-

nych (zwłaszcza rozpoznania i obrony przeciwlotniczej). Dublowanie przewiduje tworzenie i wykorzystanie obiektów zapasowych (zapasowych systemów radioelektronicznych), aby w przypadku zniszczenia jednego z nich drugi mógł go zastąpić. Bardzo korzystne jest dublowanie kablowych linii łączności liniami bezprzewodowymi (radiowymi, radioliniowymi, radiotelefonicznymi). Podwyższa ono zdecydowanie odporność systemu łączności na ogniowe oddziaływanie przeciwnika. Żywotność mobilnych systemów łączności w działaniach obronnych można w większym stopniu zapewnić wykorzystując odpowiednią ilość środków łączności do zdublowania stanowisk dowodzenia, odpowiednio weryfikując dyslokację miejsc pracy osób funkcyjnych. Podobnie powinny być rozwiązywane problemy dublowania w systemach rozpoznania i obrony przeciwlotniczej, gdyż ich elementy są celami pierwszej kolejności rażenia bronią samonaprowadzającą się na źródła EM.

Skutecznym sposobem obrony przed bronią samonaprowadzającą się na źródła EM będzie *wykonywanie nieoczekiwanego manewru elementami ugrupowania operacyjnego, ich stanowiskami dowodzenia (węzłami łączności) oraz obiektami techniczno-specjalnymi*. Określając odległość przesunięcia (okresowej zmiany rejonów rozmieszczenia) należy uwzględnić wielkość powierzchni rozpoznania i rażenia danym systemem broni samonaprowadzającej się na źródła EM, tak aby zapewnić odpowiednie ukrycie elementów ugrupowania lub obiektu. Manewr ten najlepiej wykonywać jest w nocy lub w innych warunkach ograniczonej widoczności z wykorzystaniem tzw. cieni radiolokacyjnych. Przemieszczanie węzłów łączności powinno odbywać się zespołami (grupami środków), przy zachowaniu odległości między kolumnami 2-3 km. Kolumny powinny przemieszczać się grupami, po 3-4 aparatownie w każdej grupie, zachowując odległości między grupami 100 - 150 m, a między aparatowniami w grupie - do 70 m. Węzły łączności powinny przegrupowywać się, o ile jest to możliwe, po kilku drogach. Należy unikać wyboru długich odcinków prostoliniowych, dobrze widocznych z dużej odległości. Na drogach marszu powinna znajdować się mała liczba możliwie krótkich odcinków odkrytych pod względem radiolokacyjnym. Większa liczba (do 10) odkrytych odcinków może kilkakrotnie powiększyć straty w sprzęcie. Odkryte odcinki drogi powinno się pokonywać z większą prędkością, przy zachowaniu odległości między pojazdami 100 - 150 m. Zwiększając prędkość marszu z 20 do 70 km/h, można zmniejszyć straty od kilku do kilkunastu razy. Natomiast w strefach cieni radiolokacyjnych pojazdy powinny jechać z prędkością 20 - 30 km/h, z zachowaniem odległości między nimi równej 30 - 50 m.

Z manewrem (okresową zmianą rejonów ześrodkowania) związane jest wyprowadzanie elementów mobilnych systemów łączności spod uderzeń bronią samonaprowadzającą się na źródła EM. Przedsięwzięcia tego rodzaju będą realizowane przede wszystkim przez te obiekty, które zostały rozpoznane, lub co do których istnieje przypuszczenie, że położenie ich jest znane przeciwnikowi. Wyprowadzenie ich spod uderzeń bronią samonaprowadzającą się na źródła EM powinno odbywać się przy ścisłym przestrzeganiu zasad maskowania i wykorzystaniu maskujących właściwości terenu, zwłaszcza tzw. cienia radiolokacyjnego oraz w warunkach ograniczonej widoczności. Odległość nowego rejonu powinna być dostosowana do powierzchni pola rozpoznania stacji radiolokacyjnej systemu rozpoznawczo-uderzeniowego pracującej w trybie rozpoznania szczegółowego. Wyprowadzanie elementów mobilnych systemów łączności spod uderzeń bronią samonaprowadzającą się na źródła EM będzie zależeć również od czasu potrzebnego na zwijanie elementów ugrupowania bojowego w rejonie zajmowanym dotychczas. W każdej sytuacji działanie to powinno być na tyle racjonalne, aby nie doprowadziło do naruszenia ciągłości dowodzenia oraz systemu ognia. Szczególnie istotne znaczenie posiada odpowiedni wybór i zamaskowanie dróg marszu oraz zamaskowanie i rozbudowa inżynieryjna rejonów zapasowych. Kierując się potrzebami zachowania ciągłości dowodzenia celowe jest uprzednie zorganizowanie kablowych linii łączności do rejonów zapasowych. Poza tym trzeba najpierw wyprowadzić te elementy, które bezpośrednio wpływają na utrzymanie ciągłości działania, a następnie pozostałe. Opuszczone rejonory należy wykorzystać jako rejonory pozorne. Realizacja przedsięwzięć w ramach wyprowadzania elementów mobilnego systemu łączności spod uderzeń broni samonaprowadzającej się na źródła EM pozwala, w dogodnych warunkach, zmniejszyć straty o 75% i więcej.

Zakres zasadniczych działań mających na celu *odtworzenie zdolności bojowej wojsk łączności i likwidację skutków uderzeń bronią samonaprowadzającą się na źródła EM obejmuje:*

- odtworzenie naruszonego systemu łączności,
- ustalenie skutków użycia broni precyzyjnej (rozpoznanie rejonów uderzeń),
- sprecyzowanie zadań dla tych sił, które nie utraciły zdolności bojowej,
- realizację przedsięwzięć ratunkowo-ewakuacyjnych,

- ustalenie możliwości i warunków przebywania wojsk łączności w dotychczas zajmowanych rejonach oraz wykonanie przez nie zadań bojowych,
- rozpoznanie dróg manewru oraz przegrupowanie części sił i środków,
- uzupełnianie stanów osobowych, sprzętu i środków materiałowych.

Wojska łączności powinny odtworzyć zdolność bojową - w zasadzie przy wykorzystaniu własnych ocalałych sił i środków - bezpośrednio po wykonaniu uderzenia, bez oczekiwania na zarządzenie szczebla nadrzędnego. Innym sposobem odtworzenia systemu łączności może być uzupełnienie jego elementów zapasowymi środkami łączności i sprzętem specjalistycznym oraz stanem osobowym. Celowe jest zatem posiadanie rezerwowych środków łączności i wykorzystywanie ich w sytuacjach krytycznych.

Ważnym czynnikiem, który może ograniczyć skutki uderzeń bronią samonaprowadzającą się na źródła EM, będzie *terminowe powiadamianie o zagrożeniu jej użyciem*. Terminowość powiadamiania o zagrożeniu uderzeniami bronią samonaprowadzającą się na źródła EM zależy od jakości i dokładności rozpoznania prowadzonego kompleksowo przez wszystkie szczeble dowodzenia, własnymi siłami i środkami. Powiadamianie odbywa się na szczeblu operacyjnym w specjalnie zorganizowanych do tego celu relacjach łączności. Ponadto na szczeblu taktycznym - na podstawie informacji uzyskanych z sieci powiadamiania oraz z własnych źródeł informacji - jest organizowane i prowadzone ostrzeżenie oddziałów o zagrożeniu z powietrza. Sygnały ostrzegania - określające stopień (charakter) zagrożenia, kierunek i ewentualny czas - stanowią dla dowódców oddziałów (pododdziałów) podstawę do alarmowania o zagrożeniu z powietrza. Na szczeblu oddziału organizuje się posterunek obserwacji przestrzeni powietrznej i skażeń, a w pododdziałach wyznacza się obserwatorów. W związku z tym, iż sprzęt znajdujący się w wyposażeniu wojsk łączności nie pozwala na rozpoznanie typów środków napadu powietrznego, a tym samym na ich identyfikację, każdy obiekt powietrzny może być elementem systemu broni samonaprowadzającej się na źródła EM. Dlatego też wojska łączności powinny być powiadamiane o zagrożeniu uderzeniami bronią samonaprowadzającą się na źródła EM - w ogólnej sieci powiadamiania o sytuacji powietrznej, bez konieczności organizowania do tego celu odrębnych relacji łączności. *Ważną rolę w powiadamianiu, ostrzeganiu i alarmowaniu spełniają wojska łączności organizujące odpowiednie relacje łączności powiadamiania, ostrzegania i alarmowania.*

Rekapitulując walka z systemami broni samonaprowadzającej się na źródła EM obejmuje wiele różnorodnych zagadnień - od określenia wymagań dotyczących wykrywania obiektów tej broni, przez problemy dowodzenia wojskami łączności w czasie niszczenia i obezwładniania (działania aktywne) aż po stworzenie kompleksowego systemu obrony wojsk przed rozpoznaniem i ogniowym oddziaływaniem broni samonaprowadzającej się na źródła EM (działania pasywne). Zasadniczą kwestią wymagającą rozwiązania przez wojska łączności w ramach działań pasywnych jest ukrywanie obiektów łączności przed rozpoznaniem satelitarnym oraz nowymi systemami radiolokacyjnymi sprzężonymi niejednokrotnie z bronią o precyzyjnym naprowadzaniu na cele. Planując rozmieszczenie wojsk i obiektów łączności należy uwzględnić wpływ własności terenu na ich ochronę oraz maskowanie przede wszystkim przed obserwacją boczną. Głównymi sposobami przeciwdziałania broni samonaprowadzającej się na źródła EM może być wykorzystanie nowych generacji środków maskowania (tzw. osłon termicznych, powłok pochłaniających, itp.) i imitacji, budowa odpowiednio "ożywionych" obiektów pozornych (20-30% rzeczywistego stanu bojowego), osłona radioelektroniczna ugrupowania oraz racjonalne działanie wojsk.

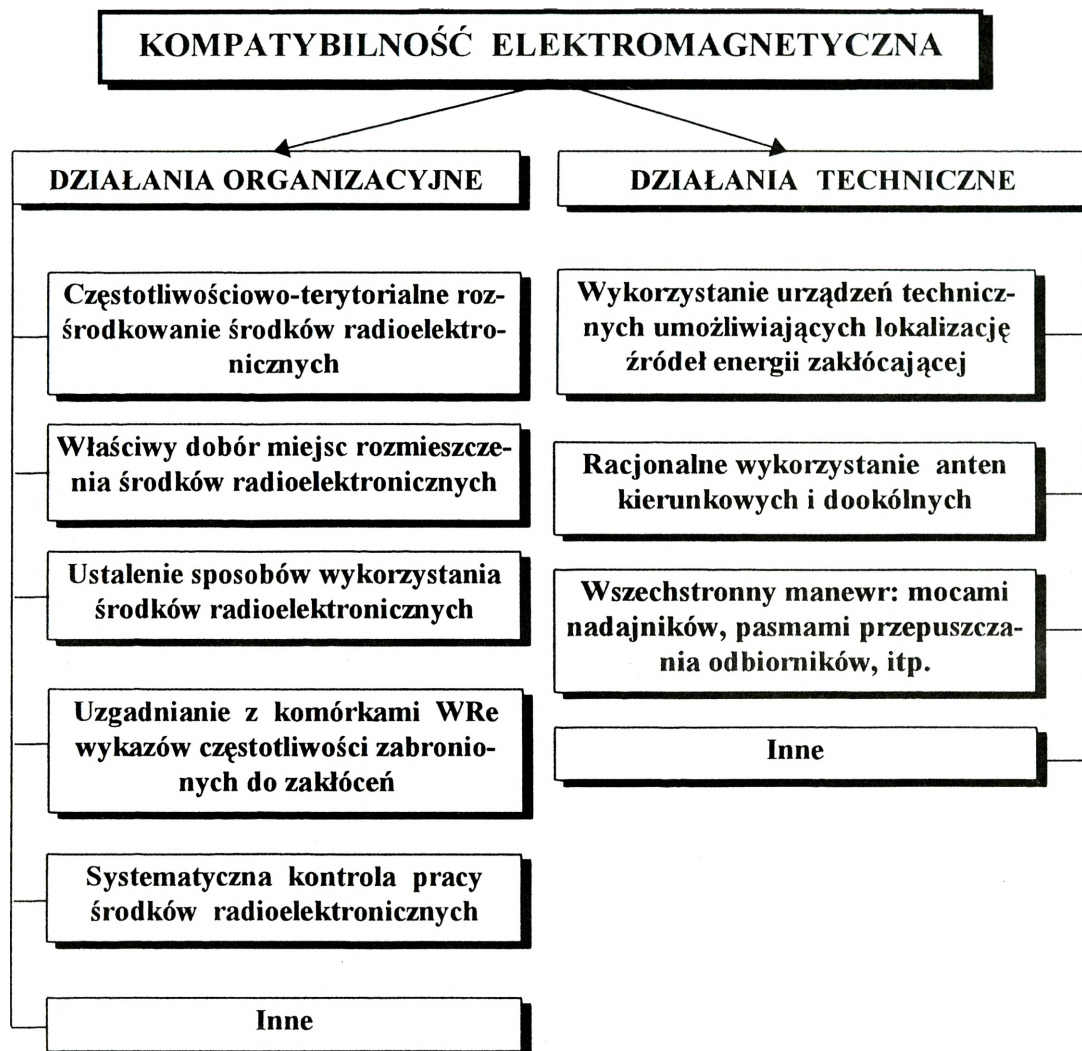
6. Obrona przed zakłóceniami interferencyjnymi (wzajemnymi)

Innym problemem decydującym o trwałości systemów dowodzenia i łączności jest obrona przed zakłóceniami interferencyjnymi (wzajemnymi). Problematyka ta z reguły ujmowana jest w ramach zapewnienia *kompatybilności elektromagnetycznej* danego związku operacyjnego (taktycznego). Tym mianem określa się prawidłową koegzystencję mobilnych systemów łączności i jego części w środowisku elektromagnetycznym. W warunkach współczesnego pola walki środowisko to jest przeciążone zarówno w wymiarze przestrzennym, jak i spektralnym. Szacuje się, że tylko w rejonie obrony jednego związku taktycznego rozmieszczonych może być około 12000 różnorodnych radiostacji pracujących w zakresie częstotliwości 1,5-80 MHz. Poza tym na pasmo to przypada znaczna część zakłóceń naturalnych i technicznych. Problem eliminacji zakłóceń interferencyjnych (wzajemnych) należy rozwiązywać w dwóch płaszczyznach: kompatybilności zewnętrznej (prawidłowa koegzystencja elektromagnetyczna pomiędzy poszczególnymi podsystemami łączności a także ze źródłami zakłóceń naturalnych i technicznych) oraz kompatybilności wewnętrznej (prawidłowa koegzystencja elektromagnetyczna obiektów jednego systemu). Zakres działań w celu zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej przedstawiono na rysunku nr 6.1.

Spośród działań organizacyjnych *dobór przydziału częstotliwości* jest jedną z podstawowych czynności zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej bezprzewodowych środków łączności. Systematycznie wzrasta jej ranga ze względu na powszechny deficyt częstotliwości, duże zagęszczenie środków radioelektronicznych w rejonach działania wojsk i przyległych do nich (zwłaszcza przed przednim skrajem i w rejonach rozmieszczenia pierwszych rzutu) a także duży i trudny do przewidzenia wpływ środków i systemów radioelektronicznych przeciwnika na stan sytuacji radioelektronicznej. Problem ten powinien być rozwiązywany centralnie przez związek operacyjny z wykorzystaniem z wykorzystaniem techniki komputerowej.

Istotne dla zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej *jest częstotliwościowo-terytorialne rozśrodkowanie obiektów radioelektronicznych*. Rozwiązanie tego problemu sprowadza się do rygorystycznego przestrzegania przewidzianych dokumentami normatywnymi odległości między środkami radioelektronicznymi, a zwłaszcza radiosta-

cjami średniej mocy i stacjami radioliniowymi, rozwijanymi w obrębie tego samego stanowiska dowodzenia (węzła łączności) lub w sąsiednich rejonach.



Rys. nr 6.1. Zakres obrony przed zakłóceniami interferencyjnymi (wzajemnymi)

Odległości te powinny być nie mniejsze niż:

- między radiostacjami średniej mocy a stacjami radioliniowymi: 1500 - 2000 m,
- między stacjami radioliniowymi: 200 - 300 m,
- między radiostacjami średniej mocy KF a UKF: 300 - 400 m,
- w grupie powyżej 4 radiostacji średniej mocy: 800 - 1000m.
- pozostałe elementy węzłów łączności powinny być rozśrodkowane z zachowaniem odstępów 50-70 m. Grupy środków radiowych powinna być

rozmieszczona w odległości: WŁ SD (ZSD) ZO 3 - 5 km i więcej; WŁ SD (ZSD) ZT 1 - 3 km; WŁ SD oddziału 1 - 1,5 km.

Wybór miejsca rozwijania środków radioelektronicznych posiada również duże znaczenie dla eliminowania wzajemnych zakłóceń. Idealne z punktu widzenia kompatybilności elektromagnetycznej miejsce do rozwijania środków radioelektronicznych powinno umożliwiać ekranowanie anteny odbiorczo-nadawczej w obszarze promieniowania niepożądanego z wykorzystaniem ekranów naturalnych oraz stwarzać korzystne warunki propagacji fal elektromagnetycznych w obszarze promieniowania pożądanego. Optymalnym miejscem rozwijania elementów systemów łączności przede wszystkim szczebla taktycznego są małe miejscowości.

Ze względu na niekontrolowany wpływ środków i systemów radioelektronicznych przeciwnika, powszechny deficyt częstotliwości, duże zagęszczenie środków radioelektronicznych oraz inne uwarunkowania wynikające z zasad aktualnie stosowanego sposobu podziału częstotliwości mogą występować nieprzewidziane zakłócenia kompatybilności elektromagnetycznej. Dlatego też konieczne jest *ustalenie sposobu wykorzystania środków radioelektronicznych* według częstotliwości, czasu i kierunków informacyjnych. Realizacja ww. ustaleń (przedsięwzięć) ogranicza w pewnym stopniu przepustowość systemu łączności. Powinny być podejmowane zatem w ostateczności, gdy niemożliwe jest usunięcie przyczyn naruszenia kompatybilności elektromagnetycznej innymi sposobami.

Ważnym przedsięwzięciem, eliminującym wpływ zakłóceń pochodzących od wojsk własnych, jest *uzgodnienie z komórkami WRe częstotliwości zabronionych do zakłóceń*. Przy czym należy podkreślić, że osoby odpowiedzialne za organizację i eksploatację mobilnych systemów łączności powinny zabiegać o dostarczenie wykazów częstotliwości, rejonów i sektorów zabronionych do zakłóceń do odpowiednich komórek WRe.

Sprawną eliminację przyczyn naruszenia kompatybilności elektromagnetycznej osiąga się poprzez *ciągłą kontrolę pracy środków radioelektronicznych i warunków propagacji fal elektromagnetycznych*. Jest to podstawowe zadanie organu kierowania systemem łączności. Należy mieć na uwadze, że prawdopodobieństwo naruszenia kompatybilności elektromagnetycznej w zbrojnych działaniach np. w związku taktycznym pierwszego rzutu wynosi około 0,9999997. Jeśli uwzględni się wpływ innych środków

przeciwnika i własnych oraz zakłóceń atmosferycznych i przemysłowych, to łączne prawdopodobieństwo wystąpienia naruszeń kompatybilności elektromagnetycznej będzie jeszcze wyższe. W przypadku drastycznych naruszeń kompatybilności elektromagnetycznej należy przewidzieć wyłączenie mniej ważnych środków radioelektronicznych lub podejmowanie innych działań.

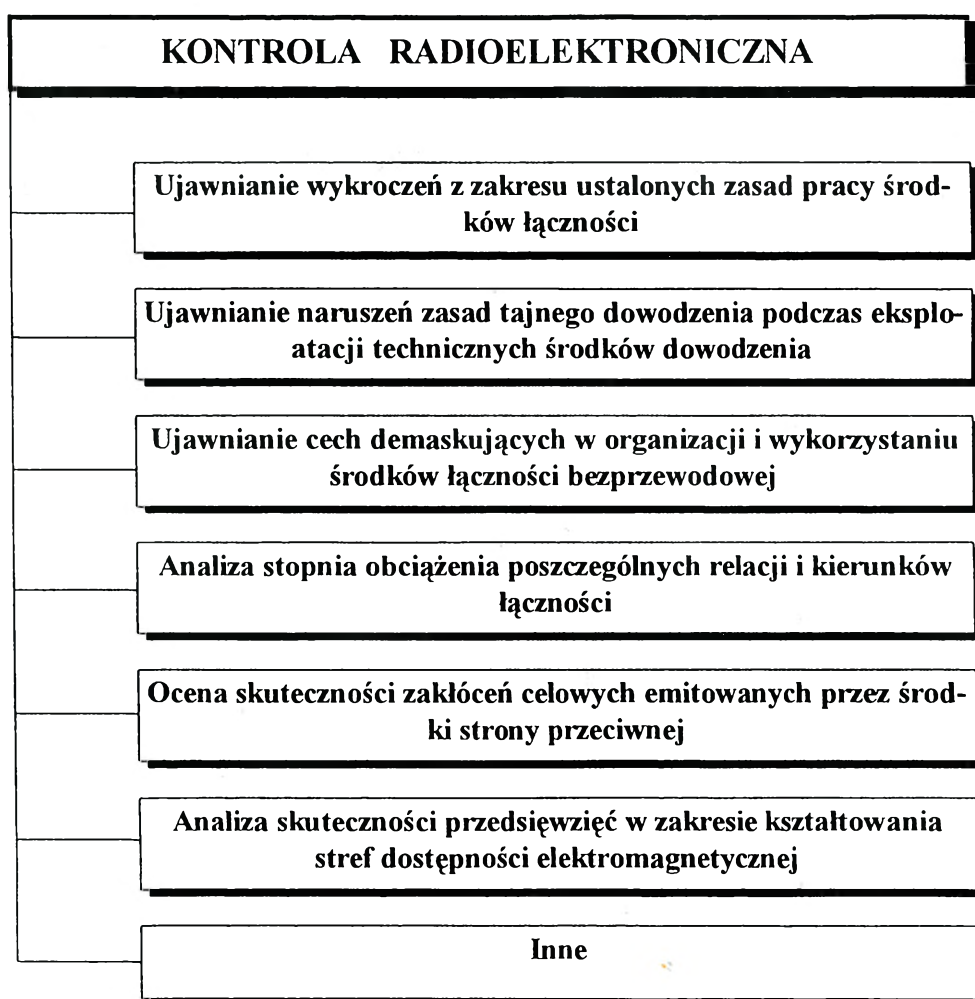
W ramach działań technicznych przede wszystkim należy wyposażyć wojska łączności w urządzenia *umożliwiające identyfikację i lokalizację źródeł energii zakłócenio-wej, poprzez ciągłe śledzenie źródeł emitujących energię elektromagnetyczną na częstotliwościach przydzielonych środkom radioelektronicznym danego mobilnych SŁ, węzła łączności, itp.* Pozostałe techniczne działania mające na celu eliminację wzajemnych zakłóceń są analogicznie jak w przypadku obrony przed obezwładnianiem radioelektronicznym.

Rekapitułując, w celu zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej mobilnego systemu łączności należy planować odpowiednie działania centralnie, a realizować przedsięwzięcia - poczynając od załogi (drużyny) łączności. Poza tym konieczne jest wdrażanie urządzeń technicznych umożliwiających:

- ciągłe śledzenie sytuacji radioelektronicznej,
- automatyzację przydziału częstotliwości i manewr częstotliwościami,
- elektroniczne kształtowanie charakterystyk promieniowania anten.

7. Kontrola radioelektroniczna

Kontrolę radioelektroniczną organizuje szczebel centralny. Prowadzą ją wyspecjalizowane siły i środki walki radioelektronicznej oraz zandarmerii wojskowej. Wojska łączności powinny uczestniczyć w realizacji tego przedsięwzięcia. W tym celu należy organizować etatowe (nieetatowe) posterunki (grupy) kontroli radiowej wyposażone w specjalistyczny sprzęt do prowadzenia śledzenia, namierzania i analizy technicznej własnych relacji łączności radiowych. Organizatorem kontroli radioelektronicznej powinien być szef łączności i informatyki w stosunku do organizowanego przez siebie systemu łączności. Wykaz jego działań w tym zakresie przedstawia rysunek nr 7.1.



Rys. nr 7.1. Zakres kontroli radioelektronicznej

Kontrola radioelektroniczna obejmuje działania od których uzależniona jest efektywność

pozostałych elementów składowych obrony radioelektronicznej systemu łączności cyfrowej. Kontrolę radioelektroniczną przeprowadza się w sposób następujący:

- przez ciągłą obserwację,
- poprzez obserwację pracy kilku sieci i kierunków radiowych według grafiku,
- drogą swobodnego poszukiwania w określonym przez szefa łączności zakresie częstotliwości.

Efekty kontroli radioelektronicznej uzyskuje się przez:

- dokładne sprecyzowanie i postawienie zadań dla punktów (grup) kontroli radioelektronicznej,
- wyznaczenie do pracy przy odbiornikach kontrolnych doświadczonych i zdyscyplinowanych operatorów urządzeń łączności,
- wykorzystanie do kontroli radioelektronicznej starannie sprawdzonych i wyskalowanych urządzeń odbiorczych wysokiej jakości sprzężonych z odpowiednimi analizatorami widma, umożliwiającymi prowadzenie analizy technicznej kontrolowanych emisji i sygnałów,
- terminowe składanie meldunków o naruszeniu przepisów korespondencji radiowej, zasad tajnego dowodzenia, indywidualnych cech demaskujących środków łączności i operatorów,
- niezwłoczne usuwanie stwierdzonych niedociągnięć i nieprawidłowości.

8. Zakończenie

Zaproponowany model obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności wymaga sprawnego i zorganizowanego systemu kierowania, który by połączył wysiłek mobilnych systemów łączności w walce z rosnącym zagrożeniem radioelektronicznym potencjalnego przeciwnika. Prowadzone dotychczas badania problemów obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności nie uwzględniały zagadnień kierowania nią. Mając na względzie zasadę sprzyjającą sprawnemu kierowaniu, tj. nie rozbudowywania struktur organizacyjnych oraz realia ekonomiczne kraju, system kierowania obroną radioelektroniczną powinien być wyłoniony spośród istniejących już elementów funkcjonalnych. Na przykład: podsystem funkcjonalny kierowania łącznością mógłby - w okresie początkowym - kierować również działaniami z zakresu obrony radioelektronicznej. W przyszłości celowe wydaje się utworzenie w ramach tego podsystemu, *funkcjonalnego zespołu kierowania obroną radioelektroniczną*. Zespół taki powinien mieć możliwość śledzenia rozwoju sytuacji radioelektronicznej, przewidywania jej dalszego rozwoju oraz podejmowania działań uprzedzających bądź obronnych. Decyzja o zastosowaniu odpowiedniego przedsięwzięcia powinna być wypracowana na podstawie wszechstronnych kalkulacji i badań symulacyjnych. Wykorzystanie środków informatycznych, specjalistycznie przygotowana kadra kierująca obroną radioelektroniczną mobilnych systemów łączności oraz wszechstronne przygotowanie załóg łączności do pracy w warunkach zagrożenia radioelektronicznego powinny umożliwić równorzędną walkę z systemami rozpoznania i walki radioelektronicznej potencjalnego przeciwnika. Jest to ważny aspekt problemu, gdyż sposób kierowania obroną radioelektroniczną determinuje jej przygotowanie pod względem organizacyjnym i wykorzystania sprzętu technicznego.

Przedstawione rozważania pozwalają sformułować następujące wnioski końcowe:

1. Obrona radioelektroniczna mobilnych systemów łączności powinna być działaniem zarówno scentralizowanym, podejmowanym przez sztab na etapie organizacji zbrojnych działań wojennych jak również zdecentralizowanym realizowanym przez bezpośrednich użytkowników środków i urządzeń radioelektronicznych podczas ich eksploatacji. Pomimo że planowanie obrony radioelektronicznej spoczywa na odpo-

wiednich komórkach walki radioelektronicznej, to odpowiedzialność za wykonanie ww. działań - w ramach zabezpieczenia działań mobilnych systemów łączności - powinno spoczywać na dowódcach i sztabach jednostek łączności wszystkich szczebli dowodzenia oraz na załogach i osobach funkcyjnych bezpośrednio eksploatujących środki i systemy radioelektroniczne. *Problematykę obrony radioelektronicznej celowe wydaje się ujmować w legendach do planów łączności wraz z odpowiednimi uzasadnieniami oraz graficznie (wybrane elementy) na mapach roboczych lub modelach funkcjonalnych.*

2. Model obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności będzie obejmował odpowiedni kompleks działań i przedsięwzięć w zakresie:
 - obrony przed rozpoznaniem radioelektronicznym,
 - obrony przed obezwładnianiem radioelektronicznym,
 - obrony przed oddziaływaniem broni samonaprowadzającej się na źródła EM,
 - obrony przed zakłóceniami interferencyjnymi (wzajemnymi),
 - kontroli radioelektronicznej.
3. Zaproponowany model obrony radioelektronicznej mobilnych systemów łączności wymaga sprawnego systemu kierowania. Decyzja o podjęciu odpowiedniego działania lub zastosowaniu odpowiedniego przedsięwzięcia powinna być wypracowywana na podstawie wszechstronnych kalkulacji i badań, włącznie z badaniami symulacyjnymi.

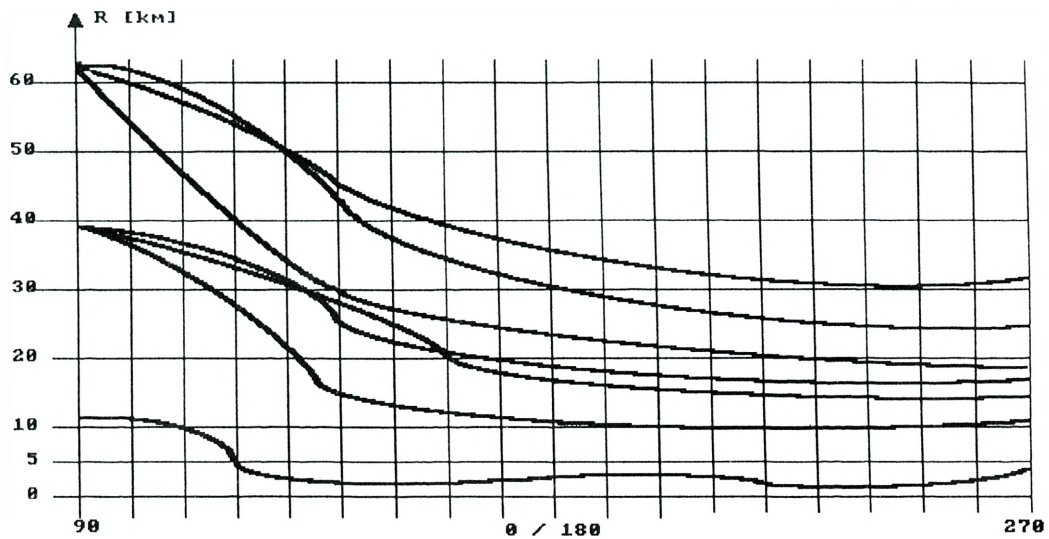
BIBLIOGRAFIA

1. Domański B., Możliwości i sposoby maskowania operacyjnego w operacji obronne. Zeszyty Naukowe AON nr 1/10/1993, Warszawa 1993
2. Hewish M., Exploitation Terrain -Automation Supports Battlefield Demands. Ir Def. Rev. 10/92
3. Janczak J., Obrona Radioelektroniczna. Wyd. WSOWŁ, Zegrze 1993
4. Killen H. B., Transmisja cyfrowa w systemach światłowodowych i satelitarnyc. Wyd. KiŁ, Warszawa 1992
5. Metodyka szkolenia nieetatowych pododdziałów wykrywania i niszczenia nadajników zakłóceń jednorazowego użytku. Wyd. POW, Bydgoszcz 1988
6. Obrona wojsk przed bronią samonaprowadzającą się na źródła EM. Wyd. MOI Warszawa 1991
7. Organizacja łączności na szczeblach taktycznych. Wyd. MON, Warszawa 1986
8. Regulamin działań taktycznych wojsk lądowych cz I. Wyd. Szt. Gen. WP, Warszawa 1994
9. Rotkiewicz W ., Kompatybilność elektromagnetyczna w radiotechnice. Wyd. Ki Warszawa 1978
10. Sawin S., Inżynieryjne zabezpieczenie działań bojowych koalicji antyirack w rejonie Zatoki Perskiej. Wojskowy Przegląd Zagraniczny nr 3/92
11. Sikorski K., Doskonalenie obrony radioelektronicznej DZ w początkowym okresie wojny, Rozprawa doktorska. Wyd. ASG WP, Warszawa 1989
12. Walka radioelektroniczna w SZ RP. Wyd. AON, Warszawa 1997
13. Wojnar A ., Systemy RRL. Wyd. KiŁ, Warszawa 1989

ZAŁĄCZNIKI

Załącznik 1

Głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej R w funkcji wartości kąta θ pomiędzy osią kierunkową anteny a linią styczności wojsk

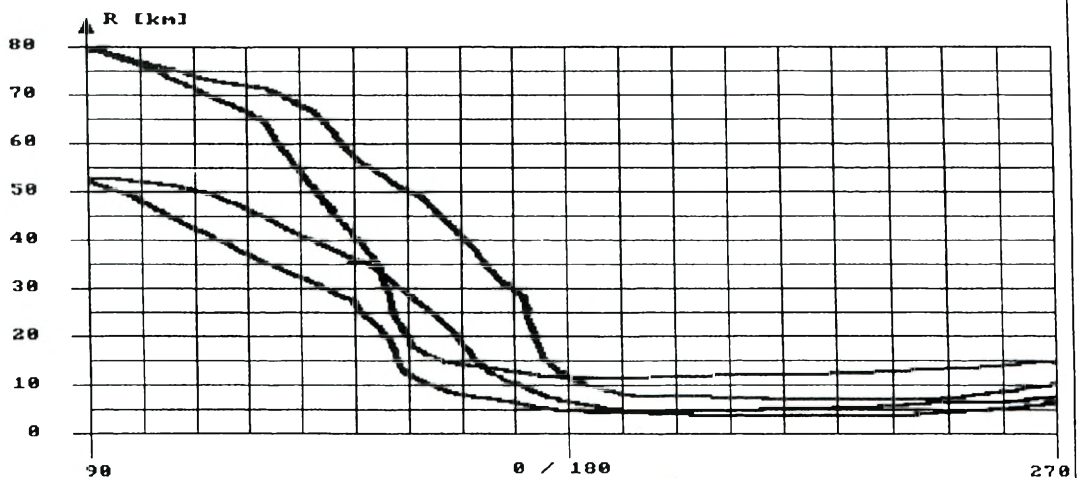


- A - antena logarytmiczno-periodyczna; $P_n = 22,5W$
- B,C - anteny z płaskim reflektorem do pracy w podzakresach B i C
- A',B',C' - jak wyżej - podczas pracy z obniżoną mocą $P_n = 3W$

Pomiędzy anteną nadawczą i anteną odbiorczą teren odkryty, spełniający warunek bezpośredniej widoczności anten.
Gleba średnio wilgotna ($\epsilon=10, \sigma=10^{-2}$)

Załącznik 2

Głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej R w funkcji wartości kąta θ pomiędzy osią kierunkową anteny a linią styczności wojsk.

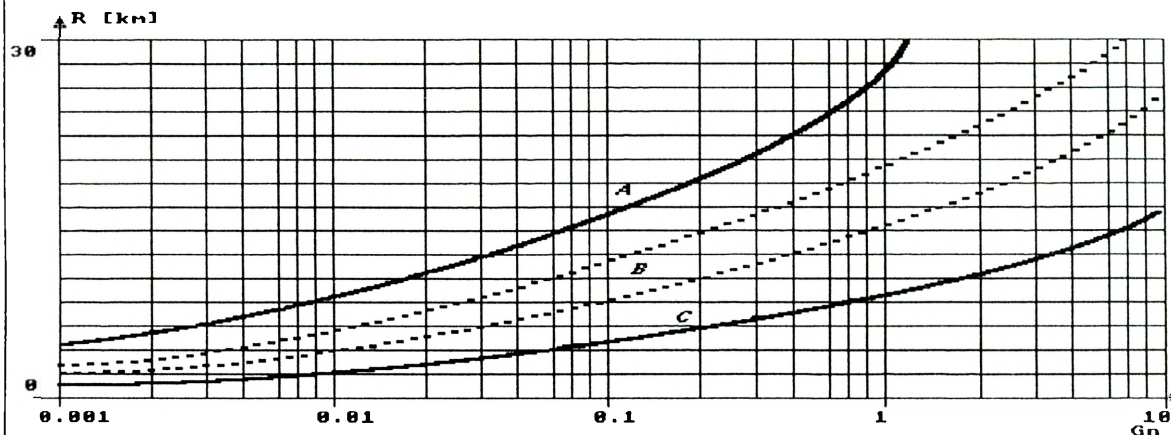


- 1 - antena typu kanał falowy /Yagi/, $P_n = 2,5W$
- 2 - jak wyżej - praca ze wzmacnieniem mocy $P_n = 25W$
- 3 - antena katowa, $P_n = 1,5W$
- 4 - jak wyżej - praca ze wzmacnieniem mocy $P_n = 10W$

Pomiędzy anteną nadawczą i odbiorczą teren odkryty, spełniony warunek optycznej widoczności anten.
Gleba średnio wilgotna ($\epsilon=10, \sigma=10^{-2}$)

Załącznik 3

Głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej R w funkcji zysku energetycznego anteny nadawczej G_n . Linie przerywane pozwalają określić orientacyjny zasięg nadajnika podczas pracy nadajnika z antenami pretowymi.



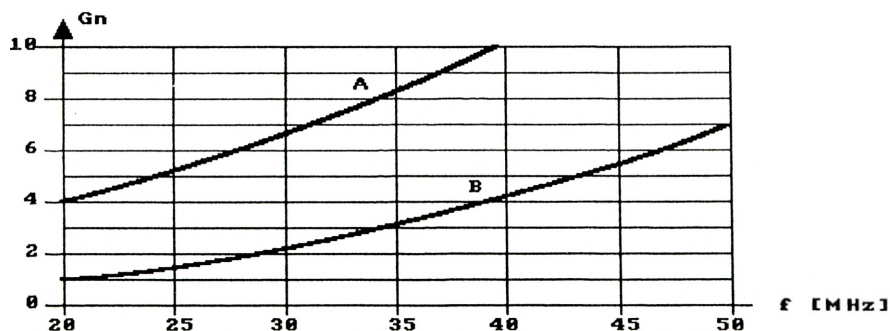
WARUNKI:

- moc nadajnika 1 W
- antena rozwinięta w terenie odkrytym o ubogiej morfologii
- gleba średnio wilgotna ($\epsilon=10, \delta=10^{-2}$)
- antena odbiorcza - pret 1,5 m zawieszony na masztach $h=16.5$ m
- moc zakłóceń na wejściu odbiornika rozpoznawczego $P=5 \cdot 10^{-14}$ W
- przy większych od 1 W mocach nadajnika odczytana z tego wykresu głębokość strefy należy pomnożyć przez współczynnik określony na podstawie rys.15

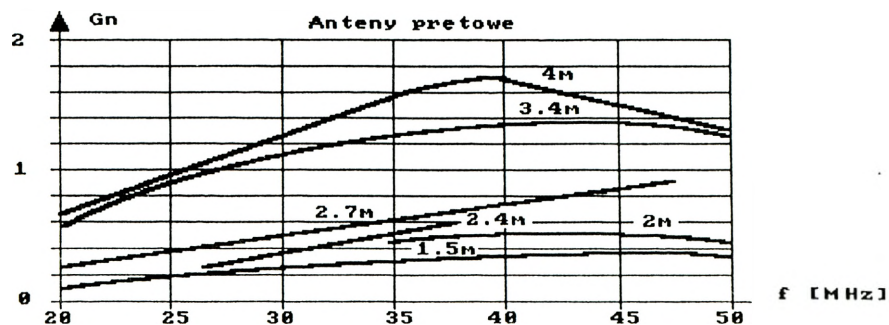
- a- polaryzacja pionowa, antena nie zawieszona na maszcie
- b- przez kłuzem telegraficznym
- c- polaryzacja pozioma, antena zawieszona na wysokości 1 m

Załącznik 4

Zysk energetyczny anteny G_n w funkcji częstotliwości f . Radiostacja rozwinięta w terenie odkrytym o średniej wielkości

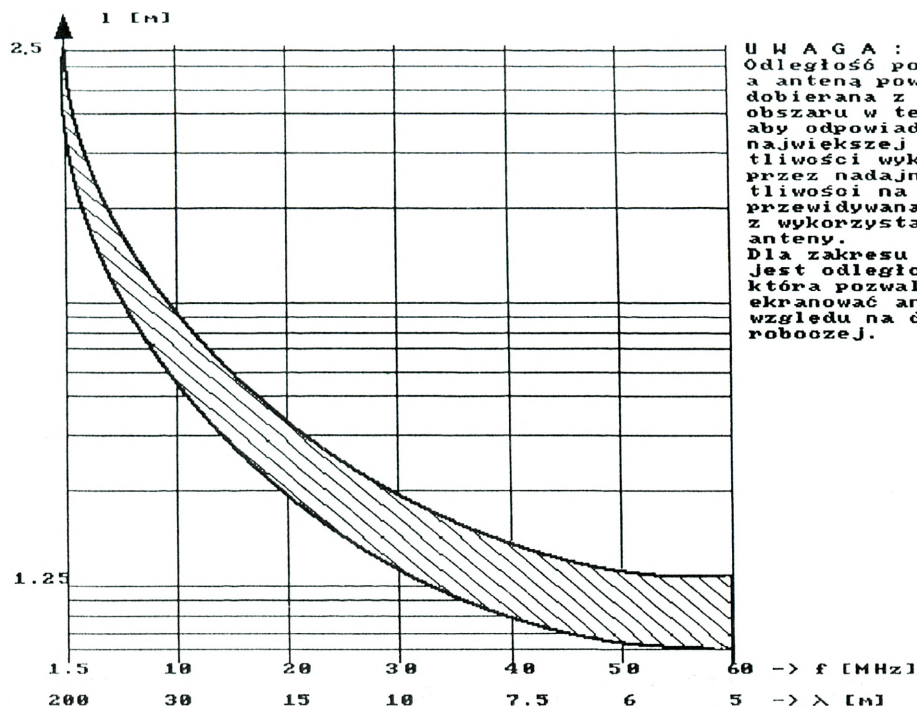


- A - półromb pionowy
- B - antena z falą bieżącą (40/1 m)



Załącznik 5

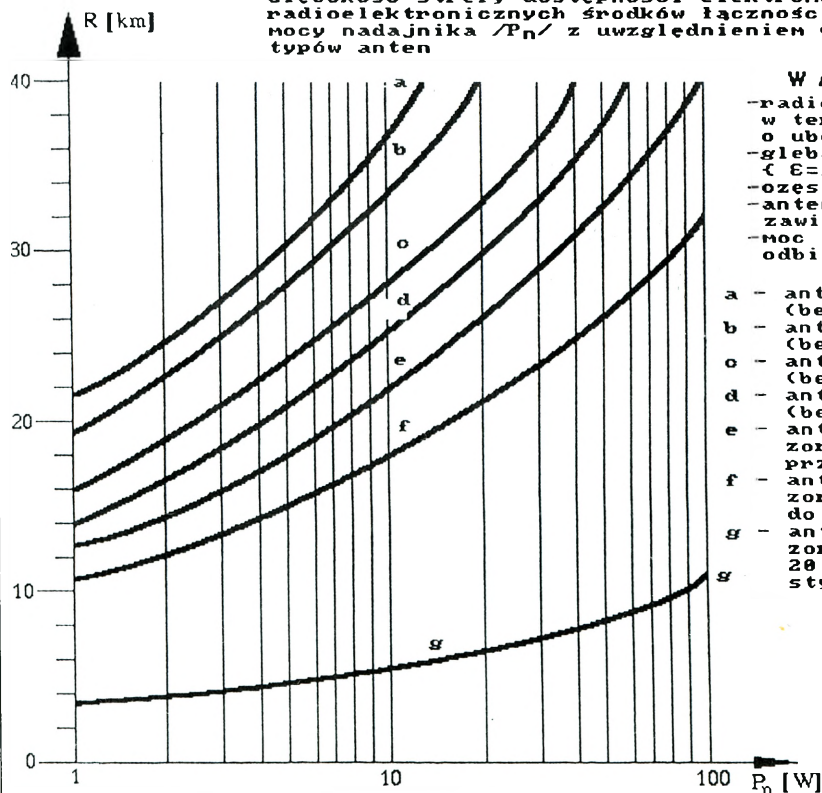
Optymalna odległość pomiędzy anteną pretową i ekranem /1/
w funkcji długości fali roboczej nadajnika λ



U W A G A :
Odległość pomiędzy ekranem a anteną powinna być dobierana z określonego obszaru w ten sposób, aby odpowiadała jak największej liczbie częstotliwości wykorzystywanych przez nadajnik lub częstotliwości na których przewidywana jest praca z wykorzystaniem danej anteny.
Dla zakresu UKF optymalna jest odległość 1.25 m, która pozwala skutecznie ekranować antenę bez względu na długość fali roboczej.

Załącznik 6

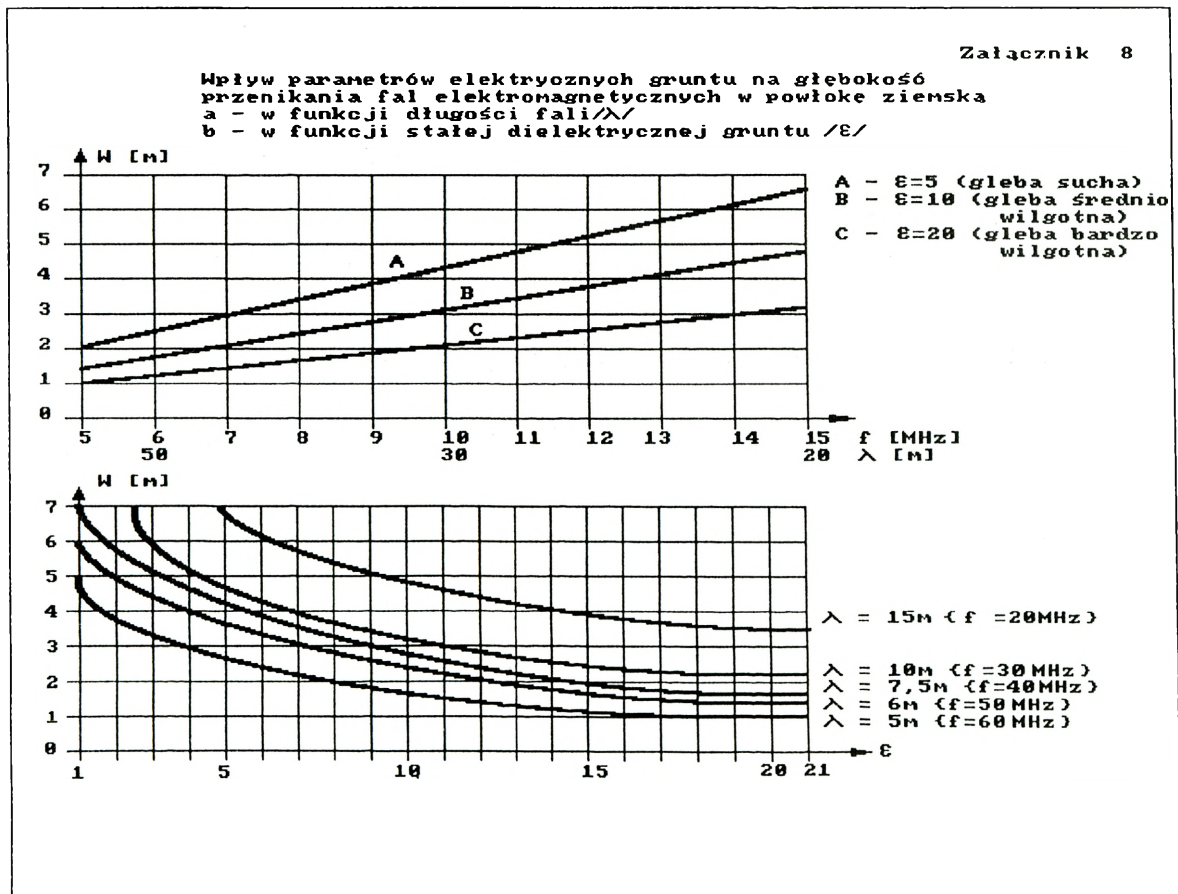
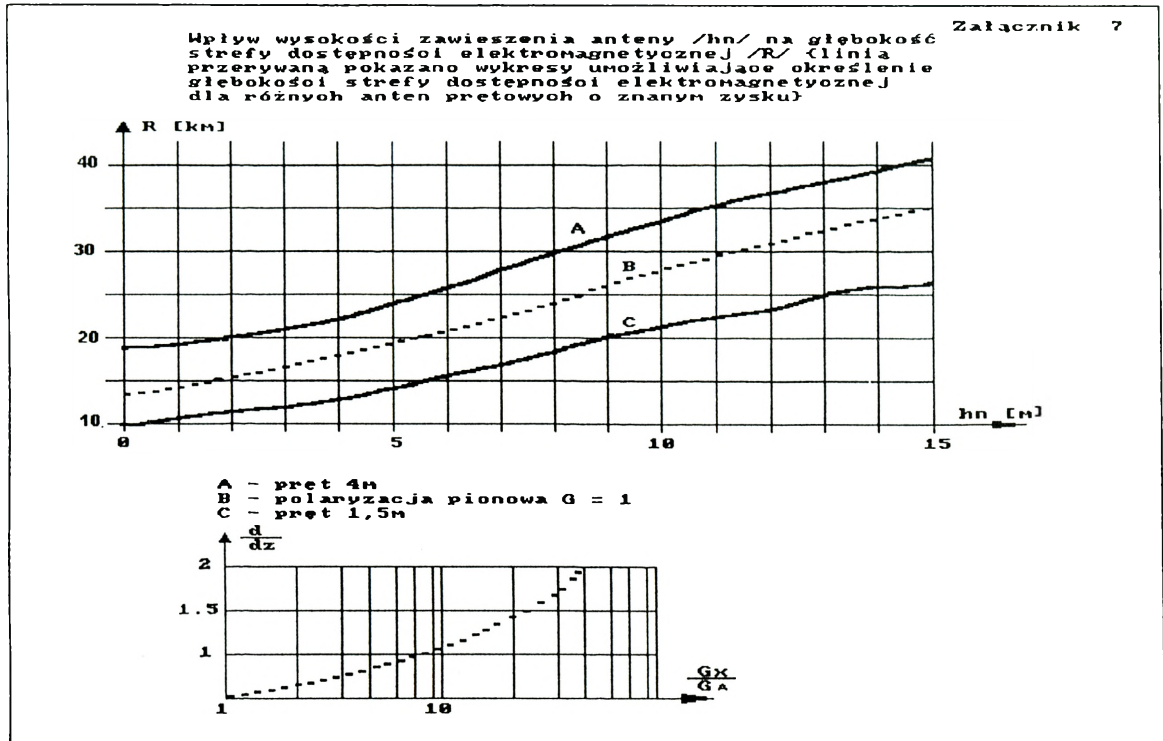
Głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej radioelektronicznych środków łączności w funkcji mocy nadajnika P_n z uwzględnieniem wybranych typów anten

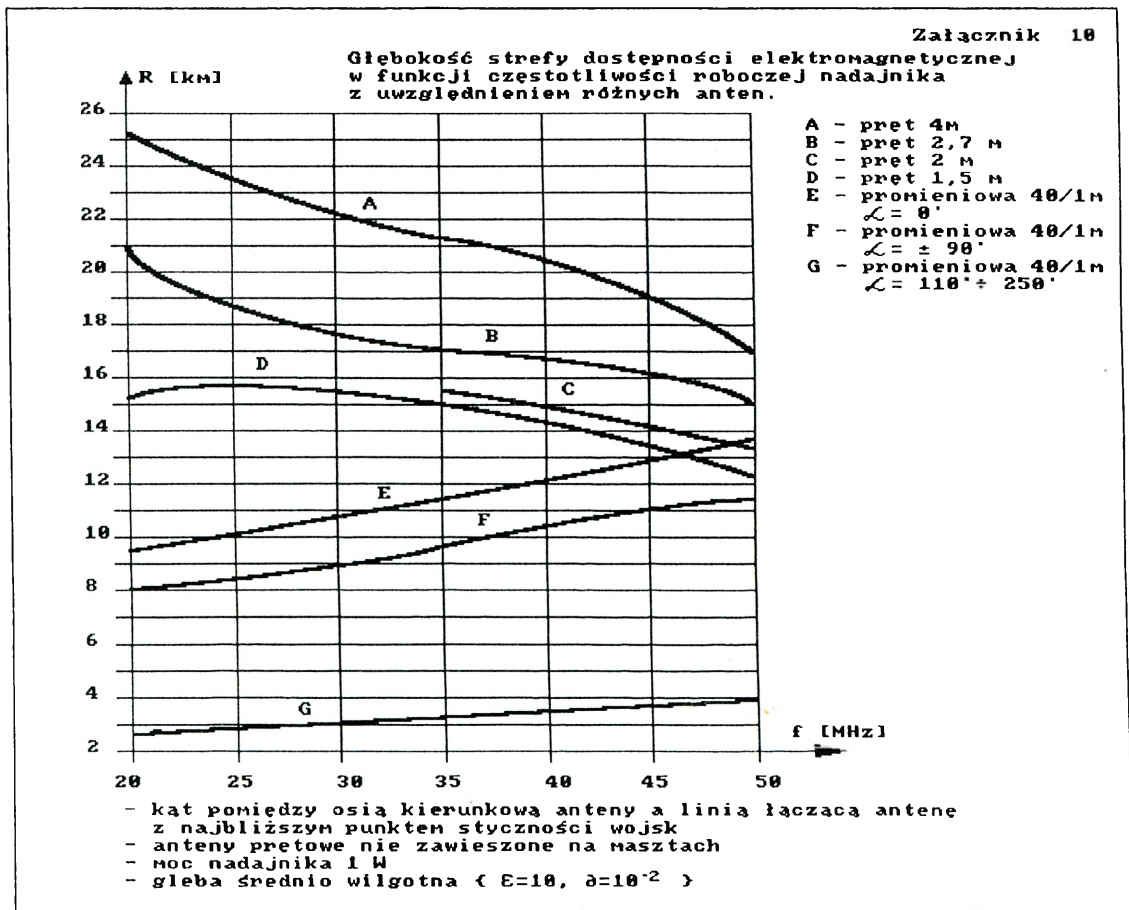
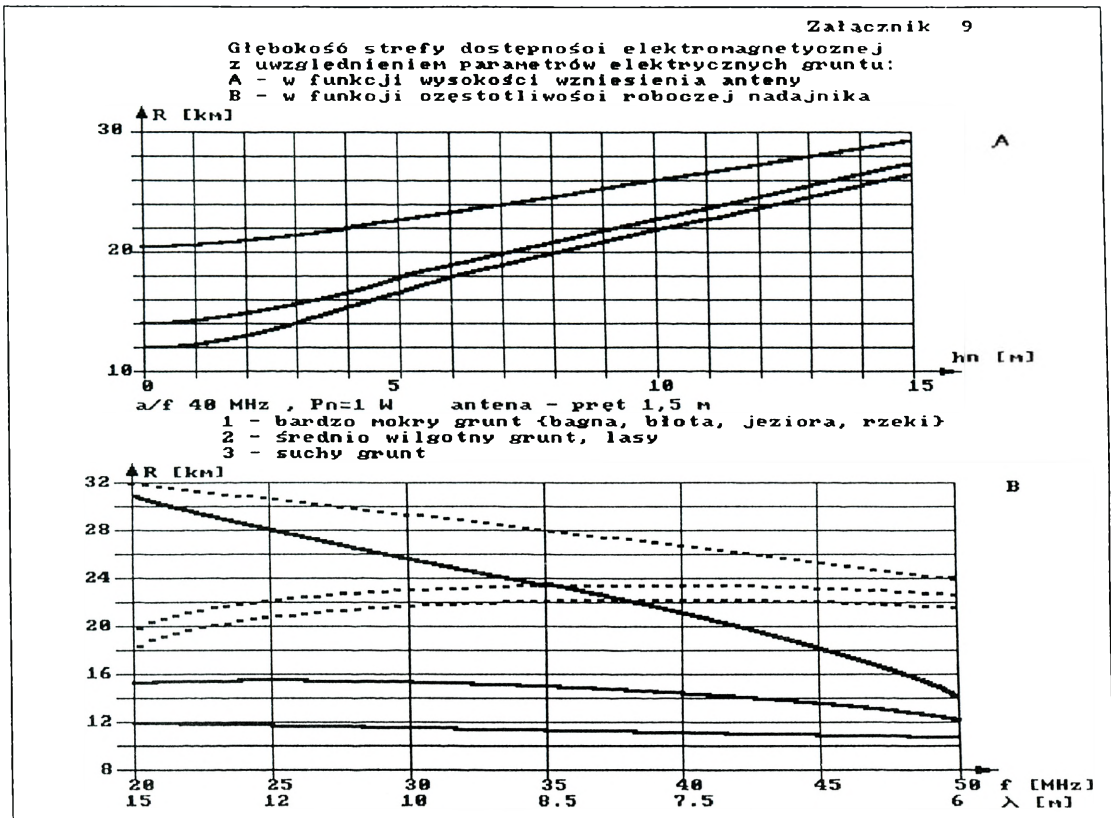


WARUNKI:

- radiostacja rozwinięta w terenie odkrytym o ubogiej morfologii;
- gleba średnio wilgotna ($\epsilon=10, \delta=10^{-2}$)
- częstotliwość robocza 40MHz
- antena odbiorcza - pret 1.5m zawieszony na maszcie 16.5m
- moc zakłóceń na wejściu odbiornika $P_z = 5 \times 10$

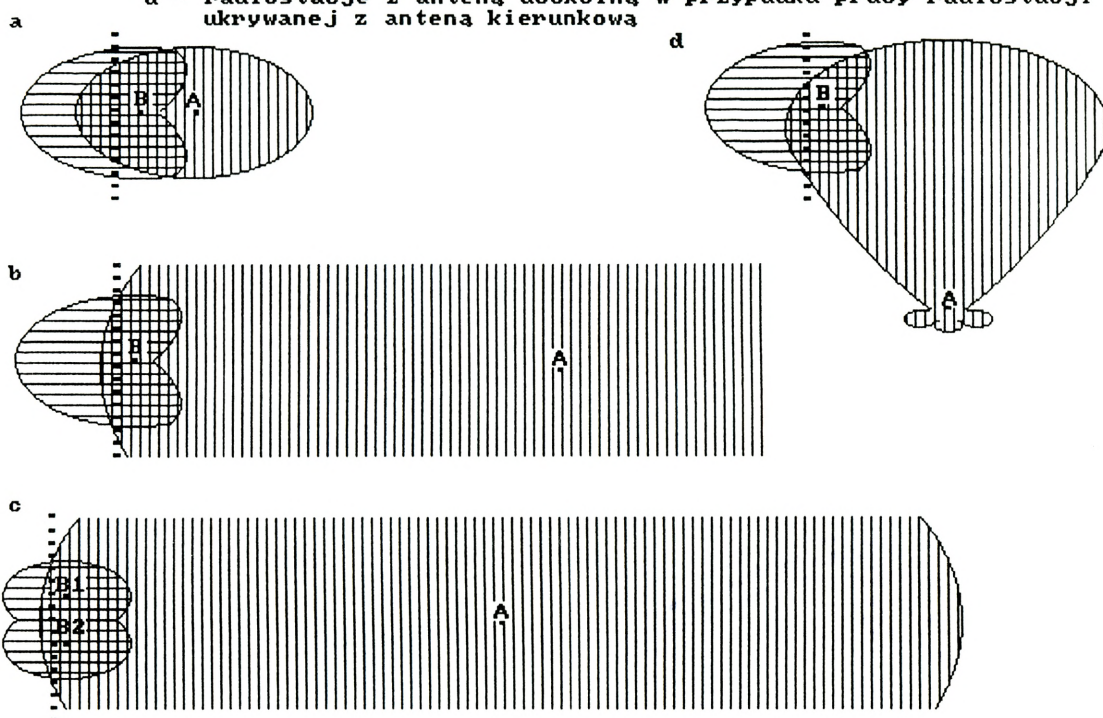
- a - antena pretowa 4 m (bez masztu)
- b - antena pretowa 3,4 m (bez masztu)
- o - antena pretowa 2,7 m (bez masztu)
- d - antena pretowa 1,5 m (bez masztu)
- e - antena z falą bieżącą zorientowaną w kierunku przeciwnika
- f - antena z falą bieżącą zorientowaną równoległe do linii styczności wojsk
- g - antena z falą bieżącą zorientowaną pod kątem 20 - 160 w stosunku do linii styczności wojsk





Maskowanie radiostacji zasłoną radiową tworzoną przez:

- a - radiostacje o takiej samej mocy
- b - radiostację o mniejszej mocy
- c - dwie radiostacje o mniejszej mocy
- d - radiostacje z anteną dookólną w przypadku pracy radiostacji ukrywanej z anteną kierunkową



A - miejsce rozwinięcia radiostacji ukrywanej
 B - miejsce rozwinięcia radiostacji maskującej

- ||||| - strefa dostępności energetycznej radiostacji ukrywanej
- ==== - strefa dostępności energetycznej radiostacji maskującej
- - linia styczności wojsk

