

21



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

~~Do...~~
~~slu...~~
TAJNE

Egz. nr 2



Pplk mgr inż. Włodzimierz POLESKI
Kpt. mgr inż. Tadeusz PRYLIŃSKI

PLANOWANIE WYKORZYSTANIA
CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOLINIOWYCH
W SYSTEMIE ŁĄCZNOŚCI SZCZEBLI
OPERACYJNYCH I TAKTYCZNYCH
Z ZAPEWNIENIEM KOMPATYBILNOŚCI
ELEKTROMAGNETYCZNEJ

Rozprawa doktorska

Część I



12290

WARSZAWA 1986





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

Do ~~...~~
sł. ~~...~~
TAJNE

Egz. nr 2



Ppłk mgr Inż. Włodzimierz POLESKI
Kpt. mgr Inż. Tadeusz PRYLIŃSKI

**PLANOWANIE WYKORZYSTANIA
CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOLINIOWYCH
W SYSTEMIE ŁĄCZNOŚCI SZCZEBLI
OPERACYJNYCH I TAKTYCZNYCH
Z ZAPEWNIENIEM KOMPATYBILNOŚCI
ELEKTROMAGNETYCZNEJ**

Rozprawa doktorska
Część I



12290

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. gen. broni Karola Świerczewskiego

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH
KATEDRA TAKTYKI WOJSK ŁĄCZNOŚCI

~~Do użytku
służbowego~~

~~T A J N E~~

Egz.nr 2

Przeł. Pról. 779/21.08.95 JN

ppłk mgr inż. Włodzimierz POLESKI
kpt. mgr inż. Tadeusz PRYLINSKI



PLANOWANIE WYKORZYSTANIA CZESTOTLIWOŚCI RADIOLINIOWYCH
W SYSTEMIE ŁĄCZNOŚCI SZCZEBLI OPERACYJNYCH I TAKTYCZNYCH
Z ZAPEWNIENIEM KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ

Rozprawa doktorska

Część I



Opracowano

pod kierownictwem naukowym
gen. dyw. doc. dr. inż. Mariana PASTERNAKA

W A R S Z A W A

1 9 8 6 r.

Wydawnictwo Wojskowe

Wydawnictwo Wojskowe

Ppłk Poleski: rozdziały I i II
kpt. Pryliński: rozdziały III i IV

Wydawnictwo Wojskowe

Wydawnictwo Wojskowe

Wydawnictwo Wojskowe

Wydawnictwo Wojskowe

Wydawnictwo Wojskowe

SPIS TREŚCI

	Strona
BIBLIOGRAFIA	7
WSTĘP - cel pracy w świetle dorobku teoretycznego i doświadczeń praktycznych w zakresie badanego problemu,	
- zakres pracy - zakres badanych i rozpatrywanych problemów,	
- stosowane metody badawcze, stopień ich wykorzystania,	
- ocena literatury przedmiotu badań,	
- hipoteza robocza	12
ROZDZIAŁ I - CHARAKTERYSTYKA ŁĄCZNOŚCI RADIOLINIOWEJ I POTRZEB CZĘSTOTLIWOŚCIOWYCH W PLANOWANIU PRYZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOLINIOWYCH NA SZCZEBŁACH OPERACYJNYCH I TAKTYCZNYCH	23
/ppłk Poleski/	
1. Organizacja łączności radioliniowej w systemach łączności szczebli operacyjnych i taktycznych w operacji frontu .	25
1.1. Organizacja łączności radioliniowej na szczeblu frontu	28
1.2. Organizacja łączności radioliniowej na szczeblu armii	82
1.3. Organizacja łączności radioliniowej na szczeblu dywizji i pułku	115
2. Określenie potrzeb częstotliwościowych dla relacji radioliniowych systemu łączności frontu	123
ROZDZIAŁ II - UWARUNKOWANIA PRYZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI DO PRACY RELACJI RADIOLINIOWYCH .	128
/ppłk Poleski/	

	Strona
1. Zagadnienia ogólne kompatybilności elektromagnetycznej łączności radioliniowej.	130
2. Kompatybilność zewnętrzna sieci radioliniowej frontu w operacji zaczepnej	135
3. Kompatybilność wewnętrzna sieci radioliniowej frontu w operacji zaczepnej	163
OZDZIAŁ III - WYMAGANIA I KONCEPCJA INFORMATYCZNEGO SYSTEMU PRZYDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI	179
t.Pryliński/	
1. Ocena stosowanych metod przydziału częstotliwości radioliniowych	179
2. Sformułowanie modelu matematycznego zagadnienia przydziału częstotliwości radioliniowych	186
2.1. Definicje	189
2.2. Problem przydziału częstotliwości radioliniowych	192
3. Problem znalezienia przydziału optymalnego	195
4. Określenie metod i ograniczeń zastosowanych do rozwiązania problemu przydziału częstotliwości wynikających z możliwości techniki i oprogramowania EMC	198
4.1. Metody wyznaczania zbioru \mathbb{R} - pełnych przydziałów częstotliwości	198
4.2. Omówienie przydatności przedstawionych metod poszukiwania zbioru	205
4.3. Algorytmy przydziału częstotliwości ..	208
5. Sformułowanie i uzasadnienie ogólnej koncepcji systemu informatycznego	214
OZDZIAŁ IV - ZASADY DZIAŁANIA I MOŻLIWOŚCI SYSTEMU INFORMATYCZNEGO	216
t.Pryliński/	
1. Opis wykonanego systemu informatycznego z podaniem zalet i ograniczeń	216
1.1. Definicje pojęć używanych w systemie informatycznym	216

1.2. Ogólny opis wykonanego systemu informatycznego	221
2. Metody współpracy użytkownika z systemem w poszukiwaniu najlepszego rozwiązania problemu przydziału częstotliwości	225
2.1. Opis wariantów pracy systemu informatycznego SIGMA-R	225
2.2. Zasady tworzenia i użycia podstruktur standardowych	227
2.3. Zasady użycia systemu SIGMA-R	232
2.3.1. Przygotowanie danych źródłowych ..	232
2.3.2. Technologia przetwarzania SI SIGMA-R	233
2.3.3. Dane wynikowe i ich dystrybucja ..	237
3. Procedury awaryjne	237
4. Zastosowanie opracowanego systemu informatycznego do realizacji zadań innych niż przydział częstotliwości ..	240
WNIOSKI KOŃCOWE I PROPONOWANA TEMATYKA DALSZYCH BADAŃ	241

WYKAZ ZAŁĄCZNIKÓW:

1. Przesunięcie SD i ZSD frontu - przy stanie dwóch WŁ
2. Kalkulacja czasowo-przestrzenna przemieszczania SD i ZSD frontu - przy stanie czterech WŁ
3. Kalkulacja czasowo-przestrzenna przesunięcia SD i ZSD frontu - przy stanie trzech WŁ
4. Kalkulacja czasowo-przestrzenna SD i ZSD armii - przy stanie trzech WŁ
5. Model graficzny organizacji sieci radioliniowej frontu - wariant dla trzech armii

6. Model graficzny organizacji sieci radioliniowej frontu - wariant dla czterech armii
7. Model graficzny organizacji sieci radioliniowej armii - wariant przemieszczania jednego stanowiska dowodzenia w ciągu doby
8. Model graficzny organizacji sieci radioliniowej armii - wariant przemieszczania dwóch stanowisk dowodzenia w ciągu doby
9. Model graficzny organizacji sieci radioliniowej dywizji i pułku
10. Zajętość pasm częstotliwości stacji radioliniowych R-405 i R-409 przez pasmo częstotliwości środków łączności wykorzystywanych w wojskach własnych i resortach
11. Zajętość pasm częstotliwości stacji radioliniowych R-405, R-409 i R-404 przez pasma częstotliwości ważniejszych środków łączności przeciwnika
12. Dobór częstotliwości roboczych dla stacji radioliniowej R-404
13. Dobór częstotliwości roboczych dla stacji radioliniowych R-409
14. Dobór częstotliwości roboczych dla radiolinii R-405Z
15. Charakterystyki kierunkowe anten radioliniowych
16. Algorytm pomocniczy cechowania węzłów
17. Algorytm rozdziału częstotliwości dla radiolinii typu R-405M
18. Algorytm rozdziału częstotliwości dla radiolinii typu R-405D
19. Algorytm rozdziału częstotliwości dla radiolinii typu R-409
20. Algorytm rozdziału częstotliwości dla radiolinii typu R-404

21. Wydruk pełnej struktury /wybrany przykład/
22. Wykaz przydzielonych częstotliwości dla środków radioliniowych zadanej struktury ćwiczących wojsk - wydruk pełny /wybrany przykład/
23. Wykaz przydzielonych częstotliwości dla środków radioliniowych zadanej struktury ćwiczących wojsk - wydruk dla frontu /wybrany przykład/
24. Przykłady wypełnienia dokumentów źródłowych niezbędnych do uruchomienia systemu SIGMA-R

Załączniki nr 1-4 i 10-24 umieszczone w II części rozprawy.

Załączniki nr 5-9 - umieszczone w teczce - III części rozprawy.

BIBLIOGRAFIA

1. OPERACJA ZACZEPNA FRONTU, SZTAB GENERALNY WP, ASG 1977 r.
 2. "Przygotowanie i prowadzenie frontowej /armijnej/ operacji zaczepnej o koalicyjnym składzie", Wyd. ASG 1979 r.
- Biuletyn Informacyjny Sztabu Generalnego WP:
3. Nr 5/100/1970 r. "Niektóre problemy eliminacji wzajemnych zakłóceń środków radioelektronicznych"
 4. Nr 2/107/1972 r. "Organizacja polowego systemu dowodzenia frontu /armii/ w działaniach zaczepnych"
 5. Nr 1/124/1977 r. "Zadania, struktura organizacyjna i rozwijanie tyłów frontu"
 6. Nr 3/126/1977 r. "Organizacja i funkcjonowanie zabezpieczenia wojsk frontu w rakiety przeciwlotnicze"
 7. Nr 5/132/1979 r. "Niektóre problemy dowodzenia i łączności w operacji frontowej"
 8. Nr 3/138/1981 r. "Organizacja i funkcjonowanie systemu dowodzenia siłami marynarki wojennej"
 9. Nr 1/139/1982 r. "Organizacja łączności wojsk obrony przeciwlotniczej"
 10. Nr 2/143/1983 r. "Właściwości organizacji i funkcjonowania systemu łączności w operacji zaczepnej frontu"
 11. "Zbiór doświadczeń i wniosków z ćwiczeń z wojskami przeprowadzonymi przez Sztab Generalny i okręgi wojskowe na szczeblach operacyjnych i taktycznych", Wyd. ASG 1980 r.
 12. "Zbiór materiałów z dorocznej odprawy szkoleniowej kierowniczej kadry wojsk łączności przeprowadzonej w Wałczu w dniach 13-15.11.1984 r., Wyd. ASG 1984 r.
 13. PATKOWSKI Kazimierz płk dypl.mgr inż. "Wnioski w zakresie łączności z ćwiczeń LATO-82 i SOJUZ-83", Wyd. ASG 1984 r.
 14. "Organizacja swiazi w obszcziwojskowym abiedinienii", Akademia Wojsk Pancernych - Moskwa 1981 r.

15. MACHURA Jerzy płk prof. dr hab. "Właściwości użycia lotnictwa w operacji zaczepnej i obronnej armii i frontu drugiej połowy lat osiemdziesiątych na TDW", Wyd. ASG 1985 r.
16. CUPRYNIAK Klemens płk dypl. "Siły i środki rozpoznania półku, dywizji, armii ogólnowojskowej i frontu", Wyd. ASG 1982 r.

Instrukcje i opisy techniczno-ogólne:

17. "Zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń radioelektronicznych w czasie wspólnych działań wojsk wydzielonych w skład ZSZ", Sztab ZSZ - Moskwa 1977 r.
18. "Stacja radioliniowa R-409MA - Opis ogólny i eksploatacja", MON - Łączn. 803/81
19. "Stacja radioliniowa R-405Z - Opis techniczny i eksploatacja" MON - Łączn. 390/69
20. "Stacja radioliniowa R-404 - Opis techniczny i eksploatacja", MON - Łączn. 307/67
21. KAWECKI Arnold "O walce w eterze bez tajemnic", Wyd. MON 1964 r.
22. Kompendium sił zbrojnych państw NATO, Szt. Gen. 868/73
23. Kompendium sił zbrojnych państw NATO, Szt. Gen. 1200/85
24. KOZACZUK Władysław "Wojna w eterze", Wyd. Radia i Telewizji 1977 r.
25. KUKOWSKI Andrzej ppłk dypl. STAROBRAĆ Henryk ppłk dypl. "Organizacja i wyposażenie oddziałów i pododdziałów łączności armii", Wyd. ASG 1982 r.
26. POLESKI Włodzimierz mjr mgr inż. "Organizacja i wyposażenie pododdziałów łączności rodzajów wojsk armii, Wyd. ASG 1985 r.
27. POLESKI Włodzimierz mjr mgr inż. "Zabezpieczenie techniczne łączności", Wyd. ASG 1984 r.

"Myśl Wojskowa":

28. Doświadczenia i wnioski z ćwiczenia LATO-78 "Wybrane problemy organizacji i funkcjonowania polowych systemów łączności w ćwiczeniu LATO-78"
29. Nr 3/1980 r. "Analiza zasadniczych parametrów systemu łączności w relacji armia - dywizja oraz stopień jego wykorzystania w czasie ćwiczeń"
30. Nr 1/1983 r. "O zapewnieniu kompatybilności elektromagnetycznej w systemie obrony przeciwlotniczej"

31. Doświadczenia i wnioski z ćwiczenia LATO-84 "Doświadczenia i wnioski wojsk łączności z ćwiczenia LATO-84"
32. Nr 2/1984 r. "Dowodzenie wojskami obrony przeciwlotniczej z połączonych stanowisk dowodzenia"
33. NOŻKO Kazimierz płk prof. dr "Założenia i zasady współczesnej sztuki operacyjnej ", Wyd. ASG 1977 r.
34. PATKOWSKI Kazimierz płk mgr inż. "Charakterystyka środków łączności wdrażanych do eksploatacji na szczeblach taktycznych", Wyd. ASG 1984 r.
35. PATKOWSKI Kazimierz płk dypl. mgr inż., POLESKI Włodzimierz mjr mgr inż. "Rozwój struktur organizacyjno-technicznych wojskowych systemów łączności", Wyd. ASG 1978 r.
36. PATKOWSKI Kazimierz płk dypl. mgr inż. + zespół: "Wykorzystanie środków technicznych w polowych systemach łączności", Wyd. ASG 1978 r.
37. PIEKARSKI Henryk płk dr "Walka radioelektroniczna. Ochrona łączności radiowej i radioliniowej przed rozpoznaniem i zakłóceniami radioelektronicznymi nieprzyjaciela", Wyd. ASG 1973 r.
38. PIEKARSKI Henryk płk doc. dr hab. "Zagrożenie radioelektroniczne w operacji zaczepnej armii /frontu/ na północnym i centralnym kierunku strategicznym z TDW", Wyd. ASG 1983 r.
39. PIEKARSKI Henryk płk dr "Założenia i zasady walki radioelektronicznej", Podręcznik - część I, Wyd. ASG 1978 r.
40. ROTKIEWICZ Wilhelm "Kompatybilność elektromagnetyczna w radiotechnice", Wyd. Komunikacji i Łączności, W-wa 1978 r.
41. "Organizacja łączności w wojskach lotniczych", Podręcznik, Wyd. DWLot. - Lot.2119/81
42. "Podstawowe systemy radioelektroniczne sił zbrojnych głównych państw NATO", Podręcznik - część I, Wyd. ASG 1981 r.
43. PATKOWSKI Kazimierz płk dypl. mgr inż. "Zasady ogólne organizacji łączności", Podręcznik - część I, Wyd. ASG 1985 r.
44. "Wybrane zagadnienia techniczne i organizacyjno-eksploatacyjne linii radiowych", Podręcznik łącznościowca - część XVII, Wyd. MON - Łączn.477/71
45. "Organizacja i prowadzenie rozpoznania operacyjnego frontu /front, armia/", Podręcznik, Wyd. MON, Szt. Gen.1037/81
46. "Organizacja i prowadzenie rozpoznania radioelektronicznego /pułk - batalion rozpoznania radioelektronicznego/", Podręcznik, MON - Szt. Gen.935/79
47. "Zabezpieczenie inżynieryjne działań bojowych wojsk na szczeblu operacyjnym /armia, front/", Podręcznik, Wyd. MON, Inż.406/77

48. "Vademecum wojsk chemicznych", Wyd. MON, Chem.230/71
49. "Vademecum wojsk raketowych i artylerii", Wyd. ASG 1980 r.
50. "Vademecum łączności szczebla taktycznego", Wyd. ASG 1981 r.
51. "Vademecum operacyjne wojsk raketowych i artylerii", Wyd. MON, Art.660/80
52. "Vademecum z zakresu obrony przeciwlotniczej wojsk lądowych", Wyd. ASG 1980 r.
53. BRYLIŃSKI Władysław płk dr "Organizacja łączności pułku /pz, pecz/", Podręcznik łączności - część II, Wyd. ASG 1983 r.
54. "Swiaż w obszczewojskowom boju i armiejskich opieracjach", Wyd. Wojskowa Akademia im. Frunze, Moskwa 1975 r.
55. Zespół oficerów: "Organizacja łączności armii w podstawowych rodzajach operacji", Podręcznik, Wyd. ASG 1975 r.

Zeszyt Naukowy ASG WP:

56. Nr 1/20/79 "Rozwój struktur organizacyjno-technicznych wojskowych systemów łączności" - płk mgr inż. Kazimierz PATKOWSKI, mjr mgr inż. Włodzimierz POLESKI
57. Nr 1/26/81 "Kompatybilność elektromagnetyczna /KEM/, nowy wymiar współczesnego pola walki" - ppłk dypl. Władysław BRYLIŃSKI
58. Nr 1/29/82 "Wybrane problemy organizacji łączności w działaniach operacyjnej grupy manewrowej" - płk mgr inż. Kazimierz PATKOWSKI, ppłk dypl. Andrzej KUKOWSKI
59. Nr 2/35/83 "Kierunki rozwoju polowych systemów łączności" - płk dypl. mgr inż. Kazimierz PATKOWSKI
60. Jerzy Seidler, Anatol Badach, Wojciech Molisz: "Metody rozwiązywania zadań optymalizacji" - Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Warszawa 1980 r.
61. Bohdan Kowalczyk "Macierze i ich zastosowania" - Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Warszawa 1976 r.
62. Francis F. Martin - "Wstęp do modelowania cyfrowego" - Państwowe Wydawnictwo Naukowe Warszawa 1976 r.
63. Jerzy Seidler "Optymalizacja adaptacyjnych systemów informacyjnych" Państwowe Wydawnictwo Naukowe Warszawa 1971 r.
64. A.A. Zykov - "Teoria koniecznych grafów" Wyd. "Nauka" Nowosybirsk 1969 r.

65. Bohdan Korzan - "Elementy teorii grafów i sieci. Metody i zastosowania" Wydawnictwo Naukowo-Techniczne 1978 r.
66. Bohdan Korzan - "Teoria grafów i sieci. Drogi ekstremalne w sieciach skierowanych" - WAT 1977 r.
67. Praca zbiorowa - "Metoda Monte Carlo" - Państwowe Wydawnictwo Naukowe 1967 r.
68. Olgierd Gedymin - "Metody optymalizacji w planowaniu sieciowym" Państwowe Wyd. Naukowe 1974 r.
69. Władysław Wawrzekiewicz, Zdzisław Klimczyk - rozprawa doktorska: "Organizacja systemu łączności na szczeblu operacyjnym w nowej strukturze stanowisk dowodzenia /SD, ZSD, TSD/ - ASG 1984 r.

WSTĘP

Działania wojsk w walce i operacji, a także etap je poprzedzający - planowanie, ściśle związane są z koniecznością posiadania odpowiednio zorganizowanego i funkcjonującego dla ich potrzeb systemu łączności. Jego niezawodność jest jednym z podstawowych parametrów decydujących o operatywności dowodzenia oraz efektywności wykorzystania sił i środków walki.

Gwałtowny rozwój techniki w ostatnich latach spowodował masowy napływ do armii nowoczesnego sprzętu, umożliwiającego zwielokrotnienie ruchliwości wojsk, a tym samym uczynił współczesne działania wysoce manewrowymi.

Zwiększyła się głębokość strefy działań, wzrosła ich dynamika i rozmach. Wszystko to doprowadziło do gwałtownych zmian na polu walki, skomplikowało dowodzenie, organizację i realizację zabezpieczenia operacyjnego działań oraz współdziałania, a także spowodowało wzrost znaczenia czynnika zaskoczenia i czasu.

Wzrosły tym samym wymagania stawiane systemom łączności - zarówno pod względem ilościowym jak i jakościowym. Wzrosło przede wszystkim zapotrzebowanie na przekazywanie coraz większej ilości informacji i to nie tylko w tradycyjnych relacjach "człowiek - człowiek", ale coraz częściej w nowych relacjach "człowiek - EMC" i "EMC - EMC".

Zwiększa to nieustannie ilość wprowadzanych do wojsk radioelektronicznych środków łączności. Konsekwencją szerokiego za-

stosowania w siłach zbrojnych urządzeń radioelektronicznych /URE/ jest poważne skomplikowanie sytuacji radioelektronicznej w ugrupowaniu wojsk co doprowadziło do możliwości wystąpienia wzajemnych zakłóceń. Oddziaływanie wzajemnych zakłóceń na urządzenia radioelektroniczne obniża efektywność dowodzenia wojskami i uzbrojeniem oraz stwarza niebezpieczeństwo niewykonania zadań bojowych.

Pouczone są przykłady z ostatnich wojen toczonych na bliskim wschodzie, w których o klęsce decydowało właśnie zlekceważenie problematyki poprawnego, zgodnego w czasie i przestrzeni wykorzystania częstotliwości pracy środków łączności, prowadzące do całkowitego lub częściowego zakłócenia, zaplanowanych przed działaniami, relacji łączności dowodzenia.

Organizowanie przedsięwzięć zabezpieczających kompatybilność elektromagnetyczną /KEM/ środków łączności, tzn. mających na celu zapobieganie i likwidację wzajemnych zakłóceń wraz z przedsięwzięciami zabezpieczającymi skrytość i ochronę przed celowymi zakłóceniami - stanowi podstawę zabezpieczenia gotowości bojowej wojsk.

Po raz pierwszy - oficjalnie - rangę tych przedsięwzięć podkreślił Minister Obrony Narodowej w omówieniu ćwiczenia pk. "TARCZA-76", stwierdzając m.in.: "Kształtuje się czwarty wymiar współczesnego pola walki. Obok działań prowadzonych na lądzie, morzu i atmosferze podejmowane będą przedsięwzięcia zmierzające do ich rozszerzenia na nową sferę tzw. eter".

Podejmowane są prace, m.in. przez Sztab Zjednoczonych Sił Zbrojnych, zmierzające do rozwiązania i ujednoczenia problematyki kompatybilności elektromagnetycznej w czasie wspólnych działań wojsk wydzielonych w skład ZSZ.

Przedsięwzięcia zapewniające kompatybilność elektromagnetyczną, mimo że nie dotyczą problematyki nowej, nie znajdowały - odpowiednio do ich rangi - odzwierciedlenia w literaturze fachowej, regulaminach i instrukcjach. Dokonujące się obecnie przewartościowania w tym zakresie wymagają czasu a przede wszystkim kompleksowego ujęcia. Należy je prowadzić uwzględniając zarówno etap planowania urządzeń radioelektronicznych jak i również w procesie ich eksploatacji.

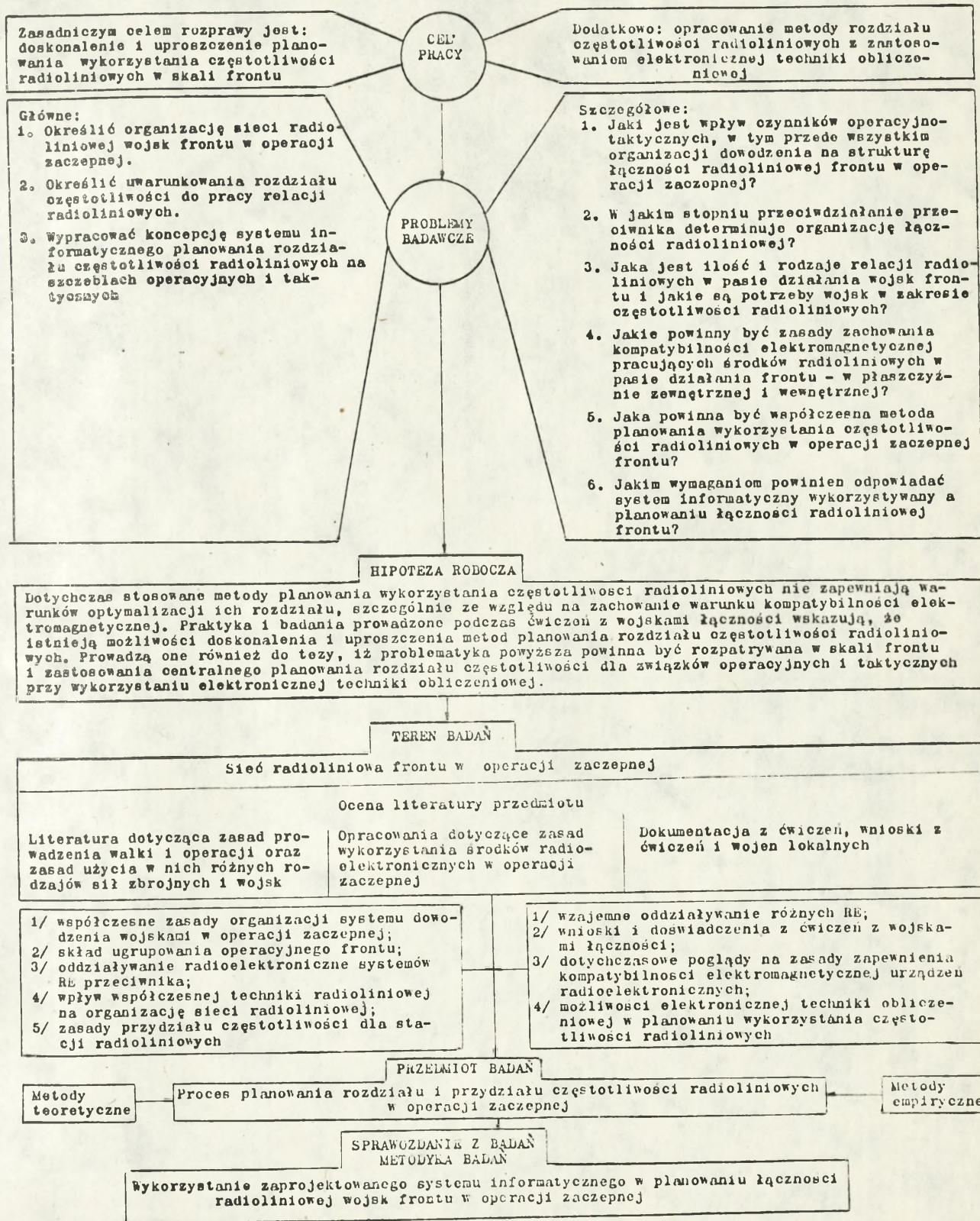
Techniczne przedsięwzięcia, zmierzające do podwyższenia parametrów urządzeń promieniujących energię elektromagnetyczną nie wystarczają do zabezpieczenia ich pracy bez wzajemnych zakłóceń. Dlatego wiele uwagi przy rozwiązywaniu problemów zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń i środków łączności należy poświęcać przedsięwzięciom organizacyjnym, realizowanym bezpośrednio w wojskach i zmierzającym do likwidacji lub zmniejszenia wzajemnych zakłóceń między urządzeniami radioelektronicznymi.

Do głównych przedsięwzięć organizacyjnych prowadzonych w wojskach w tym zakresie należą:

- 1/ systematyczna analiza, ocena i prognozowanie sytuacji radioelektronicznej;
- 2/ racjonalny rozdział i przydział częstotliwości roboczych dla poszczególnych urządzeń;
- 3/ zachowanie odstępu częstotliwościowo-terytorialnego;
- 4/ korelacja czasu pracy poszczególnych URE;
- 5/ właściwy wybór miejsc pracy urządzeń z uwzględnieniem ekranujących właściwości terenu;
- 6/ wykrywanie źródeł zakłóceń;
- 7/ kontrola i przestrzeganie reżymów pracy URE.

ALGORYTM BADAŃ

PLANOWANIE WYKORZYSTANIA CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOLINIOWYCH W SYSTEMIE ŁĄCZNOŚCI SZCZEBLI OPERACYJNYCH I TAKTYCZNYCH Z ZAPEWNIENIEM KOMPATYBILNOŚCI ELEKTRO-MAGNETYCZNEJ



Wszystkie te przedsięwzięcia prowadzą w efekcie do przydziału i rozdziału częstotliwości pracy urządzeń i środków łączności, uwzględniającego wymogi kompatybilności elektromagnetycznej w zaistniałej sytuacji radioelektronicznej danego ugrupowania wojsk.

Organa planistyczne łączności wszystkich szczebli dowodzenia chcąc sprostać stojącym przed nimi wymaganiom w zakresie zaplanowania optymalnego kompatybilnie systemu łączności powinny uwzględniać szereg uwarunkowań zarówno operacyjno-taktycznych jak i techniczno-eksploatacyjnych.

Łączność radioliniowa /sieć radioliniowa/ jako jeden z elementów systemu łączności podlega tym samym uwarunkowaniom, natomiast stopień złożoności zadań w zakresie planowania wykorzystania częstotliwości pracy środków radioliniowych, biorąc pod uwagę rolę i znaczenie relacji radioliniowych /front, armia/, ich ilość, a z drugiej strony ograniczone pasmo częstotliwości tych środków, jest szczególnie skomplikowany.

Dostępne na dziś w ograniczonej liczbie opracowania traktujące traktujące problematykę kompatybilnego planowania wykorzystania częstotliwości radioliniowych w systemach łączności, dotyczą w zasadzie ogólnych założeń i zasad. Brak jest szczegółowych opracowań określających obowiązki sztabów w tym zakresie, jak i zasad wykorzystania częstotliwości pracy środków radioliniowych w ramach całego systemu łączności.

Całość dostępnej literatury można podzielić na trzy grupy: pierwsza dotyczy zasad wykorzystania częstotliwości radioliniowych dla poszczególnych typów środków radioliniowych i to w zasadzie tylko w strefie bliskiej. Zaliczyć do nich można instrukcje techniczno-eksploatacyjne poszczególnych stacji radioliniowych - "Podręcznik łącznościowca - cz. XVII - Wybra-

ne zagadnienia techniczne i organizacyjno-eksploatacyjne linii radiowych", podręcznik akademicki /ASG WP/ pod redakcją płk. dypl. mgr. inż. K. Patkowskiego - "Wykorzystanie środków technicznych w polowych systemach łączności".

Ze względu na specjalistycznie wąski charakter tych opracowań koniecznym było poszukiwanie materiałów traktujących kompleksowe wykorzystanie środków łączności w systemie łączności. W tym przypadku zasadniczym opracowaniem stanowiącym drugą grupę materiałów źródłowych była instrukcja wydana przez Sztab Zjednoczonych Sił Zbrojnych Państw-Członków Układu Warszawskiego pt. "Instrukcja zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń radioelektronicznych w czasie wspólnych działań wojsk wydzielonych w skład Zjednoczonych Sił Zbrojnych". Jest to pozycja stanowiąca pierwszą próbę kompleksowego potraktowania zagadnień kompatybilności elektromagnetycznej URE w ugrupowaniu wojsk. Jako taka nie rozwiązuje wszystkich zagadnień do końca, a wiele z nich porusza tylko ogólnie. Nie określa ona metody kompatybilnego rozdziału częstotliwości wyznaczając jedynie niektóre uwarunkowania w tym zakresie.

Trzecią grupę stanowi dokumentacja z ćwiczeń, opublikowane wnioski i doświadczenia z wojen lokalnych. Wypada podkreślić, że w materiałach tych problematyka kompatybilności elektromagnetycznej znalazła śladowe odbicie.

Jak wynika z przedstawionego algorytmu przedmiotem badań jest proces planowania rozdziału częstotliwości w operacji zaczepnej frontu. Organa planistyczne muszą w jego trakcie uwzględnić szereg czynników i uwarunkowań - czasami wzajemnie od siebie zależnych.

Główną uwagę w badaniach skupiono na uwarunkowaniach związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną.

Miejsce i rola sieci radioliniowej w działaniu wojsk w operacji zaczepnej frontu określiły granice obszaru badań i wskazały również na ich zakres. Szczegółowym badaniom poddano:

- 1/ współczesne zasady organizacji systemu dowodzenia wojskami w operacji zaczepnej frontu;
- 2/ skład ugrupowania operacyjnego frontu;
- 3/ oddziaływanie radioelektroniczne systemów RE przeciwnika;
- 4/ wpływ współczesnej techniki obliczeniowej na organizację sieci radioliniowej frontu;
- 5/ zasady przydziału częstotliwości dla stacji radioliniowych;
- 6/ wzajemne oddziaływanie na siebie różnych urządzeń radioelektronicznych;
- 7/ wnioski i doświadczenia z ćwiczeń z wojskami łączności;
- 8/ dotychczasowe poglądy na zasady zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń radioelektronicznych;
- 9/ możliwości elektronicznej techniki obliczeniowej, w planowaniu wykorzystania częstotliwości radioliniowych.

W tak określonym obszarze badań wyeksponowano następujące główne problemy badawcze:

1. Jak zorganizowana jest sieć radioliniowa wojsk frontu w operacji zaczepnej?
2. Jakie uwarunkowania powinny obowiązywać w planowaniu rozdziału częstotliwości do pracy relacji radioliniowych?

3. Jaki powinien być system informatyczny planowania rozdziału częstotliwości radioliniowych na szczeblach operacyjnych i taktycznych?

W obszarze badań rozwiązano szereg problemów szczegółowych sformułowanych pod postacią pytań?

a/ jaki jest wpływ czynników operacyjno-taktycznych, w tym przede wszystkim organizacji dowodzenia na organizację łączności radioliniowej w operacji zaczepnej frontu?

b/ w jakim stopniu przeciwdziałanie przeciwnika determinuje organizację łączności radioliniowej?

c/ jaka jest ilość i rodzaje relacji radioliniowych w pasie działania wojsk frontu i jakie są potrzeby wojsk w zakresie częstotliwości radioliniowych?

d/ jakie powinny być zasady zachowania kompatybilności elektromagnetycznej pracujących środków radioliniowych w pasie działania frontu - w płaszczyźnie zewnętrznej i wewnętrznej?

e/ jaka powinna być współczesna metoda planowania wykorzystania częstotliwości radioliniowych w operacji zaczepnej frontu?

f/ jakim wymaganiom powinien odpowiadać system informatyczny wykorzystywany w planowaniu łączności radioliniowej frontu?

Kierując się głównymi i szczegółowymi problemami badawczymi oraz wstępną analizą warunków i wymagań stawianych przydziałowi częstotliwości radioliniowych sformułowano następującą

hipotezę roboczą:

Dotychczas stosowane metody planowania wykorzystania częstotliwości radioliniowych nie zapewniają warunków optymalizacji ich rozdziału, szczególnie ze względu na zachowanie kompatybilności elektromagnetycznej.

Praktyka i badania prowadzone podczas ćwiczeń z wojskami łączności wskazują, że istnieją możliwości doskonalenia i uproszczenia metod planowania rozdziału częstotliwości radioliniowych. Prowadzą one również do tezy, iż problematyka powyższa powinna być rozpatrywana w skali frontu i zastosowania centralnego planowania rozdziału częstotliwości dla związków operacyjnych i taktycznych przy wykorzystaniu elektronicznej techniki obliczeniowej.

Potwierdzenie wysuniętej hipotezy od strony metodologicznej wymagało zastosowania odpowiedniej procedury badań, pozwalającej w sposób obiektywny, zidentyfikować sieć radioliniową frontu we wszelkich uwarunkowaniach, a następnie rozważyć problematykę racjonalnego wykorzystania częstotliwości dla występujących w niej relacji radioliniowych.

W szerokim zakresie, zwłaszcza do rozwiązania pierwszego i drugiego problemów badawczych wykorzystano metody badań teoretycznych. Szczególnie przydatne okazały się: analiza i synteza, abstrahowanie, porównanie i uogólnienie, analogia oraz indukcja, dedukcja i redukcja. Posługiwanie się wyszczególnionymi metodami było konieczne ze względu na to, że przedmiot badań - system łączności frontu - stanowił będzie obiektywną rzeczywistość dopiero w czasie wojny. W znacznie węższym zakresie wykorzystano metodę obserwacji naukowej i związane z nią metody pomiaru, oceny ekspertów, wywiady i modelowanie.

Do rozwiązania trzeciego problemu, obok innych metod teoretycznych, wykorzystano przede wszystkim metody matematyczne i modelowanie matematyczne.

Autorzy skorzystali z wniosków i doświadczeń wybranych ćwiczeń resortowych MON oraz ćwiczeń z kadrami kierowniczą wojsk łączności prowadzonych przez szefa Wojsk Łączności MON, jak

również ćwiczeń opracowanych na potrzeby kształcenia w ASG WP. Wykorzystano ponadto doświadczenia konfliktów lokalnych, głównie na Bliskim Wschodzie oraz własne doświadczenia autorów.

Bardzo pożyteczne okazały się seminaria prowadzone z promotorem, seminaria i dyskusje organizowane w Katedrze Taktyki Wojsk Łączności ASG WP oraz robocze konsultacje z oficerami Szefostwa Wojsk Łączności MON.

Zgromadzone w toku przeprowadzania badań materiały pozwoliły na opracowanie rozprawy w czterech rozdziałach:

W rozdziale pierwszym zidentyfikowano sieci radioliniowe frontu, armii, dywizji i pułku w operacji zaczepnej frontu oraz określono ich potrzeby częstotliwościowe w różnych wariantach działań frontu i armii. W efekcie powstały modele werbalno-graficzne sieci radioliniowej wojsk frontu.

W rozdziale drugim dokonano przeglądu uwarunkowań wykorzystania częstotliwości dla relacji radioliniowych sieci radioliniowych poszczególnych szczebli dowodzenia wraz z ich oceną i wnioskami dla organów planistycznych szefostw /wydziałów/ wojsk łączności.

W rozdziale trzecim dokonano przeglądu matematycznych metod rozdziału częstotliwości pod kątem możliwości znalezienia rozwiązania optymalnego przy wykorzystaniu dostępnych maszyn cyfrowych oraz dokonano wyboru jednej z metod.

W rozdziale czwartym scharakteryzowano koncepcję systemu informatycznego zaprojektowanego według wybranej w poprzednim rozdziale metody maszynowego przydziału częstotliwości, przedstawiono jego możliwości funkcjonalne oraz przykłady zastosowań.

W zakończeniu przedstawiono wnioski i propozycje ujmujące, w syntetycznej formie, wyniki przeprowadzonych badań.

We wstępie autorzy znajdują sposobność wyrażenia serdecznych podziękowań promotorowi gen.dyw. doc. dr. inż. Marianowi PASTERNAKOWI za wszechstronną i życzliwą pomoc, kierownictwu Szefostwa Wojsk Łączności MON i Katedry Taktyki Wojsk Łączności ASG WP za stworzenie odpowiednich warunków pracy nad tematem oraz wszystkim kolegom z Szefostwa Wojsk Łączności i Katedry, którzy służyli autorom radą i doświadczeniem, umożliwiając zakończenie przewodu.

ROZDZIAŁ I

CHARAKTERYSTYKA ŁĄCZNOŚCI RADIOLINIOWEJ I POTRZEB CZESTOTLIWOŚCIOWYCH W PLANOWANIU PRZYDZIAŁU CZESTOTLIWOŚCI RADIOLINIOWYCH NA SZCZEBŁACH OPERACYJNYCH I TAKTYCZNYCH

W celu zapewnienia dowodzenia wojskami frontu w operacji zaczepnej planuje i organizuje się określony system łączności.

System łączności jest to zespół węzłów, stacji i linii łączności powiązanych z sobą w określony sposób i odpowiednim porządku /kolejności/, odpowiadający organizacji dowodzenia wojskami, charakterowi działań bojowych oraz wykonywanym zadaniom^{x/}. Tak więc w procesie zapewnienia łączności występują dwie składowe systemowe:

1/ materialna /materialne tworzywo systemowe/, składająca się z węzłów, stacji i linii łączności tzn. środków i urządzeń łączności;

2/ i niematerialna /niematerialne tworzywo systemowe/, obejmująca teorię organizacji łączności - odpowiednią do koncepcji organizacji dowodzenia wojskami, charakteru działań bojowych oraz wykonywanych zadań.

Pierwsza składowa to typowe tworzywo techniczne systemu składające się ze środków i urządzeń, których zasadniczym zadaniem jest realizacja procesu przekazu informacji zabezpieczających dowodzenie wojskami. Istotną rolę w tym zakre-

^{x/} Instrukcja łączności "Organizacja łączności w wojskach lądowych" MON 1961 r.

się spełniają linie łączności, tworząc drogi przesyłowe dla informacji /w postaci sygnałów elektrycznych/ między pozostałymi elementami systemu łączności.

Do organizacji linii łączności wykorzystywane są teletransmisyjne urządzenia torowe i beztorowe^{x/}. Środki radioliniowe, obok przewodowych, zaliczamy do torowych ze względu na wyraźne ukierunkowanie w przestrzeni transmisji wiadomości.

Wzajemne "powiązania" między środkami radioliniowymi w systemie łączności związku /oddziału/ stanowią część sieci telekomunikacyjnej służącej do przekazywania informacji za pośrednictwem sygnałów elektrycznych, które dalej przyjęto nazywać "siecią radioliniową". Natomiast środki i urządzenia radioliniowe wraz z wzajemnymi powiązaniem - stanowią część systemu telekomunikacyjnego związku /oddziału/, który dalej przyjęto nazywać systemem radioliniowym /systemem łączności radioliniowej/ związku /oddziału, pododdziału/.

Tworzywo materialne systemu łączności radioliniowej jest nośnikiem tworzywa niematerialnego tzn. teorii organizacji łączności radioliniowej, którą określa koncepcja organizacji dowodzenia wojskami, charakter działań bojowych oraz wykonywane przez wojska zadania.

Osoba planująca /inżynier systemu/ system łączności radioliniowej związku /oddziału/ musi więc dobrze znać tworzywo materialne i niematerialne, aby stworzyć model systemu, który w przyszłości funkcjonował będzie jako realny system działania.

^{x/} Do telekomunikacyjnych urządzeń torowych zaliczane są te środki, które wykazują wyraźne ukierunkowanie promieniowanej fali elektromagnetycznej /energii/

Celem pierwszego rozdziału jest scharakteryzowanie łączności radioliniowej na szczeblach operacyjnych i taktycznych oraz ocena potrzeb częstotliwościowych do jej organizacji.

Wydaje się, że najlepszym sposobem zrealizowania tego zadania jest podejście systemowe do tego zagadnienia tzn. opracowanie modeli sieci radioliniowych wymienionych szczebli dowodzenia, a następnie - na tej podstawie - określenie problemu częstotliwościowego.

1. Organizacja łączności radioliniowej w systemach łączności szczebli operacyjnych i taktycznych w operacji zaczepnej frontu

System łączności radioliniowej wojsk stanowi część systemów bardziej złożonych. Jest on częścią systemu łączności, wchodzącego w skład systemu dowodzenia wojskami w walce i operacji, który z kolei, stanowi jeden z elementów supersystemu /nadsystemu/ działania wojsk w walce i operacji.

Identyfikacja takiego systemu nie jest łatwa ponieważ jego współistnienie z wymienionymi systemami nie jest obojętne /neutralne/. W stosunku do tego otoczenia zachowuje się on agresywnie, tzn. przekazuje mu pewne wartości /za pośrednictwem których dochodzi do ich wzajemnego oddziaływania/ oraz adaptacyjnie, tzn. przystosowuje się do parametrów sprzężeń z tym środowiskiem.

Założonym wynikiem identyfikacji systemów łączności radioliniowej szczebli operacyjnych i taktycznych mają być modele sieci radioliniowych frontu, armii, dywizji i pułku odwzorowujące istniejącą rzeczywistość w tym zakresie, wyróżniające w niej te strony i cechy, które mają istotne znaczenie dla badanego systemu; przy czym a priori, trzeba założyć, że bę-

da to modele werbalno-graficzne, ponieważ model graficzny /niezbędny w dalszej części pracy - model matematyczny/ nie pomieści, za pomocą umownych symboli i oznaczeń, wszystkich istotnych wartości oryginału, a model werbalny - odwzoruje ten oryginał w sposób jedynie ogólny. Ten ostatni wydaje się jednak niezbędny w celu przyjęcia pewnych uproszczeń przy projektowaniu systemu informatycznego problematyki częstotliwościowej.

W celu scharakteryzowania /zidentyfikowania/ organizacji łączności radioliniowej szczebli operacyjnych i taktycznych w operacji zaczepnej przyjęto, że koniecznym jest udzielenie odpowiedzi na następujące pytania:

1/ jak organizacja dowodzenia wojskami w operacji zaczepnej determinuje organizację łączności radioliniowej?

2/ z jakimi elementami ugrupowania bojowego frontu, armii, dywizji i pułku powinna być organizowana łączność radioliniowa w operacji zaczepnej?

3/ w jakim stopniu przeciwdziałanie przeciwnika determinuje organizację łączności radioliniowej na poszczególnych szczeblach dowodzenia?

4/ w jakim stopniu technika radioliniowa i teletransmisyjna determinuje organizację łączności radioliniowej?

Uzyskanie odpowiedzi na powyższe pytania powinno umożliwić pełną identyfikację systemów łączności radioliniowej szczebli operacyjnych i taktycznych, a tym samym dać obraz modeli systemów z ich wszystkimi istotnymi cechami.

Na każdym szczeblu dowodzenia i w każdym rodzaju działań bojowych organizuje się odpowiedni system dowodzenia wojskami.

Głównym jego zadaniem jest utrzymanie podległych wojsk w pełnej gotowości bojowej, organizacja działań i współdziałania oraz umożliwienie kierowania nimi w toku walki i operacji. Natomiast do zadań szczegółowych należy:

1/ planowanie działań, przygotowanie wojsk do wykonania planowych zadań, określenie potrzeb i zadań zabezpieczenia tyłowego, organizacja zabezpieczenia operacyjnego i taktycznego, nawiązanie i utrzymanie współdziałania oraz nieprzerwane kierowanie działaniami wojsk;

2/ bezpośrednie kierowanie działaniami zgrupowań walczących na głównych kierunkach lub wykonujących w danym okresie operacji lub walki zasadnicze zadanie;

3/ dowodzenie wojskami OPL oraz zapewnienie współdziałania z innymi rodzajami wojsk - zwłaszcza z lotnictwem;

4/ organizacja działań lotnictwa i dowodzenie nim oraz zapewnienie współdziałania z wojskami lądowymi, a na kierunku nadmorskim - z marynarką wojenną;

5/ organizacja zabezpieczenia tyłowego działań oraz dowodzenie jednostkami tyłowymi;

6/ kierowanie operacją i walką na wyodrębnionych kierunkach;

7/ organizacja działań desantowych oraz kierowanie siłami do nich wydzielonymi.

Odpowiednio do tych zadań organizuje się zespoły dowodzenia frontu, armii, dywizji, brygady, pułku. Zespoły te wraz z podporządkowanymi im siłami i środkami łączności, transportu, regulacji ruchu i obsługi rozwijają i eksploatują stanowiska i punkty dowodzenia, które rozmieszczone odpowiednio w

ugrupowaniu wojsk, tworzą jednolitą strukturę polowego systemu dowodzenia. Każde ze stanowisk /punktów/ dowodzenia wykonuje określone czynności z zakresu organizacji i kierowania działaniami podległych i wspierających wojsk.

1.1. Organizacja łączności radioliniowej na szczeblu frontu

Na szczeblu frontu organizuje się następujące stanowiska i punkty dowodzenia:

- 1/ stanowisko dowodzenia /SD/;
- 2/ zapasowe stanowisko dowodzenia /ZSD/;
- 3/ tyłowe stanowisko dowodzenia /TSD/;
- 4/ pomocnicze stanowisko dowodzenia /PSD/;
- 5/ wysunięty punkt dowodzenia /WPD/;
- 6/ powietrzny punkt dowodzenia /PPD/ x/.

Integralnymi elementami wymienionych stanowisk /punktów/ są węzły łączności, które "powiązane" liniami łączności z węzłami łączności podwładnych, sąsiadów, wojsk wspierających, a także odpowiednio między sobą - tworzą określony system łączności frontu. W skład tego systemu mogą również wchodzić pomocnicze węzły łączności, organizowane doraźnie w zależności od kształtujących się potrzeb łączności^{xx/}.

-
- x/ Powietrzny punkt dowodzenia /PPD/, organizowany na samolocie lub śmigłowcu, nie posiada w swoim składzie węzła łączności a jedynie grupę środków łączności.
- xx/ Pomocnicze węzła łączności - organizuje się dla wzmocnienia systemu łączności, zwiększenia jego manewrowości i uzyskania określonych relacji łączności. Węzły te mają na celu zapewnienie łączności z dowódcami /sztabami/ związków /oddziałów/ działających w znacznych odległościach od stanowisk dowodzenia frontu i znajdujących się w ruchu oraz zwiększenie efektywności wykorzystania wielokanałowych środków radioliniowych i przewodowych. Miejsce rozmieszczenia i skład pomocniczych węzłów łączności ustala się w zależności od sytuacji i ich przeznaczenia. Pomocnicze węzły łączności rozwija się w rejonach gdzie wymagane jest ześrodkowanie znacznej ilości kanałów /łączy/

Łączność radioliniowa w systemie łączności frontu obejmować więc będzie relacje radioliniowe ze stanowisk /punktów/ dowodzenia i pomocniczych węzłów łączności frontu do podwładnych, sąsiadów i wojsk wspierających, a także relacje pomiędzy stanowiskami /punktami/ dowodzenia frontu, organizowane w całym obszarze działania frontu, tj. na głębokość 600-800 km i szerokości 250-500 km, w okresie realizacji zadania bliższego i dalszego /12-15 dni/.

Tabela 1

Rodzaj wskaźnika rozmachu zaczepnej operacji frontowej	Wartość wskaźnika rozmachu
Głębokość operacji	600-800
Szerokość pasa operacji	250-500
Tempo natarcia wojsk frontu	40-50 km/dobę
Czas trwania operacji	12-15 dób

Biorąc pod uwagę częstotliwość przemieszczania się stanowisk dowodzenia frontu i sposób ich rozmieszczenia w toku operacji zaczepnej oraz średnie dobowe, tempo operacji 45 km, system łączności radioliniowej może jednocześnie obejmować obszar o wymiarach 250-500 x 400 km - w rejonie wyjściowym i 250-500 x 1000 km^{x/} - w toku operacji zaczepnej.

Tabela 2

Stanowisko dowodzenia frontu	Odległość od przedniego skraju /km/	Częstotliwość przemieszczania się
SD	70-100	1 raz na dobę
ZSD	30-40	- " -
TSD	100-150	- " -
PSD	30-40	-

x/ "Operacja zaczepna frontu" - ASG WP, 1977 r. /nr bibl. 018325/

W obszarze tym funkcjonujące węzły łączności stałych stanowisk dowodzenia frontu /SD, ZSD, TSD/ i doraźnych /WPD, PSD/, a także pomocnicze węzły łączności frontu muszą zapewniać łączność radioliniową z podległymi współdziałającymi i wspierającymi związkami i oddziałami.

Stanowisko dowodzenia/SD/ jest najlepiej przygotowanym obiektem do zapewnienia dowódcy warunków trwałego dowodzenia podległymi wojskami. Główną jego funkcją jest organizacja i kierowanie działaniami sił i środków rozpoznawczych, ogólnowojskowych związków operacyjnych /taktycznych/, odwodów, wojsk raketowych, wojsk OPL i wojsk specjalnych, przekazywanie zadań lotnictwu oraz zapewnienie ciągłości współdziałania wewnątrz wojsk frontu, z sąsiadami i wojskami wspierającymi.

Stanowisko dowodzenia /SD/ frontu, z uwagi na jego przeznaczenie rozmieszcza się w miarę możliwości centralnie w stosunku do wojsk pierwszego i drugiego rzutu /odwodów - w rejonie działania sił głównych. Dla frontu będzie to odległość w położeniu wyjściowym /rubieży wyjścia/ 70-100 km; w toku operacji zaczepnej zwiększa się nawet do 200 km od linii styczności wojsk.

Ze stanowiska dowodzenia frontu zapewnia się bezpośrednią łączność radioliniową z:

- 1/ stanowiskami dowodzenia ZSZ na ZTDW;
- 2/ Sztabem Generalnym WP;
- 3/ stanowiskami dowodzenia podległych armii;
- 4/ połączonymi stanowiskami dowodzenia WL i OPL frontu;
- 5/ stanowiskami dowodzenia frontowych związków /oddziałów/;
- 6/ stanowiskami dowodzenia sąsiednich związków operacyjnych /współdziałających, wspierających/;
- 7/ pozostałymi stanowiskami /punktami/ dowodzenia frontu.

System łączności SD jest z zasady najbardziej rozbudowany w porównaniu z systemami łączności innych stanowisk dowodzenia frontu, co wynika z roli i funkcji tego stanowiska w systemie dowodzenia. Jego organizacja powinna umożliwiać organom dowodzenia frontu, rozmieszczonych na pozostałych stanowiskach /punktach/ dowodzenia frontu, pośrednią łączność ze wszystkimi elementami ugrupowania operacyjnego frontu.

Zapasowe stanowisko dowodzenia /ZSD/ jest również stałym elementem systemu dowodzenia funkcjonującym jednocześnie ze stanowiskiem dowodzenia i przeznaczonym do zapewnienia trwałości, skuteczności i ciągłości dowodzenia wojskami frontu.

Na ZSD znajduje się 20% składu osobowego sztabu frontu /grupa dowodzenia bojowego/, którego zadaniem jest: zbieranie danych o sytuacji w pasie działania frontu i sąsiadów, studiowanie decyzji dowódcy frontu i przedsięwzięć dotyczących jej zabezpieczenia; wykonywanie poszczególnych zadań z zakresu dowodzenia postawionych przez dowódcę lub szefa sztabu; stałe śledzenie realizacji zadań przez wojsko, utrzymanie stałej gotowości do przyjęcia zasadniczego składu operacyjnego dowództwa frontu /części zmiennej/.

Z chwilą przybycia na ZSD dowódcy, szefa sztabu i zasadniczego składu operacyjnego, ZSD staje się stanowiskiem dowodzenia, a dotychczasowe SD z pozostawionym na nim stałym /20%/ składem operacyjnym - zapasowym stanowiskiem dowodzenia.

Grupa dowodzenia bojowego ZSD powinna być w stałej gotowości do przejęcia dowodzenia wojskami frontu w pełnym zakresie w wypadku zniszczenia lub przemieszczenia SD.

Przedstawiona struktura stanowisk dowodzenia przyjmująca zasadę tworzenia dwóch identycznych elementów dowodzenia - to

jest stanowiska dowodzenia i zapasowego stanowiska dowodzenia, rozwijanych jednocześnie, w sposób zapewniający jednakowe warunki dowodzenia z obu stanowisk - determinuje jednakowy sposób organizacji łączności ich węzłów łączności. Oznacza to, że zarówno ze stanowiska dowodzenia i zapasowego stanowiska dowodzenia powinna być zorganizowana identyczna łączność radioliniowa z przełożonym, podwładnymi współdziałającymi i wspierającymi wojskami.

Stałym elementem systemu dowodzenia frontu jest również tyłowe stanowisko dowodzenia, przeznaczone do kierowania całokształtem organizacji i pracy tyłów w zakresie materiałowego, technicznego, medycznego i komunikacyjnego zabezpieczenia wojsk frontu.

Mówiąc o jego roli w systemie dowodzenia, trzeba podkreślić że w szczególnych wypadkach, przy jednoczesnym zniszczeniu SD i ZSD, z tyłowego stanowiska dowodzenia mogą być tymczasowo podejmowane przedsięwzięcia związane z dowodzeniem wojskami frontu. Wynika z tego potrzeba odpowiedniego włączenia węzła łączności TSD frontu w system łączności dalekosiężnej.

Organa dowodzenia TSD frontu powinny mieć zabezpieczoną łączność z:

- 1/ sztabem Głównego Kwatermistrzostwa WP;
- 2/ sztabem służb technicznych WP;
- 3/ SD i ZSD frontu;
- 4/ TSD podległych ZO i ZT;
- 5/ organami zabezpieczenia kwatermistrzowskiego i technicznego frontu.

W celu zapewnienia dowódcy frontu bezpośredniego dowodzenia wojskami na poszczególnych kierunkach w określonych okresach operacji, podczas wyjazdów do wojsk, a także w czasie przemie-

szczania się z jednego punktu dowodzenia na drugi, organizuje się doraźnie wysunięty punkt dowodzenia /WPD/^{x/}, który stanowi oddzielny element stanowiska dowodzenia. W skład WPD frontu może być włączony - połączony wysunięty punkt dowodzenia wojsk lotniczych i OPL frontu /WPLPD WL i OPL/ lub tylko jego wybrane elementy.

Z punktu widzenia organizacji łączności radioliniowej istotne są tylko okresy, w których WPD jest rozwinięty i działa na postoju. Wówczas trzeba zakładać organizację łączności radioliniowej z jego węzła łączności z:

- 1/ SD /ZSD/ frontu;
- 2/ elementami ugrupowania bojowego, którymi dowodzi się z WPD;
- 3/ niektórymi związkami /oddziałami/ współdziałającymi.

Drugim elementem systemu dowodzenia frontu funkcjonującym okresowo jest pomocnicze stanowisko dowodzenia /PSD/. Organizuje się je w celu kierowania zgrupowaniami wojsk, działającymi na izolowanych lub oddalonych kierunkach, a ponadto - do zaplanowania i przygotowania operacji desantowej oraz dowodzenia wojskami biorącymi w niej udział. Rozmieszcza się je 30-40 km od linii styczności wojsk /przedniego skraju/. Pododdział łączności, przeznaczony do organizacji łączności z tego stanowiska, wyposażony jest w ograniczoną ilość środków radiolinio- wych /5x R-409/ i dlatego w określonych sytuacjach trzeba przewidywać, dla jego potrzeb, siły i środki z pododdziałów łączności^{xx/} zabezpieczających łączność SD i ZSD frontu. Cele orga-

x/ Obowiązujące w ASG WP poglądy zakładają, że WPD frontu rozwija się 15-20 km od linii styczności

xx/ Przewiduje się również możliwość organizacji PSD na bazie stanowiska dowodzenia związku operacyjnego w danym rejonie /na danym kierunku/

nizacji pomocniczego stanowiska dowodzenia określają organizację łączności dalekosiężnej z jego węzła łączności, tzn.:

- 1/ z SD /ZSD/ frontu;
- 2/ ze związkami /oddziałami/ podległego zgrupowania wojsk;
- 3/ ze stanowiskami dowodzenia marynarki wojennej /w razie udziału w operacji Zjednoczonej Floty Bałtyckiej/;
- 4/ ze współdziałającymi związkami /oddziałami/.

Czynnikiem determinującym sposób organizacji łączności frontu są również zasady przemieszczania stanowisk dowodzenia. Przegrupowania stanowisk dowodzenia frontu dokonuje się w zależności od sytuacji operacyjnej i tempa działań. W operacji zaczepnej, przy średnim tempie natarcia wojsk 40-50 km na dobę, stanowiska dowodzenia frontu /SD, ZSD, TSD/ przemieszczane są zwykle jeden raz na dwie - trzy doby. Podczas przegrupowywania stanowisk dowodzenia musi być zachowana ciągłość dowodzenia wojskami frontu. W tym celu do czasu przybycia dowódcy frontu wraz z zasadniczym składem i WPD na ZSD - dowodzenie sprawuje SD. Z chwilą przybycia na ZSD, dowódca frontu przejmuje dowodzenie wojskami, ZSD przejmuje funkcję SD, zaś dotychczasowe SD staje się ZSD. Następnie grupa dowodzenia dotychczasowego SD przemieszcza się do nowego rejonu /planowanego ZSD/, w którym rozwinięto już węzeł łączności. W rejonie tym, z chwilą przybycia stałej obsady sztabu /20%/, zaczyna funkcjonować ZSD.

Prowadzone analizy^{x/} przemieszczania SD i ZSD przy stanie dwóch zespołów węzłów łączności frontu /załącznik 1/ wskazują, że jednoczesne rozwinięcie obu stanowisk dowodzenia /SD i ZSD/, wraz z relacjami łączności dalekosiężnej, jest możliwe tylko w

^{x/} Rezultaty obliczeń dokonane w ASG Sił Zbrojnych ZSRR

położeniu wyjściowym do operacji. W toku operacji ciągłość dowodzenia może być zapewniana tylko na przemian - z SD lub ZSD. Jednoczesne funkcjonowanie SD i ZSD frontu na całą głębokość operacji /załącznik 2/ można osiągnąć tylko w warunkach dysponowania czterema identycznymi zespołami węzłów łączności /ukończonymi w siły i środki łączności dalekosiężnej/.

Ponieważ obecna struktura frontowych jednostek łączności /okres przejściowy do PASS ZO/ zakłada tylko trzy zespoły węzłów łączności /załącznik 3/, występuje luka w jednoczesnym funkcjonowaniu SD i ZSD frontu.

Według poglądów towarzyszy radzieckich wynosi ona 17-20 godzin na każde trzy doby operacji. Ich obliczenia wskazują, że zapewnienie jednoczesnego funkcjonowania SD i ZSD możliwe jest w położeniu wyjściowym i po ich pierwszym przesunięciu. W toku dalszych działań należy do tego celu /zwiększenie ciągłości łączności/ wykorzystywać pomocnicze węzły łączności i powietrzne SD /PPD/. Wynika z tego istotny wniosek dla organizatorów systemu łączności frontu - potrzeba organizacji - w toku operacji - pomocniczych węzłów łączności włączonych odpowiednio w relacje dalekosiężne /radioliniowo-przewodowe/ frontu. Powinny one umożliwiać, przemieszczającym się grupom operacyjnym SD i ZSD, łączność z funkcjonującym SD frontu i podstawowymi elementami ugrupowania operacyjnego.

TSD frontu w nowy rejon przemieszcza się transportem kołowym, po osiągnięciu przez WL /rozwijany w tym rejonie/ gotowości łączności. W tym celu wykorzystywane są dwa równorzędne zespoły WL, uzupełnione odpowiednio torowymi środkami łączności dalekosiężnej.

Podsumowując dotychczasowe ustalenia wpływu organizacji dowodzenia wojskami frontu na organizację systemu łączności można stwierdzić, że:

1/ w obszarze działania frontu występują trzy podstawowe elementy systemu dowodzenia, tzn.: stanowisko dowodzenia, zapasowe stanowisko dowodzenia i tyłowe stanowisko dowodzenia, w ramach których koncentruje się zasadniczy potencjał dowództwa i sztabu frontu. Węzły łączności tych stanowisk będą więc także zasadniczymi elementami systemu łączności, koncentrującymi zasadniczy potencjał dalekosiężnych dróg teletransmisyjnych - w tym torów radioliniowych;

2/ przyjęta zasada zamienności funkcji stanowiska dowodzenia i zapasowego stanowiska dowodzenia, determinuje identyczną organizację dalekosiężnych połączeń teletransmisyjnych ich węzłów łączności;

3/ organizacja tyłowego stanowiska dowodzenia przenosi większość zadań z zakresu zabezpieczenia tyłowego walki na to stanowisko. Oznacza to, że dalekosiężne drogi teletransmisyjne /w tym relacje radioliniowe/ od elementów /jednostek/ zabezpieczenia tyłowego koncentrować się będą na węzle łączności TSD frontu;

4/ występująca potrzeba doraźnego organizowania wysuniętego punktu dowodzenia i pomocniczych stanowisk dowodzenia powoduje konieczność rezerwowania pewnej ilości dalekosiężnych środków teletransmisyjnych /w tym radioliniowych/ - w celu połączenia ich węzłów łączności odpowiednimi drogami telekomunikacyjnymi z węzłami łączności SD i ZSD;

5/ w toku operacji, ze względu na konieczność zachowania ciągłości dowodzenia i łączności, może wystąpić potrzeba orga-

nizacji pomocniczych węzłów łączności /PWL/, z których korzystać będą grupy operacyjne sztabu frontu. W celu organizacji tych węzłów i odpowiedniego połączenia ich ich drogami teletransmisyjnymi z systemem łączności, należy przewidywać odpowiednią rezerwę środków łączności dalekosiężnej /w tym radioliniowych/;

6/ organa dowodzenia stałych elementów systemu dowodzenia frontu /SD, ZSD, TSD/, mimo, że oddalone od siebie przestrzenie, stanowią jednolity zespół dowodzenia frontu - początkowo planujący, a następnie realizujący jeden cel, tzn. decyzję dowódcy, co determinuje ich ścisłe współdziałanie w tym zakresie. Określa to jednocześnie potrzebę organizacji odpowiednich dalekosiężnych relacji łączności /w tym radioliniowej/ między tymi stanowiskami.

Analizując problem - z jakimi elementami ugrupowania operacyjnego frontu organizuje się łączność radioliniową - należy wpierv udzielić odpowiedzi na pytanie: jaki jest skład organizacyjny frontu. W większości opracowań^{x/} przyjmuje się następujący skład frontu w układzie koalicyjnym:

- 1/ 3-5 armii, w tym jedna armia pancerna;
- 2/ WLF;
- 3/ 2-3 dywizje /DZ, DPanc/;
- 4/ jedna - niekiedy dwie, frontowe brygady rakiet operacyjno-taktycznych;
- 5/ 2-3 brygady artylerii;
- 6/ 1-2 brygady /pułki/ rakiet przeciwlotniczych;
- 7/ 1-2 pułki artylerii przeciwlotniczej;
- 8/ 1-2 artyleryjskie pułki lub brygady przeciwpancerne;

^{x/} "Operacja zaczepna frontu" ASG WP, 1977 r. /nr bibl.018325/
"Przygotowanie i prowadzenie frontowej operacji zaczepnej"
ASG WP, 1979 r. /nr bibl.0816/
Biuletyn Informacyjny Sztabu Generalnego 2/143

9/ frontowe związki i oddziały rodzajów wojsk, w tym 1-2 pułki śmigłowców;

10/ frontowe jednostki zabezpieczenia technicznego;

11/ urządzenia i jednostki tyłów;

12/ ponadto mogą być podporządkowane 1-2 DPD - jedna BSz.

Z punktu widzenia organizacji łączności radioliniowej istotne są te związki /oddziały/, które wyposażono etatowo w środki radioliniowe, przeznaczone do zapewnienia łączności z przełożonym oraz te, do których z zasady zabezpiecza łączność radiolinową front swoimi środkami radiolinowymi.

Analizując etaty należności sprzętowych /w tym rodzajów środków radioliniowych/ można wyliczyć relacje dowodzenia, w których na szczeblu frontu organizowana będzie łączność radioliniowa oraz typ środka radioliniowego wykorzystywanego w tym celu /tabela 3/.

Tabela 3

Lp.	Nazwa związku /oddziału/	Rodzaj relacji radiolinowej	Uwagi
1	2	3	4
1	ARMIA /SD/	R-404	3-5 armii
2	ARMIA /ZSD/	R-404	
3	ARMIA /TSD/	R-409	
4	WLF i WOPL /PLSDWL i OPL/	R-404	
5	WLF i WOPL /ZPLSDWL i OPL/	R-404	
6	WLF /TSD/	R-409	
7	dywizje frontowe	R-409	3 dywizje frontowe
8	FBROT	R-409	1-2 brygady
9	brygady artylerii	R-405	2-3 brygady - w rejonie wyjściowym są z reguły podporządkowane armiom

1	2	3	4
10	brygada rakiet przeciwlotniczych	R-405	1-2 brygady /łączność z PLSD/
11	pułk rakiet przeciwlotniczych	R-405	1-2 pułki /z odwodu ND/
12	pułk radiotechniczny	R-405	
13	pułk artylerii WM	R-405	w rejonie wyjściowym jest z reguły podporządkowany armii
14	pułk artylerii przeciwpancernej	R-405	1-2 pułki
15	brygada saperów	R-405	1-2 brygady /dla A I rzutu/
16	pułk pontonowy	R-405	3-4 pułki /w rejonach przeszkód wodnych/
17	inżynierski pułk drogowo-mostowy	R-405	
18	brygada chemiczna	R-405	
19	polowa techniczna baza rakietowa /dla FBROT/	R-405	1-2 bazy w zależności od ilości FBROT
20	polowa techniczna baza rakietowa PLOT	R-405	1-2 bazy /łączność z PLSD/
21	pułk zakłóceń radiowych	R-405	
22	pułk zakłóceń radiolokacyjnych	R-405	
23	pułk rozpoznania radioelektronicznego	R-405	
24	pułk rozpoznania systemów radiolokacyjnych	R-405	
25	brygada łączności	R-405	
26	brygada radioliniowo-kablowa	R-409	
27	pułk łączności TSD	R-405	
28	batalion radioliniowo-kablowy	R-405	

1	2	3	4
29	brygady materiałowego zabezpieczenia	R-409 lub R-405	2 brygady /rodzaj radiolinii w zależności od możliwości/
30	tylna baza frontu	R-409	
31	oddział tylnej bazy frontu	R-409 lub R-405	
32	bazy szpitalne frontu	R-405	10 baz /mogą podłączać się do systemu łączności armii/
33	brygada wojsk kolejowych	R-405	1-2 brygady
34	brygada drogowo-eksploatacyjna	R-405	
35	brygada transportowa	R-405	2 brygady
36	brygada mostowa	R-405	
37	bazy remontowe	R-405	3 bazy
38	agenturalny wywiad operacyjny	R-405	
39	elementy stacjonarnego systemu łączności /krajowego lub resortowego/	R-404 i R-409	

Środki radioliniowe wykorzystywane są również do pracy w relacjach łączności tzw. mieszanych, w których obok torowego łącza radioliniowego występować będzie beztorowe łącze radiowe. W tym celu wykorzystywane będą stacje radioliniowe R-405, w które ukompletowane są same radiostacje /R-140, R-137, R-110/, aparatownie zdalnego sterowania /AZS, ARO-KU-10/ oraz wozy dowódczo-sztabowe.

Zasadniczym czynnikiem determinującym sposób organizacji łączności radioliniowej frontu z wymienionymi związkami i oddziałami jest strukturalny podział organów dowodzenia frontu na odpowiednie zespoły stanowisk dowodzenia.

Na stanowisku dowodzenia /zapasowym stanowisku dowodzenia/ znajdują się: dowódca /z-ca dowódcy/, szef sztabu, kadra kierownicza dowództwa frontu, zarząd operacyjny, zarząd polityczny, dowódcy oraz sztaby WL, WOPL i WRiA, szefowie i szefostwa WInż., WChem. - w tym SOAS, rozpoznania, wojsk łączności, grupy operacyjne tyłów, armii sojusznicznych, współdziałających ZO i ZT /przedstawiciele wymienionych organów - 20% sztabu/. W związku z czym związki /oddziały/ bezpośrednio podległe tym organom będzie obowiązywała zasada bezpośredniej łączności radioliniowej z SD i ZSD frontu. Natomiast związki /oddziały/ podległe funkcjonalnie organom dowodzenia rozmieszczonym na TSD frontu /kwatermistrz i szef służb technicznych wraz z podległymi im sztabami i służbami/ będzie obowiązywała zasada organizacji bezpośredniej łączności radioliniowej z TSD frontu.

Z węzłami łączności WPD i PSD frontu bezpośrednią łączność radioliniową nawiązywały będą związki /oddziały/ bezpośrednio dowodzone w określonych okresach operacji z powyższych stanowisk /punktów/ dowodzenia, przy czym - w przypadku organizacji łączności z WPD - dany związek /oddział/ powinien mieć zorganizowaną łączność radioliniową ze stanowiskiem dowodzenia /zapasowym stanowiskiem dowodzenia/. Przyjęcie powyższego wymogu, zapewnia utrzymanie łączności z danym związkiem /oddziałem/ po zwinięciu WPD, natomiast zasada organizacji PSD, tzn. organizowanie go w celu kierowania zgrupowaniami wojsk, działających na izolowanych lub oddalonych kierunkach /rejonach/, reguły /ze względów odległościowych/ wyklucza w większości przypadków możliwość jednoczesnej organizacji łączności radioliniowej danego związku /oddziału/ z PSD i stanowiskami dowodzenia frontu /SD i ZSD/.

O sposobach bezpośrednich powiązań radioliniowych związków /oddziałów/, wymienionych w tabeli 3, ze stanowiskami dowodzenia /SD, ZSD/ frontu decyduje nie tylko wyszczególniona wyżej podległość funkcjonalno-organizacyjna. Obok niej decydujące są jeszcze dwa istotne czynniki, a mianowicie: znaczenie /rola/ związku /oddziału/ w ugrupowaniu operacyjnym oraz jego położenie w pasie działania frontu.

Z punktu widzenia znaczenia /roli/ związków /oddziałów/ w ugrupowaniu, a tym samym ich wagi w osiągnięciu realizowanego przez front zadania, można umownie podzielić na trzy zasadnicze kategorie:

1/ I kategoria - armie pierwszego rzutu operacyjnego, wojska lotnicze, frontu, brygady rakiet operacyjno-taktycznych;

2/ II kategoria - armie drugiego rzutu operacyjnego, związki /oddziały/ rodzajów wojsk i służb, zabezpieczające bezpośrednio pierwsze zgrupowanie uderzeniowe np.: brygady saperów, brygada chemiczna, polowe techniczne bazy rakietowe, pułki WRE, pułki rozpoznania, brygady łączności, agenturalny wywiad operacyjny;

3/ III kategoria - pozostałe związki /oddziały/, z wyłączeniem jednostek OPL i zabezpieczenia tyłowego /łączność z PŁ SD WL i OPL frontu oraz odpowiednio z TSD frontu /np. związki /oddziały/ frontowe przydzielone armiom, a przebywające jeszcze w rejonie wyjściowym frontu.

Dowodzenie związkami /oddziałami/ I kategorii, decydującymi o wykonaniu zadań operacji, określone jest szczególnie wysokimi parametrami ciągłości i niezawodności. Tym samym system łączności powinien być tak zorganizowany, aby zabezpieczał odpowiednią niezawodność i ciągłość łączności dowodzenia nimi. Wiąże się to z koniecznością zapewnienia odpowiednio dużej ilości

różnorodnych dróg teletransmisyjnych, zarówno bezpośrednich jak i obejściowych, w relacji stanowiska dowodzenia frontu /SD, ZSD/ - stanowiska dowodzenia powyższych związków /oddziałów/. W przypadku łączności radioliniowej jako zasadę należy przyjąć organizację kierunków radioliniowych zarówno z SD jak i ZSD frontu do ich stanowisk dowodzenia, a więc SD i ZSD /jeżeli ZSD jest organizowane/.

W przypadku związków /oddziałów/ zaliczanych do II kategorii, należy dążyć do zapewnienia im bezpośredniej łączności radioliniowej ze stanowiskiem dowodzenia frontu /SD/, a dopiero gdy możliwości sprzętowo-odległościowe /odpowiednia ilość środków radioliniowych, odległość od ZSD niewielka/ na to zezwalają - organizować łączność radioliniową z zapasowym stanowiskiem dowodzenia.

W przypadku ostatniej /umownie nazwanej III/ kategorii związków /oddziałów/ należy dążyć do zapewnienia im bezpośredniej łączności radioliniowej przynajmniej z jednym ze stanowisk dowodzenia frontu tzn.: SD, ZSD lub TSD.

Analizując następny /drugi/ czynnik mający wpływ na organizację łączności radioliniowej frontu, a mianowicie położenie związku /oddziału/ w ugrupowaniu operacyjnym, trzeba widzieć położenie jego stanowisk /punktów/ dowodzenia w stosunku do stanowisk /punktów/ dowodzenia frontu w toku całej operacji.

Syntetycznie położenie stanowisk /punktów/ dowodzenia związków /oddziałów/ frontowych na rubieży wejścia do bitwy i sposoby przemieszczania w toku operacji przedstawiono w tabeli 4.

Lp.	Nazwa związku /oddziału/	Rodzaj stanowiska /punktu/ dowodzenia	Odległość stanowiska /punktu/ od /km/	Sposób przeszerzenia stanowiska /punktu/ dowodzenia	Uwagi
1	2	3	4	5	6
1	Armia I rzutu	SD ZSD TSD	przedniego skraju - 30-50 przedniego skraju - 15-20 stanowiska dowodzenia F - 15-25	raz na dobę na przemian raz na 1-2 doby	na głównym kierunku w bok od SD A na głównym kierunku
2	Armia II rzutu	SD ZSD TSD	za ugrupowaniem I rzutu do 160 km od stanowiska dowodzenia frontu	-	
3	Armia pancerna /OGM/	SD ZSD TSD	między I a II rzutem do 100 km od stanowiska dowodzenia frontu	jak armie I rzutu z częstotliwością zależną od tempa działań	armia rozmieszcza się na kierunku wprowadzenia do działań
4	Wojska lotnicze frontu i wojska OPL frontu	PŁ SD WL i OPL ZPŁSD WL i OPL TSD	SD F - 20-30 ZSD F - 10-20 PŁ SD WL i OPL F - 10-20	jak stanowiska dowodzenia frontu	

1	2	3	4	5	6
5	Dywizje frontowe	SD	rozmieszcza się w zależności od przeznaczenia związku nawet w ugrupowaniu tyłów frontu	z zasady jak stanowisko dowodzenia frontu	
6	Brygada raket oper.-takt.	SD	przedniego skraju 60-80	raz na 1-2 doby	przemieszcza się rzutami
7	Brygady artylerii	SD	przedniego skraju 40-50	-	łącznie utrzymywana z frontem do chwili przydziału armiom w rej.wyjściowym
8	Brygada raket przeciwlotniczych	SD	środkio od przedniego skraju 50-70 nie mniej niż 20-30	raz na 1-2 doby	do ochrony zgrupowania uderzeniowego frontu i FBROT
9	Pułk raket przeciwlotniczych	SD	w rejonie ochraniań-go obiektu /ugrupowania/ w centrum swojego ugrupowania	przemieszcza się wraz z ochranianym obiektem	używany do ochrony BROT, rejonów stanowisk dowodzenia, OGM itp.
10	Pułk radiotechniczny	SD ZSD	na Pł SD WL i OPL frontu na Pł ZSD WL i OPL frontu	wraz z tymi stanowiskami	
11	Pułk artylerii WM	SD	przedniego skraju 30-40	przydzielony armii	utrzymywana łącznie do czasu podporządkowania armii

1	2	3	4	5	6
12	Pułk artylerii przeciwpancernej /Oppanc/	SD	na rubieży ogniowej - od przedniego skraju 4-5 km w rejonie - od przedniego skraju 40-45 km	1 raz na dobę	na kierunku armii I rzutu
13	Brygada saperów /OInż./	SD	na wysokości SD frontu w jego pobliżu - do 70 km	tak jak SD frontu	
14	Pułk pontonowy	SD	w rejonach szerokich przeszkód	1-3 razy na 2-3 doby	przemieszczenie wymuszone potrzebami utrzymania ruchu wojsk
15	Inżynierski pułk drogowo-mostowy	SD	od przedniego skraju 30-50 km	1 raz na dobę	
16	Brygada chemiczna /OChem./	SD	na wysokości SD frontu w jego pobliżu do 70 km	1 raz na 2-3 doby	
17	Polowa techniczna baza raketowa /FBROT/	SD	od FBROT - 15-25 km	jak FBROT	rozmieszcza się na kierunku działania FBROT z tyłu
18	Polowa techniczna baza raketowa PLOT	SD	od FRR PLOT - 15-25 km	jak FER PLOT	rozmieszcza się na kierunku działania FER PLOT z tyłu
19	Pułk zakłóceń radiowych	SD	w bok od SD F - 15-30 km	raz na 2-3 doby	w pobliżu pułku rozpoznania radiowego
20	Pułk zakłóceń radiolokacyjnych	SD	od przedniego skraju - 50-70 km	raz na 1-2 doby	

1	2	3	4	5	6
21	Pułk rozpoznania radioelektronicznego	SD	w bok od SD F - 15-30 km	raz na 2-3 doby	w pobliżu pułku zakłóceń radiowych
22	Pułk rozpoznania systemów radiolokacyjnych	SD	od przedniego skraju - 80-100 km	raz na 1-2 doby	na kierunku za SD pułku zakłóceń radiolokacyjnych
23	Brygada łączności	SD	od SD frontu - 10-15 km	jak SD frontu	
24	Brygada radioliniowo-kablowa	SD	od SD frontu - 10-15 km	jak SD frontu	
25	Pułk łączności TSD	SD	od TSD frontu - 5-10 km	jak TSD frontu	
26	Batalion radioliniowo-kablowy	SD	od SD BROT - 2-5 km	jak SD BROT	
27	Brygada materiałowego zabezpieczenia	SD	od przedniego skraju - 80-100 km	raz na 2-3 doby	na kierunku armii I rzutu
28	Tylna baza frontu	SD	od przedniego skraju - 250-300 km	po operacji	
29	Oddział tylnej bazy frontu	SD	od TBF w kierunku frontu - 150-250 km	według potrzeb średnio raz na 2-3 doby	

1	2	3	4	5	6
30	Baza szpitalna frontu	SD	I-rzutowe od przedniego skraju - 50-70 km II-rzutowe od przedniego skraju - 100-150 km	1-3 razy na operację /do pierwszego rozwinięcia/	
31	Brygada wojsk kolejowych	SD	w rejonie węzłów kolejowych	1 raz na 2-3 doby	
32	Brygada drogowo-eksplatacyjna	SD	w pobliżu TSD frontu	1 raz na 3-4 doby	
33	Brygada transportowa	SD	w pobliżu TBF	1 raz w końcu operacji	
34	Brygada mostowa	SD	w rejonie budowy mostów	do kolejnych rejonów budowy mostów	
35	Baza remontowa	SD	od przedniego skraju - 100-150 km	raz na 3-4 doby	na kierunku armii I rzutu
36	Agencyjny wywiad operacyjny	SD ZSD	od SD /ZSD/ frontu - 10-15 km	jak SD frontu	
37	Grupy radiowych stacji nadawczych		od stanowisk dowodzenia frontu - 6-20 km	jak stanowiska dowodzenia	

Wyszczególnione w tabeli 4 poz. 37 grupy radiowych środków nadawczych rozmieszczone są poza rejonami stanowisk dowodzenia, z takim wyliczeniem, aby niemożliwe było zniszczenie dwóch grup radiostacji jednym uderzeniem jądrowym średniej mocy, tzn. w odległościach 4-6 km.

Ogólnie na węzle łączności SD /ZSD/ frontu mogą być organizowane:

1/ 2-3 grupy środków nadawczych przeznaczonych do zapewnienia łączności w podsystemach dowodzenia i współdziałania wojsk raketowych i artylerii, wojsk chemicznych i SOAS oraz w relacjach dowodzenia szefa wojsk inżynieryjnych, szefa wojsk łączności i szefa oddziału WRE sztabu frontu;

2/ 1 grupa środków nadawczych do zapewnienia łączności w podsystemie organów rozpoznawczych frontu.

W sumie na węzle łączności SD /ZSD/ frontu może być rozwiniętych 3-4 grupy środków nadawczych.

Na węzle łączności TSD frontu mogą być rozwinięte natomiast 2-3 grupy środków nadawczych do zapewnienia łączności tego stanowiska z kwatermistrzowskimi i technicznymi jednostkami tyłowymi. Do zdalnego sterowania pracą grup tych radiostacji wykorzystywane są stacje radioliniowe R-405.

Przyjęte w tabeli 4 normy rozmieszczenia i przesuwania stanowisk dowodzenia związków /oddziałów/ są wartościami średnimi i mogą ulegać znacznym wahaniom w zależności od sytuacji strategiczno-operacyjnej i rozmiarów pasa działania frontu. Są to jednak wartości, które odpowiadają wszystkim etapom zaczepnej operacji frontowej począwszy od rejonu wyjściowego poprzez zadanie bliższe i następne. Pewne różnice, tzn. większe odległości stanowisk dowodzenia od rubieży styczności mogą wystąpić

w rejonie wyjściowym frontu. Wynika to z faktu iż rejony rozmieszczenia związków taktycznych I rzutu znajdują się od niej średnio w odległości 20-40 km. Dlatego też w ćwiczeniach dowódczo-sztabowych prowadzonych w wojskach jak i w Akademii Sztabu Generalnego przyjmuje się jako zasadę rozmieszczania stanowisk dowodzenia w rejonie wyjściowym jak najbliższej linii styczności wojsk.

Przyjęcie takiej koncepcji wydaje się słuszne i uzasadnione ponieważ zmniejsza odległości stanowisk dowodzenia związków /oddziałów/ I rzutu od stanowisk dowodzenia frontu w pierwszych 2-3 dniach operacji, zważywszy że SD i ZSD frontu pozostają w danym okresie dalej w dotychczasowych rejonach /załącznik 3/.

Analizując dalej problematykę rozmieszczenia związków /oddziałów/ w pasie działania frontu można wyciągnąć jeszcze - następujące wnioski:

1/ stosunkowo najłatwiej będzie zapewnić łączność radioliniową do armii I rzutu działających na głównym kierunku, przy czym trudności będą się zwiększać w toku operacji, ponieważ odległość w relacji SD frontu - SD armii może sięgać 1./w 3 dniu/ do 250 km, co oznacza potrzebę wykorzystania na tym kierunku dowodzenia minimum sześciu stacji radioliniowych R-404. Podobną ilość stacji trzeba zaangażować w relacji ZSD tej armii ZSD frontu, co daje w sumie minimum 12 stacji R-404. Natomiast w przypadku łączności z armią, działającą na pomocniczym kierunku, może wystąpić potrzeba zaangażowania nawet do 9 stacji radioliniowych /odległości w relacjach SD frontu - SD armii i ZSD frontu - ZSD armii mogą sięgać do 350 km w 3 dniu operacji/. W związku z tym, w toku operacji frontowej,

biorąc pod uwagę ilość stacji R-404, do momentu przemieszczenia się stanowisk dowodzenia frontu, nie ma możliwości zapewnienia łączności między stanowiskami dowodzenia frontu i armii w układzie tzw. koperty /SDF - SDA, SDF - ZSDA, ZSDF - SDA, ZSDF - ZSDA/, a tylko w układzie bezpośrednich połączeń kierunkowych SDF - SDA oraz ZSDF - ZSDA;

2/ w rejonie wyjściowym będą występowały związki /oddziały/, które z zasady przyporządkowuje się, na okres operacji, armiom I rzutu /np.: brygady artylerii, pułki artylerii WM/. Będzie więc występowała potrzeba zapewnienia z nimi łączności radioliniowej do czasu ich podporządkowania. Zwiększa to ilość frontowych relacji radioliniowych w rejonie wyjściowym frontu w porównaniu z ilością tych relacji w toku operacji zaczepnej;

3/ związki /oddziały/ frontowe rozmieszczone są w rejonie wyjściowym, w przeważającej większości, w pobliżu stanowisk dowodzenia frontu, w związku z czym występuje możliwość zapewnienia bezpośredniej łączności radioliniowej z ich stanowisk dowodzenia frontu /odpowiednio SD, ZSD lub TSD/. Natomiast w toku operacji /wydłużenie się relacji łączności/, łączność z nimi, a także z częścią związków /oddziałów/ w rejonie wyjściowym może być zapewniana w bezpośrednich kierunkach radioliniowych do PWL frontu lub nawet bezpośrednio - od wielokanałowych stacji radioliniowych pracujących w osi i kierunkach frontowych;

4/ część związków /oddziałów/ może być rozmieszczona /zarówno w rejonie wyjściowym jak i w toku operacji/ w znacznej odległości od stanowisk dowodzenia frontu. Łączność radioliniowa z nimi może być organizowana za pośrednictwem pomocniczych węzłów łączności frontu /również PWL tyłów frontu/ lub za pomocą bezpośrednich kierunków radioliniowych z ich stanowisk do najbliższych

związków /oddziałów/ frontowych, a nawet armijnych.

Łączność radioliniowa frontu to nie tylko łączność w układzie stanowiska dowodzenia frontu - stanowiska dowodzenia podległych związków /oddziałów/, przełożonego i współdziałających, a również łączność radioliniowa w ramach wewnętrznych struktur niektórych związków /oddziałów/ rodzajów sił zbrojnych oraz rodzajów wojsk i służb podległych frontowi.

Analizując ich ukompletowanie w sprzęt radioliniowy oraz dokumenty organizacji łączności można powiedzieć, że łączność taka organizowana będzie w następujących związkach /oddziałach/ frontu:

- 1/ wojskach lotniczych frontu;
- 2/ brygadzie rakiet operacyjno-taktycznych;
- 3/ brygadzie rakiet przeciwlotniczych;
- 4/ pułku zakłóceń radiowych;
- 5/ pułku zakłóceń radiolokacyjnych;
- 6/ pułku rozpoznania systemów radiolokacyjnych;
- 7/ agenturalnym wywiadzie operacyjnym.

Wojska lotnicze frontu /WLF/ jako lotniczy związek operacyjny wchodzi w skład frontu i w ramach jego operacji prowadzą działania bojowe. W skład WLF wchodzi: jednostki lotnictwa myśliwskiego, myśliwsko-bombowego, myśliwsko-szturmowego, śmigłowców bojowych, rozpoznawczego przeciwdziałania radioelektronicznego, transportowego, sanitarnego i łącznikowego. Są one zorganizowane w związki taktyczne oraz samodzielne oddziały i pododdziały.

Wojska lotnicze frontu, działając w ramach wojsk frontu, wykonują zadania w całym pasie i na pełną głębokość ich natarcia. W związku z tym, łączność radioliniowa dla ich potrzeb, organizowana będzie w całym obszarze działań frontu. Natomiast

zadania w tym zakresie wykonywał będzie pułk łączności WLF, którego ukompletowanie w środki radioliniowe przedstawia poniższa tabela.

Tabela 5

Nazwa pododdziału pułku łączności WLF	T y p ś r o d k a					
	R-404	R-409	AZS	ATf-TI	ATg-SA	środki radioliniowe na rdst
1 batalion dowodzenia	-	-	2	1	1	3 na R-110 i na R-140
2 batalion dowodzenia	-	-	2	1	1	3 na R-110 i na R-140
batalion radioliniowo-kablowy	9	32	-	-	-	-
kompania łączności TSD	-	-	2	-	-	-
razem	9	32	6	2	2	6 /półkomplety/

Przedsięwzięcia związane z wykonywaniem zadań bojowych lotnictwa WLF realizowane są w jednolitym systemie dowodzenia WLF, w składzie którego działają odpowiednio zorganizowane, technicznie wyposażone, ze skompletowanym stanem osobowym stanowiska dowodzenia i kierowania /naprowadzania/ lotnictwem.

Na szczeblu WLF organizuje się następujące stanowiska dowodzenia:

1/ stanowisko dowodzenia WLF /SD WLF/, wchodzące organizacyjnie w skład połączonego stanowiska dowodzenia wojsk lotniczych i OPL frontu /Pł SD WL i OPL F/;

2/ zapasowe stanowisko dowodzenia WLF /ZSD WLF/, wchodzące organizacyjnie w skład zapasowego, połączonego stanowiska dowodzenia wojsk lotniczych i OPL frontu /ZPł SD WL i OPL F/;

3/ tylowe stanowisko dowodzenia WLF /TSD WLF/.

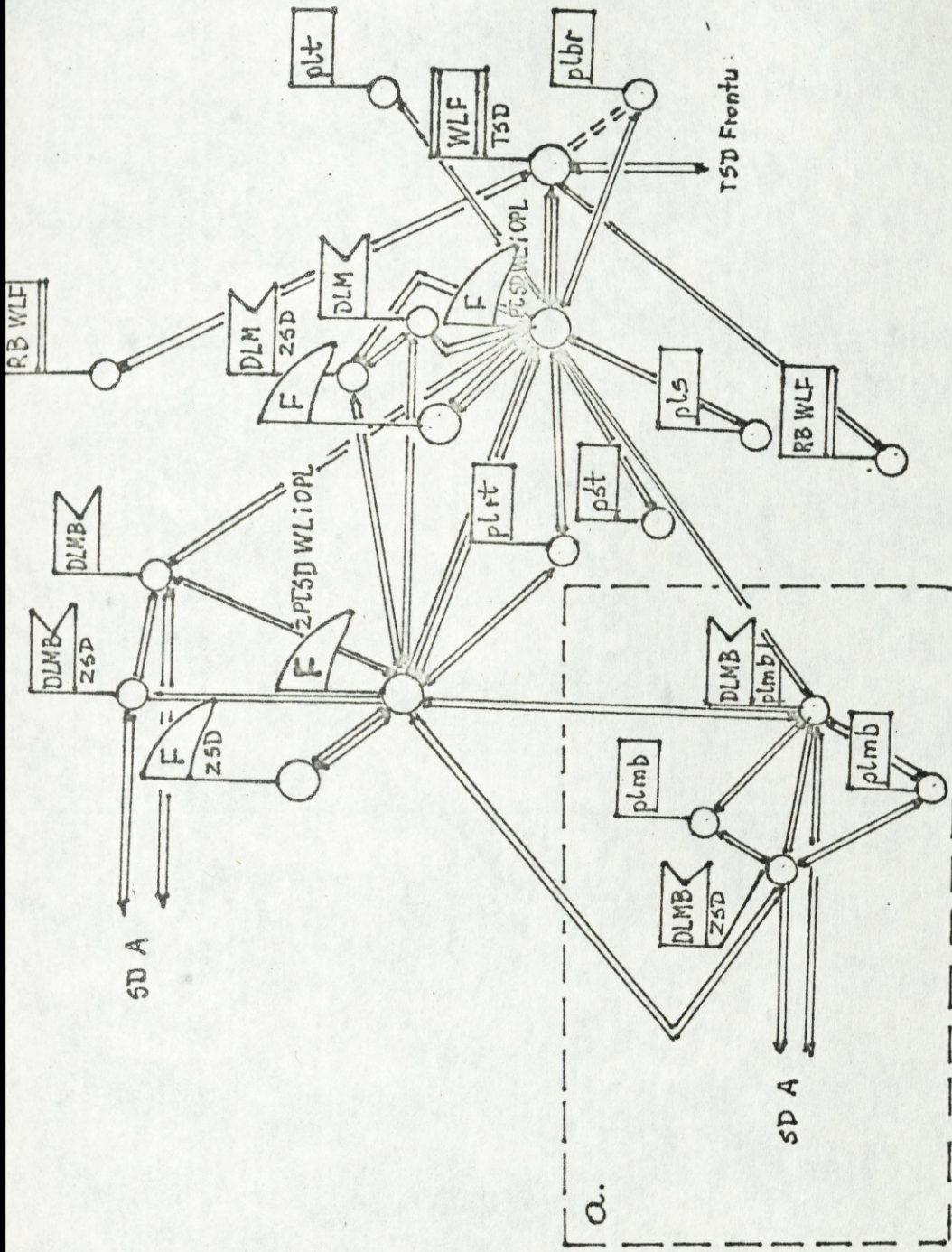
Rozmieszczenie wymienionych stanowisk w pasie działania frontu ujęto w tabeli 4.

System łączności radioliniowej WLF, zabezpiecza organom dowodzenia znajdującym się na Pł SD WL i OPL, ZPł SD WL i OPL oraz TSD WL frontu łączność z przełożonym oraz podległymi związkami i oddziałami. Jest on organizowany w typowym układzie gwiazdzistym, którego centralnymi elementami są powyższe stanowiska dowodzenia.

Sposób połączeń radioliniowych z frontem został opisany wcześniej. Do łączności z jednostkami podległymi organizowane są wyłącznie kierunki radioliniowe z wykorzystaniem jednego typu stacji radioliniowych operacyjno-taktycznych, tzn. R-409 ze stanowiska dowodzenia jak i zapasowego połączonego stanowiska dowodzenia. Natomiast do organizacji łączności radiolinio-wej między stanowiskami dowodzenia WL i OPL /w tym TSD WL/ wykorzystywane są operacyjne stacje radioliniowe R-404 tworzące oś radioliniową WLF /rys. 1/.

Dla potrzeb dywizji lotniczej organizuje się łączność radiolinio-wą - w celu dowodzenia podległymi oddziałami oraz łączność współdziałania - z Pł SD WL i OPL armii znajdującym się w pasie działania dywizji lotniczej. Łączność tę organizuje się w oparciu o stacje operacyjno-taktyczne R-409 /rys. 1a/.

W pododdziałach łączności i ubezpieczenia lotów dywizji lotniczych i pułków lotniczych w ukończeniu znajdują się również aparatownie ATf-TI, ATg-S oraz MWL-1 /tylko w pułku lotniczym/. Znajdujące się w nich radiolinie R-405 tylko w niektórych przypadkach mogą być wykorzystywane w systemie łączności radiolinio-wej w relacjach SD dywizji - SD pułku lub w innym systemie. Wynika z tego wniosek, że w czasie operacji organizator systemu łączności musi przewidywać wykorzystanie



Rys. 1. Organizacja łączności radioliniowej WLF /variant/
a - organizacja łączności w dywizji lotniczej

tych dodatkowych środków radioliniowych.

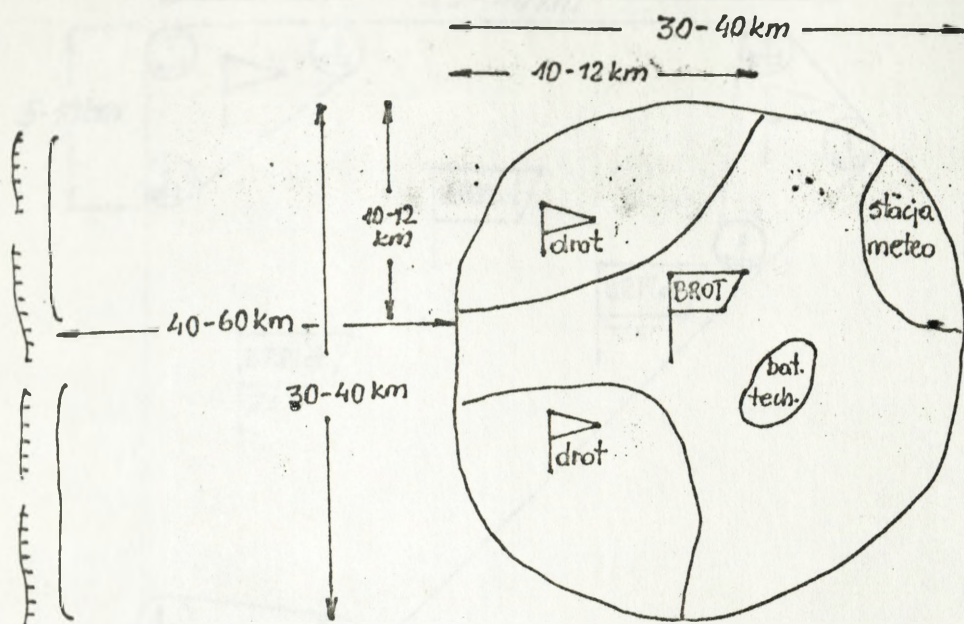
Na Pł SD WL i OPL F i ZPł SD WL i OPL F w celu sterowania nadajnikami radiowymi średniej i dużej mocy może być również organizowane do 5 kierunków radioliniowych /w tym jeden - tylko w zakresie metrowym/.

Ponieważ w ramach Pł SD WL i OPL i ZPł SD WL i OPL frontu funkcjonują organa dowodzenia wojskami OPL, dla ich potrzeb należy przewidzieć organizację bezpośrednich kierunków radioliniowych R-405 /zakres "DCM" lub "M"/ do brygad rakiet przeciwlotniczych i polowych technicznych baz rakiet przeciwlotniczych /jeżeli występują frontowe prplot do tych również pułków/.

Brygada rakiet operacyjno-taktycznych zajmuje rejon o wymiarach: 30-40x30-40 km w odległości 40-60 km od przedniego skraju. Jej ugrupowanie bojowe składa się z ugrupowań bojowych dywizjonów rakiet, baterii technicznej i meteorologicznej oraz stanowisko dowodzenia brygady /rys. 2/. Stanowiska dowodzenia brygady i dywizjonów rozmieszczane są, z reguły, w środku ugrupowania. Przemieszczenie brygady planuje się z reguły dywizjonami: jeden raz na jedną - dwie doby w taki sposób, aby co najmniej jeden dywizjon brygady zawsze był gotowy do wykonania uderzeń.

Wyposażenie brygady w środki radioliniowe /2xATf-TI, 2xATg-SA, 2xR-405Z, 2xRWL-1 /umożliwia zrealizowanie niezbędnej ilości relacji radioliniowych dla potrzeb dowodzenia i kierowania ogniem oraz wydzielenie odvodu sił i środków radioliniowych. Zapewnia ono jednoczesne rozwinięcie dwóch identycznych zestawów środków radioliniowych, w dwóch kolejnych położeniach stanowiska dowodzenia brygady. Tak więc łączność radioliniowa, zgodnie z potrzebami łączności brygady i możliwościami jej zapewnienia, organizowana jest w kierunkach radioliniowych SD BROT - SD drot. Są to ze względu na odległość /nie przekraczającą 25 km/ bezpo-

średnie kierunki radioliniowe.



Rys. 2. Ugrupowanie bojowe brygady rakiet operacyjno-taktycznych

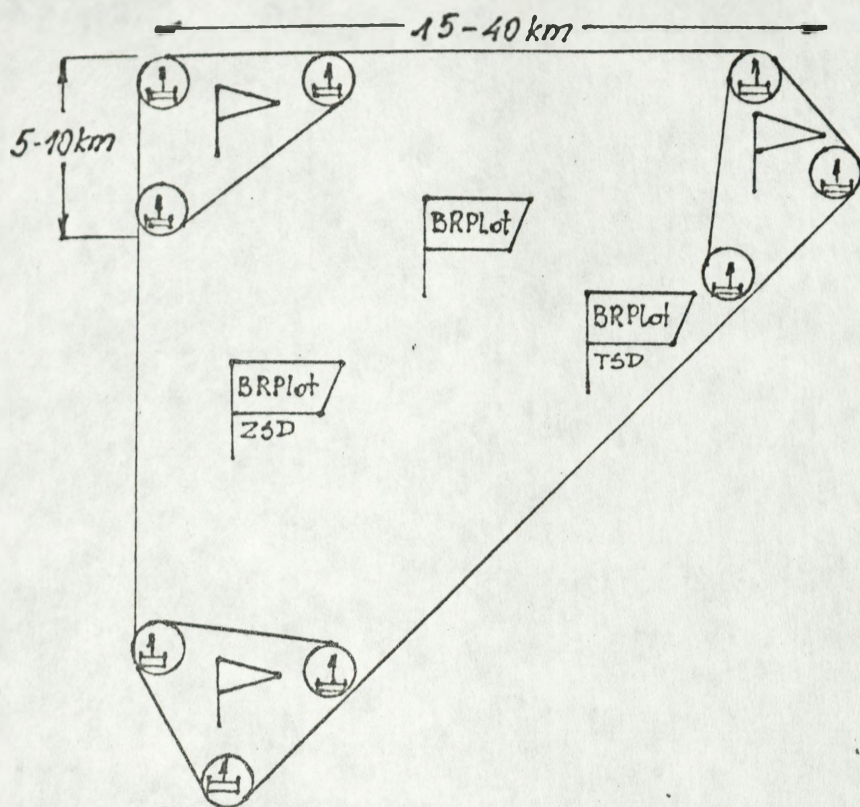
Ze stanowiska dowodzenia brygady jest również organizowany kierunek radioliniowy R-405 do polowej technicznej bazy rakietowej. W tym przypadku jest to również relacja bezpośrednia, ponieważ odległość od SD BROT do szefostwa bazy z reguły nie przekracza 40 km.

Brygada rakiet przeciwlotniczych zajmuje rejon o kształcie zbliżonym do trójkąta, w wierzchołkach którego rozmieszczone są dywizjony rakiet przeciwlotniczych, a w środku - stanowiska dowodzenia brygady. Bok trójkąta może wynosić 15-40 km /rys.3/.

Przemieszczenie brygady planuje się, w zależności od sytuacji operacyjnej, całością sił lub poszczególnymi dywizjonami samodzielnie.

Wyposażenie brygady w środki radioliniowe /RWL-1, 6xRWL-146, 5xR-405/ umożliwia zrealizowanie niezbędnej ilości relacji radioliniowych dla potrzeb dowodzenia dywizjonami oraz utrzyma-

nie niewielkiego odvodu środków radioliniowych. Tak więc łą-

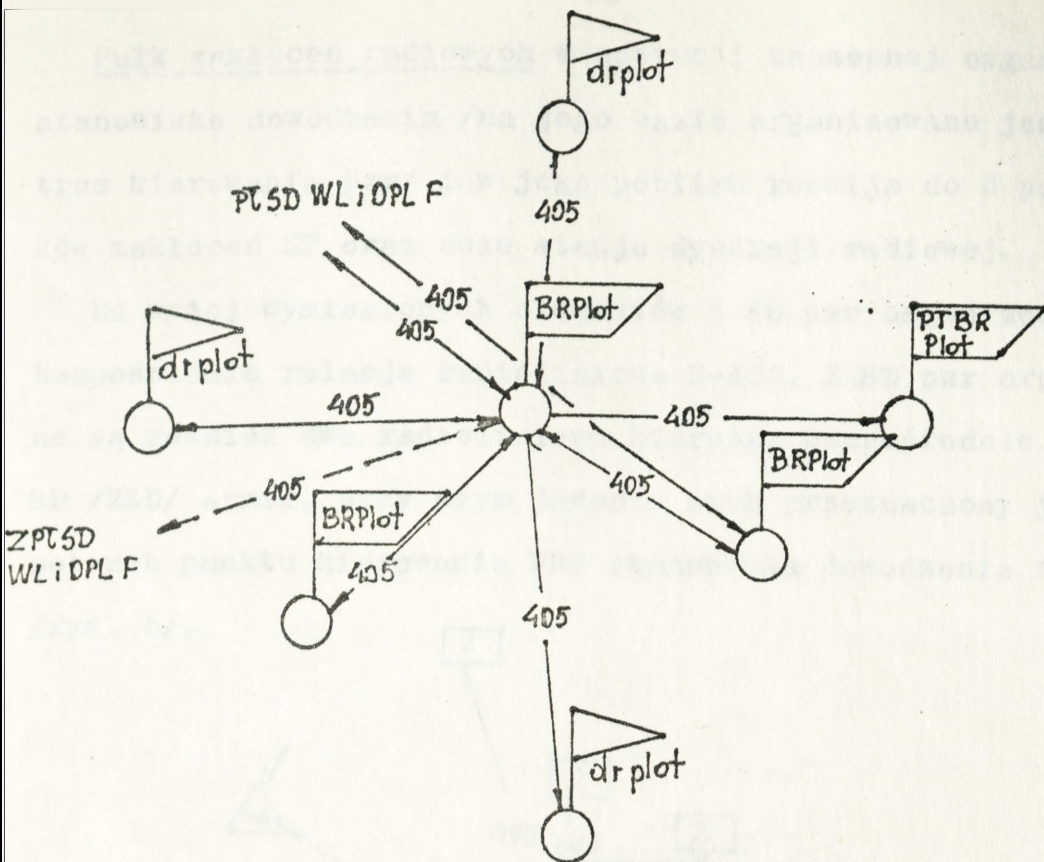


Rys. 3. Ugrupowanie bojowe BRPLOT.

ozność radioliniowa brygady, zgodnie z potrzebami i możliwościami jej zapewnienia, organizowana jest w kierunkach SD BRPLOT do SD drplot, ZSD BRPLOT i TSD BRZLOT. Ze stanowiska dowodzenia brygady organizowany jest również kierunek radioliniowy do polowej technicznej bazy raketowej PLOT. Są to bezpośrednie kierunki radioliniowe, ze względu na odległości nie przekraczające 40 km /rys. 4/.

Wszystkie wymienione wyżej kierunki radioliniowe, za wyjątkiem kierunku do bazy raketowej, organizowane są w podzakresie "DCM" - ze względu na ukompletowanie aparatu RVL-146 w blok decymetrowy.

Oddzielnego potraktowania wymaga organizacja łączności radioliniowej brygady z przełożonym. W świetle obowiązujących



Rys. 4. Organizacja łączności radioliniowej FBRPlot.

ostatnio ustalen^{x/} dla potrzeb dowodzenia brygadą rakiet przeciwlotniczych organizowany jest bezpośredni kierunek radioliniowy R-405 /w perspektywie R-409/ z jej stanowiska dowodzenia do PŁ SD WL i OPL frontu. Jest to podstawowa radioliniowa relacja łączności w tym ogniwie dowodzenia, natomiast w sprzyjających okolicznościach /możliwości sprzętowe/ może być ograniczony kierunek radioliniowy z SD BRPlot do ZPŁ SD WL i OPL frontu.

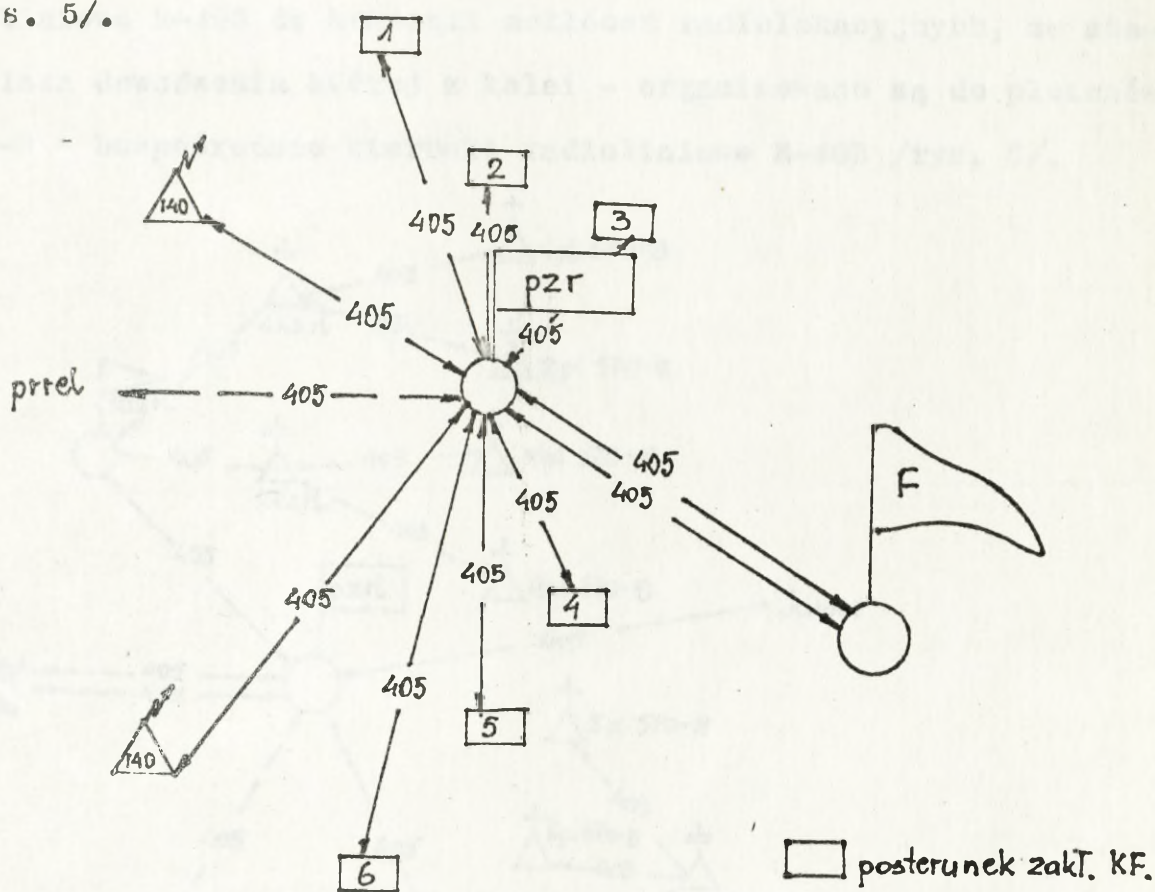
Należy również krótko przedstawić organizację łączności radioliniowej "w górę" polowej technicznej bazy rakietowej. Ogranicza się ona praktycznie do jednego kierunku R-405 do PŁ SD WL i OPLF.

Omówione relacje radioliniowe FBRPlot i FPT BRPlot zaznaczono na rys. 4. Mogą one być organizowane w zakresie "M" lub "DCM" stacji R-405.

x/ "Biuletyn Informacyjny 2/143", Szt. Gen. WP, 1983 r.

Pułk zakłóceń radiowych w operacji zaczepnej organizuje stanowisko dowodzenia /na jego bazie organizowane jest centrum kierowania pZR/ i w jego pobliżu rozwija do 6 posterunków zakłóceń KF oraz dwie stacje dywersji radiowej.

Do wyżej wymienionych elementów z SD pZR organizowane są bezpośrednie relacje radioliniowe R-405. Z SD pZR organizowane są również dwa radioliniowe kierunki bezpośrednie R-405 do SD /ZSD/ armii, przy czym jeden z nich przeznaczony jest dla potrzeb punktu kierowania WRE stanowiska dowodzenia frontu /rys. 5/.

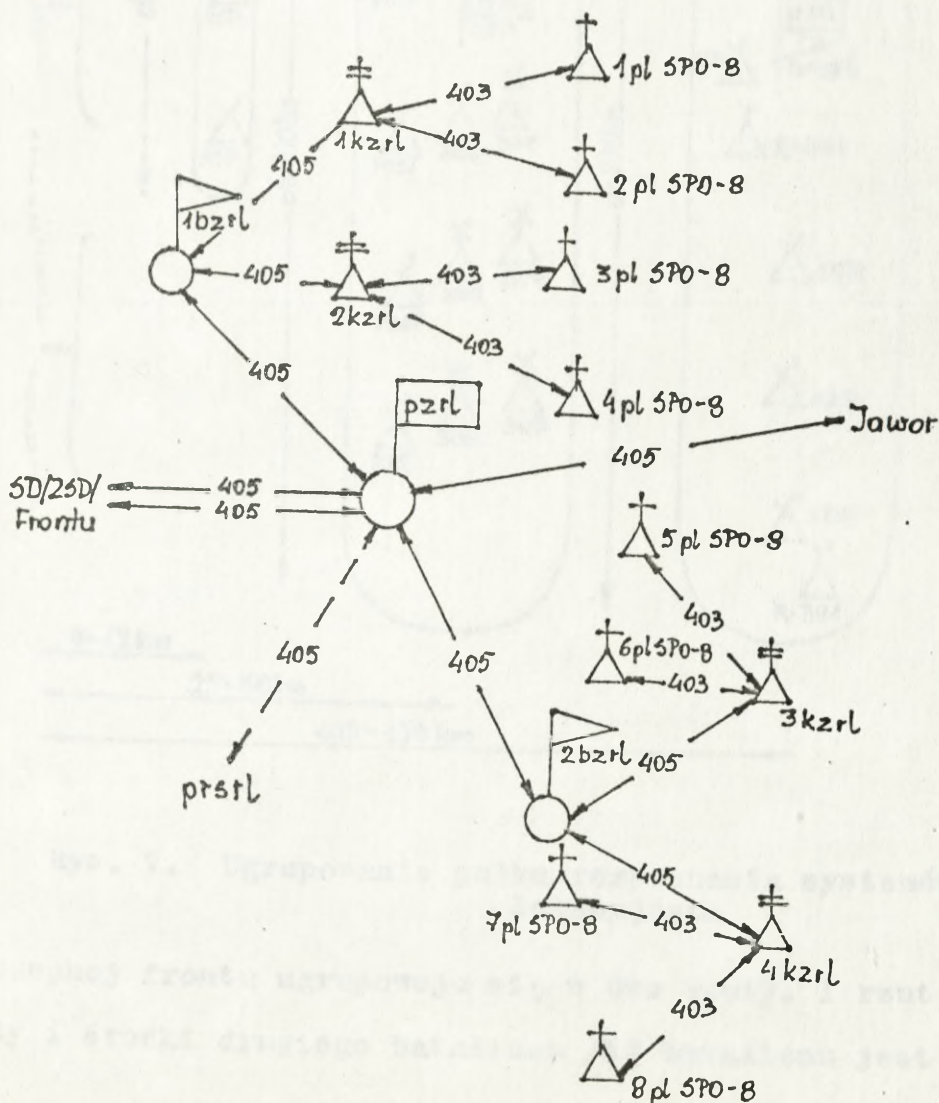


Rys. 5. Organizacja łączności radioliniowej pZR

Dodatkowo ze stanowiska dowodzenia pZR może być organizowany kierunek radioliniowy R-405 do pułku rozpoznania radioelektronicznego.

Powyższe relacje mogą wykorzystywać zakres "M" lub "DCM" stacji R-405.

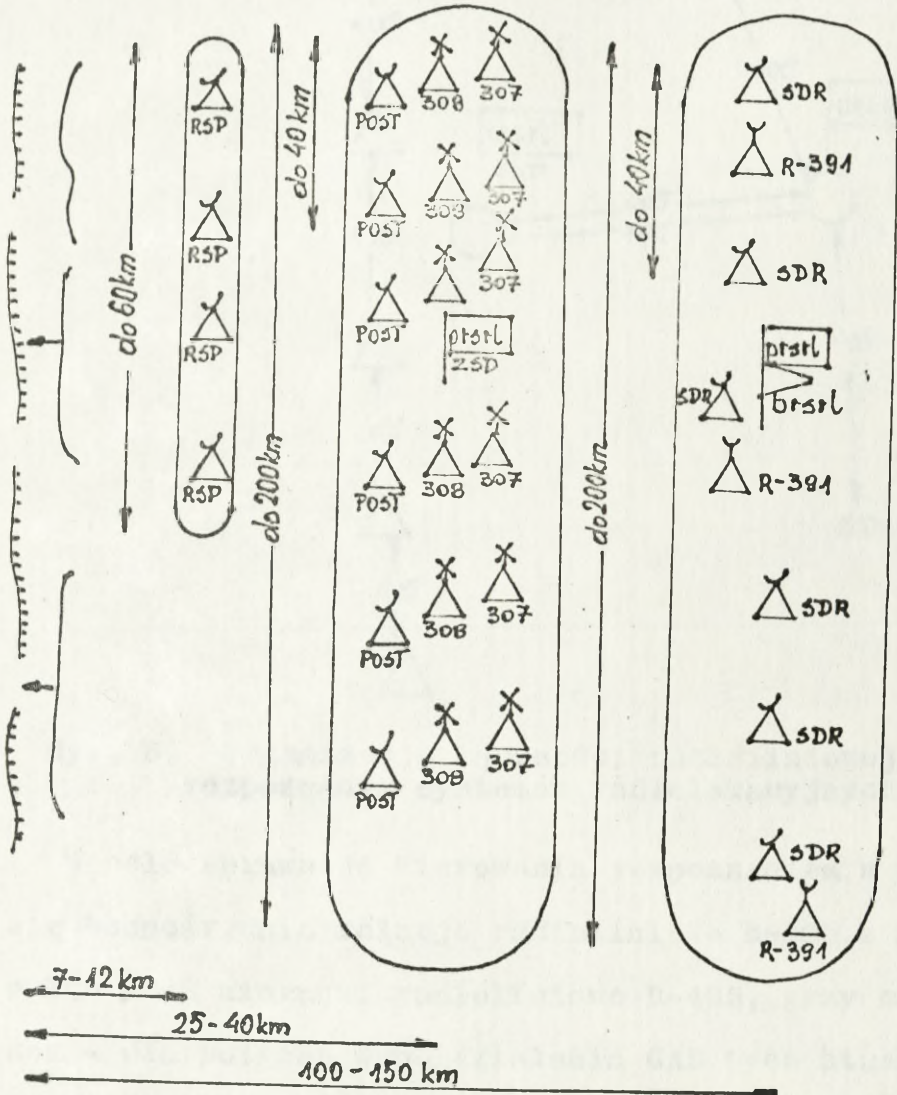
Pułk zakłóceń radiolokacyjnych dla potrzeb kierowania działaniem bojowym rozwija stanowisko dowodzenia, z którego organizuje bezpośrednio kierunki radioliniowe R-405 do stanowisk dowodzenia batalionów zakłóceń radioliniowych oraz stacji radiolokacyjnej JAWOR. Ze stanowiska dowodzenia pułku organizowana jest również łączność radioliniowa w dwóch kierunkach R-405 z SD /ZSD/ frontu, z czego jeden kierunek radioliniowy przeznaczony jest do bezpośredniego wykorzystania przez punkt kierowania WRE frontu. Z SD bżrl organizowane są bezpośrednio kierunki radioliniowe R-405 do kompanii zakłóceń radiolokacyjnych, ze stanowiska dowodzenia której z kolei - organizowane są do plutonów SPO-8 - bezpośrednio kierunki radioliniowe R-403 /rys. 6/.



Rys. 6. Organizacja łączności pułku zakłóceń radiolokacyjnych

Dodatkowo ze stanowiska dowodzenia pułku zakłóceń radiolokacyjnych może być zorganizowany kierunek radioliniowy R-405 do pułku rozpoznania systemów radiolokacyjnych. Wszystkie relacje radioliniowe R-405 mogą wykorzystywać obydwa zakresy częstotliwości /"M" lub "DCM"/, natomiast stacje R-403 - tylko zakres "M".

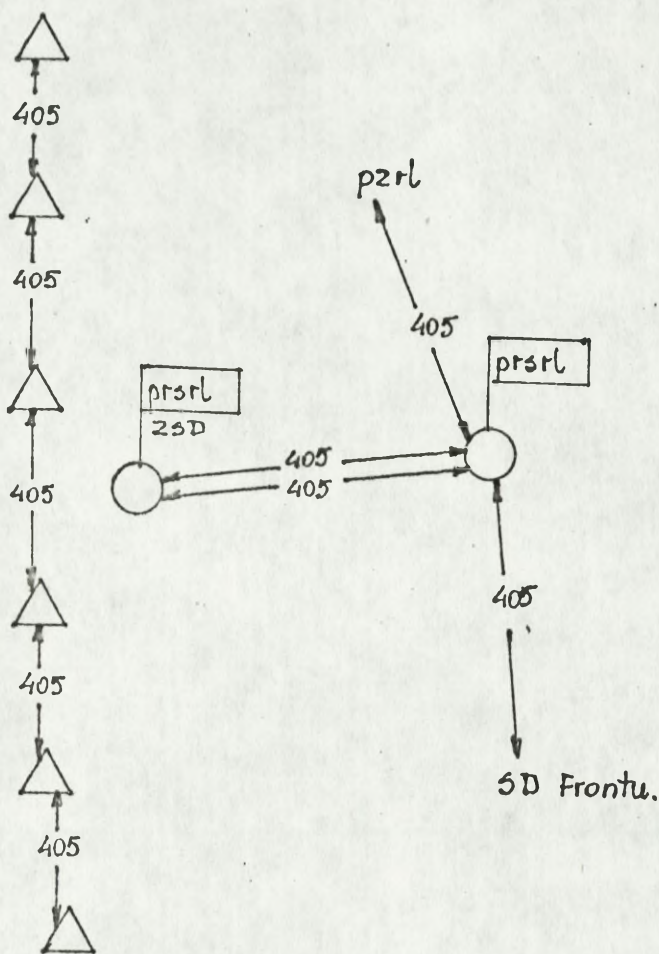
Pułk rozpoznania systemów radiolokacyjnych w operacji za-



Rys. 7. Ugrupowanie pułku rozpoznania systemów radiolokacyjnych

czepnej frontu ugrupowuje się w dwa rzuty. I rzut stanowią siły i środki drugiego batalionu /SD batalionu jest ZSD pułku/,

natomiast II rzut stanowi SD pułku, GAD pułku oraz siły i środki pierwszego batalionu /rys. 7/.

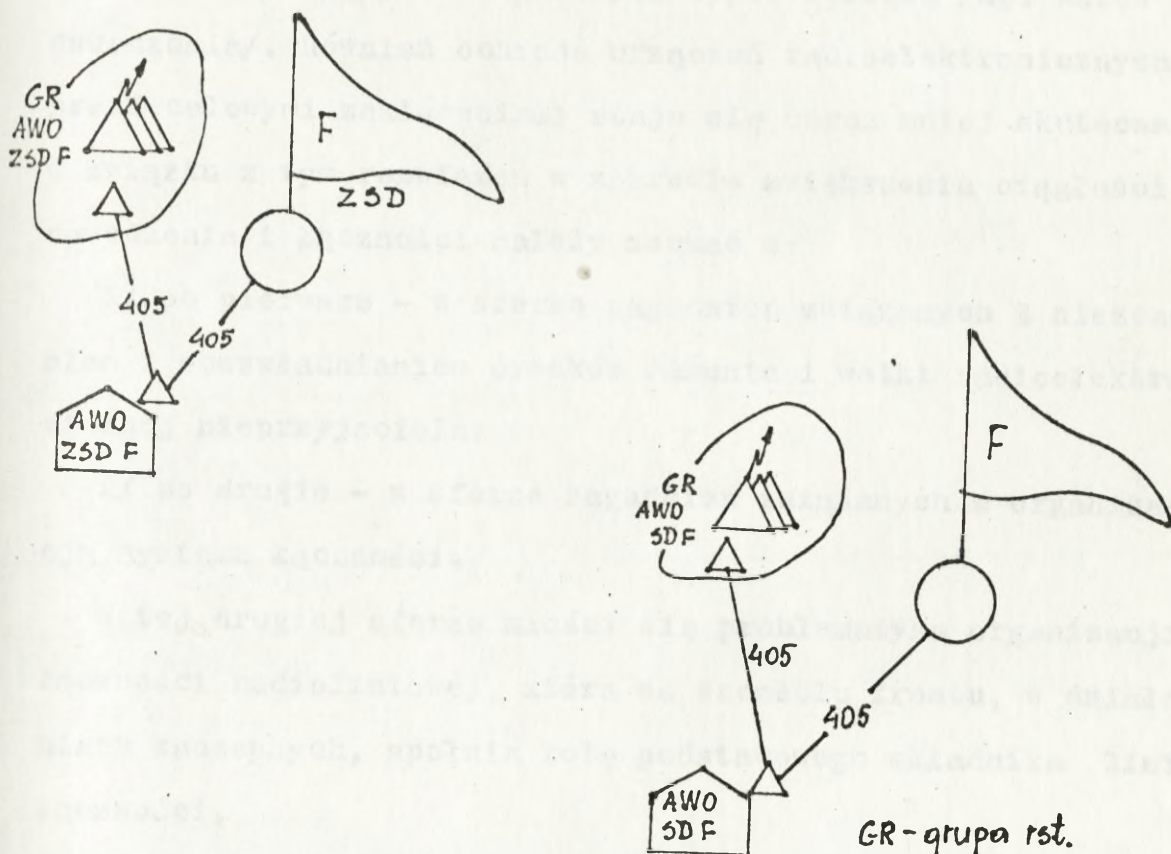


Rys. 8. Organizacja łączności radioliniowej w pułku rozpoznania systemów radiolokacyjnych

W celu sprawnego kierowania rozpoznaniem w prsrł organizuje się bezpośrednie relacje radioliniowe R-405 z SD pułku do ZSD pułku /dwa kierunki radioliniowe R-405, przy czym jeden kierunek - dla potrzeb współdziałania GAD tych stanowisk/ oraz bezpośrednie kierunki radioliniowe R-405 między sąsiednimi postępkami rozpoznania drugiego batalionu. Ze stanowiska dowodzenia pułku organizowany jest bezpośredni kierunek R-405 do SD frontu oraz do pułku zakłóceń radiolokacyjnych /rys. 8/.

Wszystkie opisane relacje mogą wykorzystywać obydwa zakresy częstotliwości radiolinii R-405.

Agenturalny wywiad operacyjny rozmieszcza swoje organy w rejonach w pobliżu stanowiska i zapasowego stanowiska dowodzenia frontu. Z rejonów tych organizowana jest łączność radioliniowa R-405 w bezpośrednich relacjach odpowiednio do SD i ZSD frontu oraz do grup radiostacji wywiadu agenturalnego /rys. 9/.



Rys. 9. Organizacja łączności radioliniowej agenturalnego wywiadu operacyjnego

Wyszczególnione relacje mogą wykorzystywać obydwa zakresy częstotliwości stacji R-405.

W warunkach oddziaływania nieprzyjaciela środkami rażenia oraz walki radioelektronicznej, zapewnienie ciągłości dowodze-

nia i łączności zależy od żywotności stanowisk dowodzenia /w tym węzłów łączności/ oraz od żywotności linii łączności /w tym linii radiowych/ sprzęgających węzły łączności w jednolity system.

Uwzględniając dużą skuteczność środków rażenia, uodpornienie fizyczne węzłów i linii łączności jest mało realne i może dotyczyć jedynie niektórych typów sprzętu /np. wozów dowodzenia/. Również ochrona urządzeń radioelektronicznych przed celowymi zakłóceniami staje się coraz mniej skuteczna. W związku z tym rozwiązań w zakresie zwiększenia ciągłości dowodzenia i łączności należy szukać w:

1/ po pierwsze - w sferze zagadnień związanych z niszczeniem i obezwładnianiem środków rażenia i walki radioelektronicznej nieprzyjaciela;

2/ po drugie - w sferze zagadnień związanych z organizacją systemu łączności.

W tej drugiej sferze mieści się problematyka organizacji łączności radioliniowej, która na szczeblu frontu, w działaniach zaczepnych, spełnia rolę podstawowego składnika linii łączności.

W celu zwiększenia ciągłości łączności w warunkach współczesnej wojny, rozważa się możliwość wdrożenia - na szczeblu frontu - organizacji systemu łączności radioliniowej w układzie osiowo-rokadowym. Obejmowałby on rozbudowę - w pasie działania frontu - trzech osi rozwijanych na odległościach 60-100 km od siebie /w tym oś zasadnicza rozwijana na głównym kierunku/ oraz co najmniej czterech rokad rozwijanych co 50-60 km. Układ osi i rokad łączności tworzy "podstawową sieć łączności" frontu /PSŁ/. Na przecięciu się osi i rokad organizowane by były pomocnicze węzły sieciowe /PWS/, do których "podłączały" by się stanowiska dowodzenia frontu oraz innych związków i

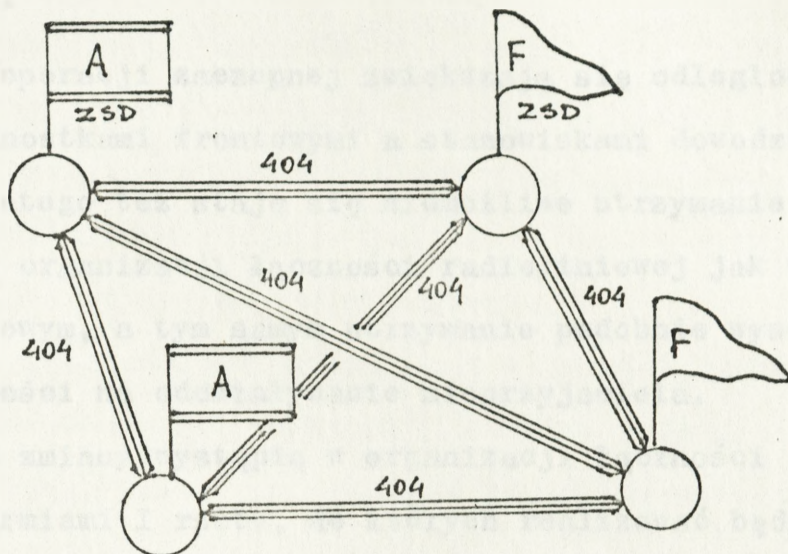
i oddziałów podporządkowanych frontowi lub armiom /przynajmniej do dwóch PWS/. Rozbudowa PSL nie wyklucza przy tym organizacji bezpośrednich kierunków łączności na zasadniczych kierunkach dowodzenia /np. za pomocą radioliniowych stacji horyzontalnych lub troposferycznych/.

Przy obecnym jednak standardzie wyposażenia wojsk w środki radioliniowe, organizacja tak wysoce złożonego układu sieci, nie gwarantuje pożądanej terminowości łączności /wymienione niedomaganie wystąpiło z całą ostrością w czasie ćwiczenia "LATO-78"/, w związku z czym możliwe są tylko rozwiązania kompromisowe między układem przestrzennym /PSL/, a układem bezpośrednich połączeń /gwiazdzystym/ radioliniowych. Osiąga się to przez organizowanie kilku dróg teletransmisyjnych, przestrzenie rozniesionych /np. linie łączności radioliniowej w kierunkach bezpośrednich i oś radioliniowa/, zwłaszcza w podstawowych relacjach dowodzenia, przede wszystkim ze związkami /oddziałami/ wykonującymi główne zadania oraz w zależności od możliwości /ilości stacji radioliniowych/ - organizację kierunków bezpośrednich w układzie tzw. koperty /rys. 10/.

Organizacja połączeń radioliniowych w układzie "koperta" zapewnia wysoką niezawodność dowodzenia i łączności, ponieważ z każdego węzła łączności umożliwia jedno połączenie bezpośrednie i dwa połączenia pośrednie do dowolnego węzła koperty.

Od strony organizacji jest to jednak system połączeń teletransmisyjnych bardzo czasochłonny i wymagający co najmniej ośmiu stacji radioliniowych /w przypadku jeśli nie występuje konieczność stosowania stacji pośrednich - retransmisyjnych/. Z wymienionych powodów jest on wykorzystywany na szczeblu frontu jedynie w rejonie wyjściowym /na rubieży wejścia/ i

tylko ze związkami operacyjnymi pierwszego rzutu, działającymi na głównym kierunku operacji zaczepnej frontu.



Rys. 10. Organizacja łączności radioliniowej w układzie "koperta"

Armie pierwszego rzutu działające na pomocniczym kierunku będą miały zorganizowaną łączność radioliniową w układzie SDF - SDA, ZSDF - ZSDA.

Dla armii drugiego rzutu przewiduje się organizację łączności radioliniowej z frontem za pomocą jednego kierunku ze stanowiska dowodzenia do jednego ze stanowisk dowodzenia frontu /w szczególnych sytuacjach do PWL frontu/. Pozostałe związki /oddziały/ w rejonie wyjściowym podłączają się, za pomocą kierunków radioliniowych w zależności od swojego położenia do jednego z węzłów łączności stanowisk dowodzenia - pomocniczego węzła łączności frontu lub osi /kierunku/ radioliniowe-

go frontu. Oznacza to, że w tym przypadku nie zapewni się nimi odpowiedniej ciągłości dowodzenia i łączności /problemem ten częściowo rozwiązuje organizacja łączności środkami radiowymi/.

W toku operacji zaczepnej zwiększają się odległości między jednostkami frontowymi a stanowiskami dowodzenia frontu. Dlatego też staje się niemożliwe utrzymanie podobnych zasad organizacji łączności radioliniowej jak w rejonie wyjściowym, a tym samym utrzymanie podobnie wysokiej jej odporności na oddziaływanie nieprzyjaciela.

Istotne zmiany wystąpią w organizacji łączności radioliniowej z armiami I rzutu, do których realizować będzie można jedynie kierunki radioliniowe w układzie SDF - SDA i ZSDF - ZSDA. W przypadku pozostałych związków oddziałów organizacja łączności nie ulegnie zasadniczym zmianom, z tym że do chwili przemieszczenia się stanowiska dowodzenia frontu mogą być one podłączone za pomocą kierunków radioliniowych do PWL frontu wysuniętego do przodu.

W celu zwiększenia ciągłości i żywotności łączności radioliniowej tyłów frontu z tyłami armii, wprowadza się bezpośrednio kierunki radioliniowe w relacji TSD frontu - TSD armii.

Podsumowując, trzeba stwierdzić, że osiągnięcie wymaganych współczynników niezawodności łączności radioliniowej, w warunkach obezwładniającego oddziaływania nieprzyjaciela można realizować poprzez odpowiednią jej organizację, przede wszystkim - poprzez planowanie i organizację kilku

radioliniowych dróg teletransmisyjnych, przestrzennie roz- niesionych, zwłaszcza w podstawowych kierunkach dowodzenia ze związkami i oddziałami wykonującymi główne /zasadnicze/ zadania.

W okresie przejściowym /do PSL/ należałoby zachować aktu- alne sposoby organizacji łączności radioliniowej frontu z od- powiednimi modyfikacjami opisanymi wyżej, tzn. układ "koper- ty" - samodzielne relacje radioliniowe TSDF - TSDA, oraz roz- wijanie odpowiedniej ilości PWL frontu.

Pewne ograniczenia w organizacji łączności radioliniowej wprowadza współcześnie stosowana technika radioliniowa i te- letransmisyjna. Należy tu widzieć przede wszystkim dwa pod- stawowe kryteria, a mianowicie:

- 1/ zasięgu łączności;
- 2/ tłumienności.

Wymienione kryteria są aktualne dla wszystkich szczebli do- wodzenia, dlatego nie będą omawiane w dalszej części rozprawy ujmującej organizację łączności radioliniowej niższych szcze- bli dowodzenia.

Kryterium zasięgu łączności radioliniowej określają dane taktyczno-techniczne środków radioliniowych. Dla średnio po- fałdowanego terenu ujęto je w tabeli 5. Są to dane orientacyj- ne do projektowania systemu łączności radioliniowej, ułatwia- jące mu pracę.

Zasięg łączności dla fal radioliniowych /propagacja prze- strzenna/ zależy przede wszystkim od tłumienia wnoszonego przez różnego rodzaju przeszkody występujące między "korespondującymi" antenami/Vp/. Każdorazowo należy je dokładnie wyliczyć z odpowied-

nomogramów zawartych w instrukcjach, a następnie sprawdzić czy nie przekracza wartości dopuszczalnej $/V_p.dop./$.

Dla każdego odcinka radioliniowego musi być spełniony poniższy warunek:

$$/V_p/ \leq /V_p.dop./.$$

Tabela 5

Typ środka radioliniowego	Zasięg bezpośredni między dwoma stacjami końcowymi /km/	Łączność z wykorzystaniem stacji pośrednich		
		zasięg maksymalny	ilość stacji pośrednich	maksymalna odległość między sąsiednimi stacjami /km/
R-404	50	840	20	35
R-409	A	150	3	43
	B	250	6	43
	C			
R-405Z	45 /70 km ze wzmocnieniem mocy/	120	3	45
R-405PT R-403M	30	-	-	

Kryterium tłumiennościowe wprowadza, dla współczesnych stacji radioliniowych, ograniczenie ilości modemów w łańcuchu teletransmisyjnym do trzech. Oznacza to przykładowo, że w osi radioliniowej mogą wystąpić maksymalnie dwie stacje pracujące w układzie tzw. węzłowym i przechodzące z pasma wielkich częstotliwości na małe.

Podsumowując temat organizacji łączności radioliniowej frontu w operacji zaczepnej można sformułować następujące uogólnienia:

1/ podstawowymi elementami systemu łączności radioliniowej jest oś i wielokanałowe kierunki radioliniowe;

2/ łączność radioliniową z sąsiadami zapewnia się w oddzielnych kierunkach radioliniowych. Najczęściej organizuje się PwL ZSZ na linii rozgraniczenia pasów działania sąsiednich frontów, do których front buduje własnymi siłami kierunek radioliniowy;

3/ w przypadku organizowania pomocniczego stanowiska dowodzenia /PSD/ frontu, buduje się /siłami frontu/ bezpośredni kierunek radioliniowy z SD do PSD;

4/ łączność radioliniową sztabu frontu ze sztabami armii pierwszego rzutu zapewnia się w rejonie wyjściowym na oddzielnych kierunkach budowanych siłami i środkami frontu. Łączność tę organizuje się w następujących relacjach: SDF - SDA; SDF - ZSDA; ZSDF - SDA; ZSDF - ZSDA /tj. "każdy z każdym" lub "koperta"/.

W okresie przemieszczania armijnych stanowisk dowodzenia, a pozostawania na miejscu stanowisk dowodzenia frontu, kierunki radioliniowe rozwijane są: jeden po linii przesunięcia stanowiska dowodzenia /SD/; drugi - po linii przesunięcia zapasowego stanowiska dowodzenia /ZSD/ armii. Po przesunięciu zaś obu punktów dowodzenia frontu w nowe rejony - rozwija się kierunki radioliniowe do stanowisk dowodzenia - w sposób jak w rejonie wyjściowym;

5/ po linii przesunięcia SD, ZSD i TSD frontu rozwijana jest oś radioliniowa frontu, w celu utrzymania nie tylko łączności między stanowiskami dowodzenia lecz i z wysuwającymi się do przodu związkami i oddziałami frontowego podporządkowania. Oś radioliniowa frontu przebiega z reguły przez rejony rozwinięcia stanowisk dowodzenia frontu, przy czym, niezależnie od tego, TSD frontu dowiązuje się własnymi siłami i środkami do SD i ZSD frontu;

6/ armie II rzutu i operacyjna grupa manewrowa frontu, po wejściu w rejon wyjściowy, podłącza się własnymi siłami i środkami do SD/ZSD/ frontu lub osi frontowej. Na rubieży wprowadzenia ich do bitwy łączność radioliniowa z nimi utrzymywana jest według zasad omówionych dla armii pierwszorzutowych;

7/ łączność dowództwa /sztabu/ frontu z dowódcami /sztabami/ wojsk lotniczych /rozmieszczonymi na Pł SD/ zapewnia się w oddzielnych kierunkach radioliniowych, budowanych siłami i środkami pułku łączności WLF. Łączność tę organizuje się w relacjach: SD frontu - SD WLF, ZSD frontu - ZSD WLF;

8/ w rejonie wyjściowym dowództwu wojsk raketowych i artylerii frontu /z SD i ZSD/ zapewnia się łączność z BROT w bezpośrednich kierunkach radioliniowych, budowanych siłami i środkami batalionu radioliniowo-kablowego. W toku operacji łączność z BROT utrzymuje się za pomocą łączy wydzielonych z frontowej osi łączności, wydłużanych do kolejnych rejonów stanowisk startowych BROT - siłami i środkami batalionu radioliniowo-kablowego /lub w bezpośrednich kierunkach/. Biorąc pod uwagę przy tym dwurzutowy sposób przemieszczania się brygady, należy planować łączność radioliniową jednocześnie do dwóch kolejnych położení jej stanowisk dowodzenia;

9/ łączność radioliniową z frontowymi związkami taktycznymi /oddziałami/ zapewnia się w oddzielnych kierunkach radioliniowych. W zależności od miejsca tych związków /oddziałów/ w ugrupowaniu operacyjnym frontu, organizowane są one bezpośrednio z SD /ZSD/ lub PWL frontu, a nawet bezpośrednio - od wielokanałowych stacji radioliniowych, pracujących w osi lub w kierunkach frontowych;

10/ dla potrzeb tyłów frontu organizuje się autonomiczny podsystem łączności radioliniowej, według następujących zasad:

a/ łączność TSD frontu do SD i ZSD frontu - za pomocą stacji radioliniowych pułku łączności TSD, natomiast w toku przesuwania się tych stanowisk - jego łączność z nimi utrzymuje się w ogólnym systemie łączności frontu,

b/ łączność TSD frontu z TSD podległych armii utrzymuje się za pomocą stacji R-409 /z pułku łączności TSD/ w oddzielnych kierunkach radioliniowych, wydłużając je po linii przesunięć TSD armii,

c/ łączność radioliniową z TSD frontu do podległych tyłowych związków /oddziałów/ i baz organizuje się w bezpośrednich kierunkach lub poprzez pomocnicze węzły łączności tyłów, bądź sztabu frontu. W określonych sytuacjach rolę węzłów pośredniczących mogą spełniać węzły łączności stanowisk dowodzenia związków /oddziałów/ frontu. We wszystkich jednak sytuacjach do pierwszorzutowych brygad materiałowego zabezpieczenia łączność radioliniową - jako zasadniczą - utrzymuje się w bezpośrednich kierunkach,

d/ w przypadku posiadania odpowiedniej ilości stacji radioliniowych, może być organizowana łączność radioliniowa z jednostkami tyłowymi nie ukompletowanymi w etatowe środki radioliniowe /szczególnie w rejonie wyjściowym/, np.: z brygadą wojsk kolejowych.

Dotychczasowe ustalenia z zakresu organizacji łączności radioliniowej frontu są werbalnym modelem sieci radioliniowej frontu. Są one niewystarczające do określenia problematyki częstotliwościowej, natomiast niezbędne - do wykreślenia modelu graficznego, który pozwoli sprecyzować potrzeby częstotliwościowe ilościowo i jakościowo.

Analiza prowadzonych ćwiczeń prowadzi do wniosku, że nie można przyjąć jednego uśrednionego wariantu modelu graficznego. Prowadzone są bowiem ćwiczenia, w których przyjmuje się skład frontu narodowy i koalicyjny. Dlatego do rozważań przyjęto dwa warianty, a mianowicie: jeden dla składu frontu narodowego /3 armie/ oraz wariant składu frontu koalicyjnego /4 armie/. Modele graficzne organizacji sieci radioliniowej /organizację łączności radioliniowej/ frontu dla tych wariantów przedstawiono odpowiednio w załącznikach 5 i 6. Podczas ich opracowywania uwzględniono wszystkie dotychczasowe ustalenia oraz przyjęto następujące założenia:

1/ dowodzenie ze stanowisk dowodzenia frontu w rejonie wyjściowym będzie realizowane do trzeciego dnia operacji włącznie. Oznacza to, że powinny być one rozmieszczone jak najbliżej przedniego skraju;

2/ system łączności radioliniowej frontu należy dokładnie planować do zadania bliższego armii. Uwzględni to maksymalnie potrzeby częstotliwościowe systemu i będzie zgodne z poprzednim ustaleniem dotyczącym niezmienności położenia stanowisk frontu w okresie 3 dni operacji. Po zmianie stanowisk dowodzenia frontu w zasadzie całkowitej rekonstrukcji ulega struktura połączeń sieci radioliniowej;

3/ szerokości pasa frontu:

a/ dla frontu w składzie 3 armii - do 160 km /dwie armie w pierwszym rzucie/,

b/ dla frontu w składzie 4 armii - do 240 km /trzy armie w pierwszym rzucie/;

4/ rozmieszczenie stanowisk dowodzenia frontu:

a/ dla frontu w składzie 3 armii - centralnie w pasie operacji,

b/ dla frontu w składzie 4 armii - na kierunku głównego uderzenia /tzn. na prawym skrzydle/.

Na podstawie opracowanych modeli przeprowadzono analizę ilościowo-jakościową systemu łączności radioliniowej frontu, której wyniki ujęto w tabelach 6 i 7. Tabela 6 obejmuje wariant składu frontu 3-armijny, natomiast tabela 7 - wariant 4-armijny.

Tabela 6

Okres / etap / operacji	Rejon wyjściowy	Rubież wejścia do bitwy			1 dzień operacji			2 dzień operacji			3 dzień operacji			Uwagi
		rozwi- nie- razem	zwi- nie- razem	zwi- nie- razem	rozwi- nie- razem	zwi- nie- razem	rozwi- nie- razem	rozwi- nie- razem	zwi- nie- razem	rozwi- nie- razem	zwi- nie- razem			
1	2	3	4	5	6	7								
Ilość węzłów łączności / grup środków łączności /	135 - 155 / w tym 2 wL prze- żonego /	16-19 15 w tym do BAA i BAH 136-158	47 47	25-29 22-26	48-50 45-47									
R-404	24 / w tym 9 przeło- żonego /	6 1	6 3	5 5	5 5									
R-409	22	3 25	1 26	12 38	4 42									
R-405/3/	-	- -	- -	- -	- -									
razem	46 9 / w tym przeło- żonego /	9 54	7 58	17 75	9 84									

W punktach przy stacjach
osłowych rozwinięte stacje
R-409 i R-405

1	2	3	4	5	6	7
Ilość grup nadajników /samodzielnych rst, innych stacji/ dla których potrzeb wykorzystywane są stacje radioliniowe	25 w tym 6 wykonywanych z wyłączeniem kres "M" R-405	Jak w RW	Jak w RW	Jak w RW	Jak w RW	
RAZEM ILOŚĆ OBIEKTÓW TERENOWYCH, W KTÓRYCH ROZMIESZCZONO STACJE RADIOLINIOWE	206-226	215-237	219-241	239-261	251-273	
R-404	49 /w tym 9 przełożonego	11 3	8 -	8 -	7 -	
R-409	60-65 /w tym 2 przełożonego/	9 3	7 3	29 11	12 5	
R-405 /R-403	138-152 /w tym 15 w zakresie "M" 6 - w zakresie "DCM"	11-13 12	48 48	12-16 11-13	44-46 44-46	
razem	247-266	260-281	272-293	299-322	313-336	
		57	65	73	80	
		66-71	70-75	88-93	95-100	
		137-153	137-153	138-156	138-156	

1	2	3	4	5	6	7
Ilość stacji radiolinio- wych, aparatuwni i urządzeń z radioli- niami	R-404 58 /w tym 13 przełożonego/	11 4 - - - - 65	10 2 - - - - 73	8 - - - - - 81	7 - - - - - 88	
	R-409 75-82 /w tym 3 przełożo- nego/	9 2 - - - - 82-89	9 5 - - - - 96-93	33 19 - - - - 100-107	14 3 - - - - 111-118	
	R-405 /403/ razem	192-211 /w tym 1 przełożone- go/ 325-351	6-8 5 - - - - 193-214	14 12 - - - - 195-216	5-7 1 - - - - 199-212	13 12 - - - - 200-213

Tabela 7

Okres / etap / operacji	Rejon wyjściowy	Rubież wejścia do bitwy	1 dzień operacji			2 dzień operacji			3 dzień operacji			Uwagi
			rozwi- nie	zwi- nie	razem	rozwi- nie	zwi- nie	razem	rozwi- nie	zwi- nie	razem	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Wyszczególnienie												
Ilość węzłów łączności / grup środków łączności /	138-161 / w tym 2 WŁ przełożonego /	13-15 13 w tym BAA BAH pa WM 138-163	49 52-54	25-29 21-25	49 52-54	141-171						
Ilość punktów retransmisyjnych	31 / w tym 9 przełożonego /	10 41	8 49	7 56	10 66							
R-404	22	3 25	6 31	20 50	4 48							
R-405	-	-	-	-	-							
Razem	53 / w tym 9 przełożonego /	13 66	14 80	27 106	14 114							

W punktach przy stacjach osłowych rozwinęto sta-
cje R-409 i R-405

1	2	3	4	5	6	7
Ilość grup nadaj- ników /samodziel- nych rst innych stacji/, dla których pracy wy- korzystywane są stacje radiolinio- we	25 /w tym wy- korzystują- cych wyłącz- nie zakres "M" - R-405	Jak w RW	Jak w RW	Jak w RW	Jak w RW	
RAZEM ILOŚĆ OBIEK- TÓW TERENOWYCH, W KTÓRYCH ROZMIE- SZCZONO STACJE RA- DIOLINIOWE	216-239	229-254	238-265	264-299	280-310	
R-404	69 /w tym 13 relacji prze- łożonego/	14 3 - - - - 80	11 1 - - - - 90	10 - - - - - 100	15 - - - - - 115	
R-409	61-66 /w tym 2 przełożo- nego/	5-7 - - - - - 66-73	10 4 - - - - 72-79	30 10 - - - - 92-99	13 8 - - - - 97-104	
R-405	147-161 /w tym 15 w za- kresie "M" 6 w zakre- sie "DCM"	4-6 7 - - - - 144-162	45-46 45-48 - - - - 141-165	11-15 11-13 - - - - 139-167	45-46 45-48 - - - - 138-165	
razem	277-296	280-315	303-334	331-366	343-378	

1	2	3	4	5	6	7
Ilość stacji radiolinio- wych, aparatu- rowni i urzędzeń z radiolini- niami	R-404 80 /w tym 14 przełożonego/	16 4 - - - - 92	14 1 - - - - 105	13 - - - - - 118	15 - - - - - 133	
	R-409 72-81 /w tym 3 przełożo- nego/	8 - - - - - 80-89	11 5 - - - - 86-95	36 20 - - - - 102-111	11 8 - - - - 105-114	
	R-405 201-222 /w tym 1 prze- łożonego/	2-5 1 - - - - 202-226	13 12 - - - - 203-227	7-8 2 - - - - 208-233	13 12 - - - - 209-234	
Razem	353-383	374-407	394-427	428-462	447-481	

1.2. Organizacja łączności radioliniowej na szczeblu armii

Na szczeblu armii organizuje się stanowiska i punkty dowodzenia podobnie jak na szczeblu frontu, a mianowicie:

- 1/ stanowisko dowodzenia /SD/;
- 2/ zapasowe stanowisko dowodzenia /ZSD/;
- 3/ tyłowe stanowisko dowodzenia /TSD/;
- 4/ pomocnicze stanowisko dowodzenia /PSD/;
- 5/ wysunięty punkt dowodzenia /WPD/;
- 6/ powietrzny punkt dowodzenia /PPD/.

Integralnymi elementami wymienionych stanowisk /punktów^{x/} są węzły łączności, które powiązane odpowiednio liniami łączności między sobą, z węzłami łączności podwładnych, sąsiadów i wojsk wspierających - tworzą określony system łączności armii. W skład tego systemu mogą również wchodzić pomocnicze węzły łączności /PWL/, organizowane w identycznych celach jak na szczeblu frontu. Łączność radioliniowa armii obejmować więc będzie relacje radioliniowe ze stanowisk /punktów/ dowodzenia armii i pomocniczych węzłów łączności do sąsiadów, podwładnych i wojsk wspierających, a także relacje między tymi stanowiskami, organizowane w całym obszarze działania armii, tj. na głębokość 300-400 km i szerokość 60-80 km do 100 km ciągu zadania bliższego i dalszego /tabela 8/.

Biorąc pod uwagę częstotliwość przemieszczania się stanowisk dowodzenia armii i ich rejony rozmieszczenia w toku operacji zaczepnej /tabela 9/ oraz średnie dobowe tempa operacji, system łączności radioliniowej może jednocześnie obejmować obszar o wymiarach 80x100 km w rejonie wyjściowym i 80-150 km - w toku operacji zaczepnej.

x/ Powietrzny punkt dowodzenia /PPD/ organizowany na samolocie lub śmigłowcu posiada jedynie grupę środków łączności

Tabela 8

Rodzaj wskaźnika rozmachu zaczepnej operacji armijnej	Wartość wskaźnika rozmachu
Głębokość operacji	300 - 400 km
Szerokość pasa operacji	60 - 800 do 100 km
Tempo natarcia wojsk	40 - 50 km/dobę
Czas trwania	5 - 7 dób

Tabela 9

Stanowisko dowodzenia armii	Odległość od przedniego skraju	Częstotliwość przemieszczania się
SD	30 - 50 km	raz w ciągu doby na przemian
ZSD	15 - 20 km	
TSD	15-25 km od SD	raz na 1-2 doby
PSD	15 - 20 km	-
WPD	4 - 6 km	możliwość rozwijania do 2 razy na dobę

W obszarze tym, analogicznie jak w przypadku frontu, funkcjonujące węzły łączności stałych stanowisk dowodzenia armii /SD, ZSD, TSD/ i doraźnych /WPD, PSD/, a także pomocnicze węzły łączności armii muszą zapewnić łączność radioliniową z podległymi, współdziałającymi i wspierającymi związkami, oddziałami i pododdziałami.

Funkcja jaką spełniają poszczególne stanowiska dowodzenia i punkty dowodzenia armii jest w zasadzie analogiczna jak stanowisk dowodzenia /punktów dowodzenia/ frontu i dlatego ponownie można nie rozpatrywać tego zagadnienia. Różne jest natomiast ich rozmieszczenie i przemieszczanie w toku operacji, a także organizacja łączności.

Stanowisko dowodzenia armii rozmieszcza się z reguły centralnie - w stosunku do wojsk pierwszego i drugiego rzutów /odwodów/ - w rejonie działania sił głównych. Dla armii będzie to odległość w położeniu /rejonie/ wyjściowym 50-80 km, w toku operacji zaczepnej - 30-40 km /pod koniec dnia operacji/.

Ze stanowiska dowodzenia armii zapewnia się bezpośrednią łączność ze stanowiskami:

- 1/ SD i ZSD frontu;
- 2/ podległych związków, oddziałów i pododdziałów;
- 3/ sąsiadów i współdziałających wojsk;
- 4/ z pozostałymi stanowiskami /punktami/dowodzenia armii.

System łączności SD jest najbardziej rozbudowany. Umożliwia to innym stanowiskom dowodzenia armii nawiązanie łączności - w wypadku obezwładnienia ich węzłów łączności - z dowolnym związkiem lub obiektem tyłowym armii.

Zapasowe stanowisko dowodzenia armii, podobnie jak ZSD frontu spełnia rolę rezerwowego rejonu pracy dowództwa i sztabu. Posiada ono /należy do tego dążyć/ identyczną łączność jak stanowisko dowodzenia.

Tyłowe stanowisko dowodzenia armii, w celu realizacji swoich zadań, powinno mieć zapewnioną łączność dalekosięzną z:

- 1/ TSD frontu;
- 2/ SD /ZSD/ armii;
- 3/ podległymi organom tyłowym związkami /oddziałami, pododdziałami/;
- 4/ współdziałającymi oddziałami /pododdziałami/ tyłowymi przełożonego i sąsiadów.

Wysunięty punkt dowodzenia armii organizuje się w celu umożliwienia dowódcy dowodzenia określonym ugrupowaniem wojsk

/najczęściej na kierunku głównego uderzenia/ w szczególnie ważnych etapach operacji zaczepnej /wprowadzenie do bitwy, wprowadzenie drugiego rzutu, odparcie przeciwuderzenia itp./, a także w sytuacjach wymuszonych potrzebami dowodzenia /np. występowania intensywnych zakłóceń radioelektronicznych, zniszczenia lub opóźnienia przybycia jednego z węzłów łączności w kolejny rejon/.

Z punktu widzenia łączności radioliniowej istotne są tylko te okresy, w których WPD jest rozwinięty i działa na postoju. Wówczas trzeba zakładać jej organizację z:

- 1/ SD /ZSD/ armii;
- 2/ elementami ugrupowania bojowego, którymi dowodzi się z WPD;
- 3/ niektórymi związkami /oddziałami/ współdziałającymi .

W armii przewiduje się również organizację pomocniczego stanowiska dowodzenia /PSD/. Zakłada się jego okresowe funkcyjne w określonych sytuacjach operacyjnych jak np.: kierowanie zgrupowaniem wojsk działających na oddalonych kierunkach operacyjnych. Rozmieszcza się go w odległości 15-20 km od linii styczności wojsk /przedniego skraju/.

Brak etatowego pododdziału łączności do organizacji łączności z tego doraźnego stanowiska dowodzenia, powoduje konieczność wykorzystywania w tym celu sił i środków łączności, przeznaczonych do organizacji łączności SD /ZSD/ armii. Z tego też powodu PSD armii może być organizowane na bazie SD dywizji odpowiednio wzmocnionego w środki dowodzenia i łączności. Cele organizacji PSD armii określają organizację łączności dalekościowej z jego węzła łączności, tzn.:

- 1/ z SD /ZSD/ armii;

- 2/ ze związkami /oddziałami/ podległego zgrupowania wojsk;
- 3/ ze współdziałającymi związkami /oddziałami/.

Czynnikiem determinującym organizację łączności armii są również zasady przemieszczania stanowisk dowodzenia. Przyjmując średnie tempo operacji 40-50 km na dobę i ilość etatowych sił i środków przeznaczonych do ich rozwijania, możliwości w tym zakresie sprowadzają się do jednokrotnej zmiany w ciągu doby miejsc położenia SD i ZSD /załącznik 4/. Są to jednak tylko możliwości ponieważ sytuacja operacyjno-taktyczna może je ograniczyć do organizacji w ciągu doby tylko jednego nowego stanowiska dowodzenia^{x/}. Natomiast TSD armii przemieszczane jest średnio 1-2 razy na dobę walki. Jest to więc mechanizm przemieszczania stanowisk dowodzenia identyczny jak w przypadku frontu. Różni się jedynie większą częstotliwością zmian położenia i mniejszą odległością między kolejnymi położeniami stanowisk dowodzenia.

Przy występującej strukturze 3 zespołów sił i środków organizujących i eksploatujących SD /ZSD/ armii - według obliczeń towarzyszy radzieckich - można zapewnić jednoczesne funkcjonowanie SD i ZSD armii na całą głębokość operacji. Sytuacja powyższa nie pozostaje bez wpływu na organizację systemu łączności radioliniowej. Planujący powyższy system musi bowiem uwzględniać jednoczesne funkcjonowanie, w określonym przedziale czasowym, trzech w zasadzie identycznych węzłów łączności i to dodatkowo pracujących na niewielkich odległościach rzędu 20-30 km, a mianowicie: węzła łączności SD, węzła łączności

x/ Obowiązujące obecnie poglądy w Szefostwie Wojsk Łączności MON nakazuje traktować ten drugi wariant jako podstawowy i praktycznie możliwy w realizacji na współczesnym polu walki

ZSD i węzła łączności w kolejnym rejonie rozmieszczenia ZSD armii. Są one dużymi centrami grupującymi czynne środki radioliniowe, co może komplikować zagadnienie kompatybilnego przydziału częstotliwości radioliniowych.

TSD armii w nowy rejon przemieszcza się transportem kołowym, po osiągnięciu przez WL /rozwijany w nowym rejonie/ gotowości łączności. W tym celu wykorzystywane są dwa zespoły WL, uzupełnione odpowiednio torowymi środkami łączności dalekosiężnej. Te dwa zespoły WL mogą również funkcjonować w określonym okresie czasu jednocześnie, co nie jest bez znaczenia dla organizatora systemu łączności radioliniowej - podobnie jak w przypadku opisywanym wcześniej - dla SD i ZSD armii.

Podsumowując dotychczasowe ustalenia wpływu organizacji dowodzenia wojskami armii na organizację systemu łączności można stwierdzić, że:

1/ w obszarze działania armii występują trzy podstawowe elementy systemu dowodzenia tzn. stanowisko dowodzenia, zapasowe stanowisko dowodzenia i tyłowe stanowisko dowodzenia armii, w ramach których koncentruje się zasadniczy potencjał dowództwa i sztabu armii.

Węzły łączności tych stanowisk będą więc również zasadniczymi elementami systemu łączności, koncentrującymi zasadniczy potencjał dalekosiężnych dróg teletransmisyjnych - w tym radioliniowych;

2/ przyjęta zasada zamienności funkcji SD i ZSD determinuje identyczną organizację połączeń teletransmisyjnych ich węzłów łączności, a zasada zachowania ciągłości łączności w toku operacji spowoduje znaczne skomplikowanie sytuacji radioelektronicznej związku z istnieniem w pewnym przedziale czasowym i na

niewielkim obszarze trzech jednocześnie funkcjonujących, identycznych ośrodków radioelektronicznych, mianowicie: WL SD, WL ZSD oraz węzła łączności w kolejnym rejonie ZSD armii;

3/ występująca potrzeba doraźnego organizowania WPD i PSD armii powoduje konieczność rezerwowania pewnej ilości daleko-
siężnych środków teletransmisyjnych /w tym radioliniowych/ w celu połączenia ich węzłów łączności z węzłami łączności SD /ZSD/ armii;

4/ w pewnych sytuacjach operacyjnych, przy dużych odległościach między SD /ZSD/ armii, a podległymi związkami /oddziałami/ może powstać potrzeba organizacji pomocniczych węzłów łączności /PWL/ armii;

5/ organa dowodzenia rozmieszczone na SD, ZSD, TSD, a także na WPD i PSD, mimo przestrzennego oddalenia, stanowią jednolity zespół dowodzenia początkowo planujący, a następnie realizujący jeden cel tzn. decyzję dowódcy, co determinuje ich ścisłe współdziałanie w tym zakresie. Oznacza to potrzebę organizacji odpowiednich dróg telekomunikacyjnych między tymi stanowiskami, w tym relacji radioliniowych.

Rozpatrując zagadnienie z jakimi elementami ugrupowania operacyjnego armii organizuje się łączność radioliniową wczesniej należy określić skład organizacyjny armii. Materiały źródłowe /w tym etaty prowadzonych w ASŹ WP ćwiczeń taktycznych/ przyjmują następujący skład armii ogólnowojskowej:

- 1/ 5-6 dywizji /w tym 1-2 DPanc/;
- 2/ jedną brygadę rakiet operacyjno-taktycznych;
- 3/ jedną brygadę artylerii;
- 4/ jeden pułk artylerii przeciwpancernej;
- 5/ jeden pułk artylerii rakietowej;

- 6/ 1-2 pułki rakiet przeciwlotniczych;
- 7/ armijne związki /oddziały, pododdziały rodzajów wojsk, w tym pułki śmigłowców bojowych;
- 8/ armijne jednostki zabezpieczenia technicznego;
- 9/ urządzenia i jednostki tyłowe;
- 10/ przydzielone /podporządkowane/ jednostki oraz wojska specjalne.

Oczywiście z punktu widzenia organizacji systemu łączności radioliniowej istotne są tylko te związki /oddziały, pododdziały/, które są wyposażone etatowo w środki radioliniowe oraz te, do których zabezpiecza się łączność radioliniową - mimo braku powyższych środków w ich etatach.

Analizując etaty należności sprzętowych /także pod względem rodzaju środka radioliniowego/ oraz organizację łączności radioliniowej ćwiczeń prowadzonych w okręgach wojskowych i akademii, można wyliczyć relacje dowodzenia na szczeblu armii, w których organizowana będzie łączność radioliniowa, a także typ radiolinii wykorzystywanej w tym celu /tabela 10/.

Tabela 10

Lp.	Nazwa związku /oddziału/	Rodzaj relacji radioliniowej	Uwagi
1	2	3	4
1	Dywizja /SD/	R-409	
2	Dywizja/WSD/	R-409 lub R-405	
3	ABROT	R-409	
4	ABAA	R-405	
5	apappanc	R-405	
6	par	R-405	
7	aprplot	R-405	
8	APTBR	R-405	
9	APTBR PLot	R-405	
10	ABSap	R-405	

1	2	3	4
11	qppont	R-405	1-2 pułki
12	AB Chem	R-405	
13	pł	R-405	
14	prlk	R-405	
15	bł TSD	R-405	
16	brrel	R-405	
17	bzr	R-405	
18	bzrl	R-405	
19	ABR	R-405	
20	ADMZ	R-405	
21	pśb	R-405	
22	elementy stacjonarnego systemu łączności	R-409 lub R-405	

Środki radioliniowe wykorzystywane są również do pracy w relacjach łączności tzw. mieszanych, w których obok torowego łącza radioliniowego występować będzie beztorowe łącze radiowe. W tym celu wykorzystywane będą stacje radioliniowe R-405 i R-403, w które ukompletowane są same radiostacje /R-140, R-137, R-110/, aparatownie zdalnego sterowania /AZS, ARO-KU-10/ oraz wozy dowódczo-sztabowe.

Podobnie jak w przypadku frontu zasadniczym czynnikiem determinującym sposób organizacji łączności radioliniowej armii z wymienionymi związkami /oddziałami, pododdziałami/ jest strukturalny podział organów dowodzenia armii na odpowiednie zespoły stanowisk dowodzenia. Tak więc dla związków /oddziałów, pododdziałów/podległych kompetencyjnie organom dowodzenia, znajdującym się na SD /ZSD/ armii, obowiązywała będzie zasada bezpośredniej łączności radioliniowej z SD /ZSD/ armii, natomiast związki /oddziały/ podległe kompetencyjnie organom tyłowym - zasada organizacji łączności radioliniowej z TSD armii.

Z węzłami łączności WPD i PSD armii zorganizowane będą miały łączność radioliniową te związki /oddziały/, którymi w określonych okresach operacji zaczepnej, dowodzić się będzie z tych stanowisk /punktów/, przy czym w przypadku organizacji łączności z WPD, dany związek /oddział/ powinien mieć również zorganizowaną łączność radioliniową ze stanowiskiem dowodzenia /zapasowym stanowiskiem dowodzenia/ armii.

Przyjęcie powyższego wymogu, zapewnia utrzymanie ciągłości dowodzenia po zwinięciu się WPD.

O sposobach bezpośrednich powiązań radioliniowych, wymienionych w tabeli 10 związków /oddziałów/ ze stanowiskami dowodzenia /SD, ZSD/ decyduje nie tylko wyszczególniona wyżej podległość funkcjonalna. Obok niej decydujące są dwa istotne czynniki, a mianowicie: znaczenie /rola/ związku /oddziału/ w ugrupowaniu operacyjnym oraz jego położenie w pasie działania armii. Tak więc znaczenie /rola/ związku /oddziału/, a tym samym jego ciężar gatunkowy w realizacji zadania postawionego armii, będzie wpływał wprost proporcjonalnie na wzrost wymagań zapewnienia z nim ciągłości dowodzenia i łączności. Z tego punktu widzenia, elementy ugrupowania operacyjnego armii można umownie podzielić na trzy kategorie:

1/ I kategoria - dywizje pierwszego rzutu, brygada rakiet operacyjno-taktycznych;

2/ II kategoria - dywizje drugiego rzutu, związki /oddziały, pododdziały rodzajów wojsk i służb/ zabezpieczające bezpośrednio zgrupowanie uderzeniowe np.: pułk rakiet przeciwlotniczych, brygada saperów, brygada chemiczna, polowe techniczne bazy rakietowe, jednostki WRE i rozpoznawcze;

3/ III kategoria - pozostałe - z wyłączeniem jednostek tyłowych.

Zasada organizacji łączności z tymi elementami ugrupowania jest podobna /analogiczna/ jak w przypadku szczebla frontu - opisywana wcześniej /podrozdział 1.1/. Tak więc łączność radioliniowa ze związkami zaliczanych do I kategorii organizowana będzie zarówno z SD jak i ZSD. Związki /oddziały/ zaliczone do II kategorii - z zasady "podłączać się" będą do SD lub ZSD /w zależności od położenia/, a w dogodnej sytuacji sprzętowo-odległościowej - do obydwu wymienionych stanowisk dowodzenia. W wypadku oddziałów /pododdziałów/ III kategorii należy dążyć do zapewnienia im bezpośredniej łączności radioliniowej z jednym ze stanowisk dowodzenia armii /SD, ZSD, TSD/.

Analizując drugi czynnik, a więc położenie związku /oddziału, pododdziału/ w ugrupowaniu operacyjnym armii trzeba mieć na uwadze dyslokację jego stanowiska dowodzenia w stosunku do stanowisk dowodzenia armii, w trakcie całej operacji.

Syntetycznie położenie stanowisk /punktów/ dowodzenia związków /oddziałów, pododdziałów/ armii na rubieży wejścia do bitwy i pod koniec zadania dnia oraz ich sposób przemieszczania w toku operacji zaczepnej przedstawia tabela 11.

Wyszczególnione w tabeli 11 lp. 22 grupy radiowych środków nadawczych rozmieszczane są poza rejonami stanowisk dowodzenia, z takim wyliczeniem aby niemożliwe było zniszczenie dwóch grup radiostacji jednym uderzeniem jądrowym średniej mocy, a więc w odległości 4-6 km.

Biorąc pod uwagę ukończenie pododdziałów łączności, wykorzystywanych do eksploatacji węzłów łączności SD i ZSD, w urządzenia do zdalnego sterowania /AZS, ARO-KU-10, ARO-K1, radiolinię na radiostacji R-110^x/ - na wyszczególnionych węzłach

x/ Skrypt "Organizacja i wyposażenie pododdziałów łączności rodzajów wojsk armii", ASG, 1985 r.

Tabela 11

Lp.	Nazwa związku /oddziału, pododdziału/	Rodzaj stanowiska /punktu/ dowodzenia	Odległość stanowiska /punktu/ od /km/	Sposób przeszacowania stanowiska /punktu/ dowodzenia	Uwagi
1	2	3	4	5	6
1	Dywizje I rzutu	SD WSD TSD	6-8 km od przed. skraju 1-3 km od przed. skraju 15-20 km od przed. skraju	2-3 razy na dobę 4-6 razy na dobę 1-2 razy na dobę	
2	Dywizje II rzutu	SD TSD	centralnie w rejonie 10-75 km od SD dywizji	raz na 1-2 doby	
3	ABROT	SD	40-60 km od rubieży styczności	raz na 1-2 doby	
4	ABAA /FBAA/	SD	- w rejonie wyjściowym 40-50 km od przednie- go skraju - na rubieży ognia 5-8 km od przed- niego skraju	raz na dobę	- w roku ope- racji bry- gada arty- lerii z frontu
5	apappanc	SD	- na rubieży ogniowej od przedniego skra- ju 4-5 km - w rejonie - 30-40 km od przedniego skraju	raz na dobę	- na kierun- ku dywizji I rzutu
6	par	SD	- 6-8 km od przedniego skraju - w rejonie wyjściowym 40-50 km od przed- niego skraju	3-4 razy na dobę	- może być przydzielany dywizjonami dywizjom

1	2	3	4	5	6
7	aprplot	SD	w rejonie osłanianego obiektu/ugrupowania wojsk/ w centrum ugrupowania	przemieszcza się jak ochroniany obiekt	
8	APTBR	SD	od ABROT - 15-25 km	jak ABROT	
9	APTRPLot	SD	od aprplot - 15-25 km	jak aprplot	
10	ABSap	SD	na wysokości SD armii w odległości do 30 km	jak SD armii	
11	appont	SD	w rejonie przeszkód wodnych	raz na 1-2 doby	
12	ABChem	SD	na wysokości SD armii w odległości do 30 km	jak SD armii	
13	pł	SD	w rejonie SD armii w odległości 5-10 km	jak SD armii	
14	prlk	SD	w rejonie SD armii w odległości 5-10 km	jak SD armii	
15	bł TSD	SD	w rejonie TSD armii w odległości 3-5 km	jak TSD armii	
16	brrel	SD	15-30 km od rubieży styczności	raz na dobę	
17	bzr	SD	od SD armii 5-15 km	raz na dobę	
18	bzrl	SD	20-30 km od przedniego skraju	raz na dobę	

1	2	3	4	5	6
19	ABR	SD	35-45 km od przedniego skraju	raz na 1-2 doby	-
20	AEMZ	SD	45-65 km od przedniego skraju	raz na 1-2 doby	-
21	pśb	SD	10-15 km od SD armii	jak SD armii	-
22	grupy radiowych stacji nadawczych	-	10-20 km od stanowisk dowodzenia	jak dane stanowisko	-

może być zorganizowanych po 6 relacji zdalnego sterowania. W wymienionych relacjach 6 kierunków radioliniowych pracując w zakresie decymetrowym /DCM/, jeden kierunek w zakresie metrowym /M/, natomiast pozostałe cztery kierunki mogą być zorganizowane w dowolnym zakresie stacji radioliniowej R-405Z.

Rozpatrując w podobny sposób zagadnienie zdalnego sterowania z TSD armii, można stwierdzić, że z węzła łączności tego stanowiska może być zorganizowana 1 relacja zdalnego sterowania, w ramach której pracować będą 2 kierunki radioliniowe w zakresie "M" lub "DCM" stacji radioliniowej R-405Z.

Wyszczególnione w tabeli 11 normatywne dane rozmieszczenia i przemieszczania stanowisk /punktów/ dowodzenia związków /oddziałów, pododdziałów/ są wartościami uśrednionymi, natomiast w warunkach bojowych, w zależności od sytuacji operacyjno-taktycznej jak i rozmiarów pasa działania armii, ich faktyczne wielkości mogą znacznie odbiegać od prezentowanych. Szczególnie duże rozbieżności w tym zakresie mogą mieć miejsce w rejonie wyjściowym do operacji i na rubieży wejścia do bitwy. Wynika to z faktu /podobnie jak w opisywanym wcześniej wariantcie frontowym/ iż rejony rozmieszczenia związków taktycznych I rzutu planowane są średnio 20-40 km od rubieży styczności.

Wnioski z ćwiczeń taktycznych prowadzonych w ASG WP dowodzą, że nawet rozmieszczenie stanowisk dowodzenia armii /SD, ZSD/ jak najbliższej linii styczności nie zlikwiduje konieczności co najmniej jednokrotnego przemieszczenia SD i ZSD do przodu, w okresie poprzedzającym wejście armii do bitwy. W związku z taką sytuacją należy dążyć do tego, aby ZSD armii -

w rejonie wyjściowym - było rozmieszczane jak najbliższej linii styczności wojsk. Zasadę tę praktycznie realizuje się w ćwiczeniach akademickich /ASG WP/ rozwijając ZSD armii w nowym rejonie na kilka godzin przed rozpoczęciem operacji. Przyjęcie takiej koncepcji rozmieszczania i przemieszczania SD i ZSD w rejonie wyjściowym i na rubieży wejścia, prowadzi do znacznego wydłużenia relacji łączności między stanowiskami dowodzenia armii a stanowiskami dowodzenia podległych związków /oddziałów, pododdziałów/, co może z kolei spowodować konieczność organizacji pomocniczych węzłów łączności /PWL/ armii lub podłączania podległych węzłów łączności do najbliższej położonego armijnego związku /oddziału/.

Dalsza analiza problematyki związanej z rozmieszczaniem związków /oddziałów, pododdziałów/ w pasie działania armii umożliwi wyciągnięcie następujących dalszych wniosków:

1/ stosunkowo najłatwiej będzie można zapewnić łączność radioliniową do związków taktycznych I rzutu działających na głównym kierunku. W rejonie wyjściowym relacje radioliniowe pomiędzy SD /ZSD/ a SD tych związków będą się składać z jednego odcinka radioliniowego /oczywiście tylko w przypadku sprzyjających konfiguracji terenowych/, natomiast w toku operacji relacje te przekształcą się w dwuodcinkowe /dwa odcinki przelotowe/, a relacja SD armii SD ZT może być często trzyodcinkowa /trzy odcinki przelotowe/.

W przypadku dywizji realizujących zadanie na kierunku pomocniczym relacje ZSD armii - SD dywizji i SD armii - SD dywizji mogą się składać odpowiednio co najmniej z dwóch, trzech przelotowych odcinków radioliniowych;

2/ z powodu ograniczonej ilości stacji radioliniowych R-409 wystąpią trudności w zapewnieniu jednoczesnej łączności z SD

i ZSD armii do SD dywizji II rzutu /szczególnie w toku operacji zaczepnej - co najmniej dwa odcinki przelotowe w każdej relacji radioliniowej/, dlatego łączność z tymi związkami taktycznymi będzie realizowana w pierwszym rzędzie w układzie SD armii - SD dywizji. W rejonie wyjściowym będzie ona zabezpieczana poprzez jeden kierunek, a w toku operacji - co najmniej dwa radioliniowe odcinki przelotowe;

3/ na rubieży wejścia i pod koniec zadania dnia łączność radioliniowa armii z dywizją I rzutu, działającą na głównym kierunku, może być realizowana w następujących relacjach radioliniowych R-409: SD armii - SD dywizji, ZSD armii - WSD dywizji oraz w relacji R-405: WPD armii - SD dywizji;

4/ w rejonie wyjściowym armii do operacji będą występowały związki /oddziały/, które z zasady przydzielane są /na okres operacji/ związkom taktycznym /np. ABAA/, w związku z czym będzie zachodziła potrzeba organizacji z nimi łączności radioliniowej, do czasu podporządkowania;

5/ w toku operacji niektóre związki i oddziały mogą pozostawać w tyle za przemieszczającymi się stanowiskami dowodzenia armii, w związku z czym będzie zachodziła potrzeba pozostawienia w tym rejonie pomocniczego węzła łączności /zespołu środków łączności/, ukompletowanego również w środki radioliniowe, za pomocą którego będą one posiadały łączność ze sztabem armii. Rolę tego węzła może pełnić część sił i środków węzła łączności TSD, SD lub może to być całkiem nowy obiekt łączności, zorganizowany przy jednej ze stacji osi radioliniowej armii;

6/ część oddziałów /pododdziałów/ może być rozmieszczona /zarówno w rejonie wyjściowym jak i w toku operacji/ w znacznej odległości od stanowisk dowodzenia armii. Wówczas łącz-

ność radioliniowa z nimi może być organizowana za pośrednictwem najbliższych położonych związków /oddziałów/ armijnych, a nawet dywizyjnych

Łączność w relacji stanowiska dowodzenia armii a stanowiska podległych i współdziałających to zasadnicza część sieci radioliniowej armii. Aby jednak mieć jej pełny obraz należy uwzględnić również relacje radioliniowe w ramach wewnętrznych struktur niektórych związków /oddziałów, pododdziałów/ rodzajów wojsk szczebla armijnego.

Analizując ukończenie powyższych związków /oddziałów, pododdziałów/ w sprzęt radioliniowy oraz dokumenty organizacji łączności, można stwierdzić że łączność radioliniowa organizowana będzie w:

- 1/ brygadzie rakiet operacyjno-taktycznych /BROT/;
- 2/ batalionie zakłóceń radiowych /bwr/;
- 3/ batalionie zakłóceń radiolokacyjnych /bzrl/;
- 4/ batalionie rozpoznania radioelektronicznego /brrel/.

Brygada rakiet operacyjno-taktycznych armii praktycznie /z punktu widzenia łączności/ nie różni się od brygady frontowej i dlatego można pominąć analizę problematyki, związanej z organizacją jej łączności radioliniowej, przyjmując wszystkie ustalenia przyjęte dla FBROT /podrozdz. 1.1/.

Batalion zakłóceń radiowych w operacji zaczepnej organizuje stanowisko dowodzenia, na bazie którego tworzy się punkt kierowania batalionem zakłóceń radiowych. Rozmieszcza się ono w pobliżu SD armii /5-15 km/. Pozostałe elementy ugrupowania batalionu rozmieszczają się następująco:

- 1/ kompanie zakłóceń radiowych - w pobliżu SD dywizji I rzutu;

2/ posterunki zakłóceń R-378 - w odległości 8-12 km od rubieży styczności, jednak nie więcej niż 15 km od SD bZR.

Za pomocą środków radioliniowych organizowane są:

a/ dwa kierunki radioliniowe z SD bZR do SD armii,

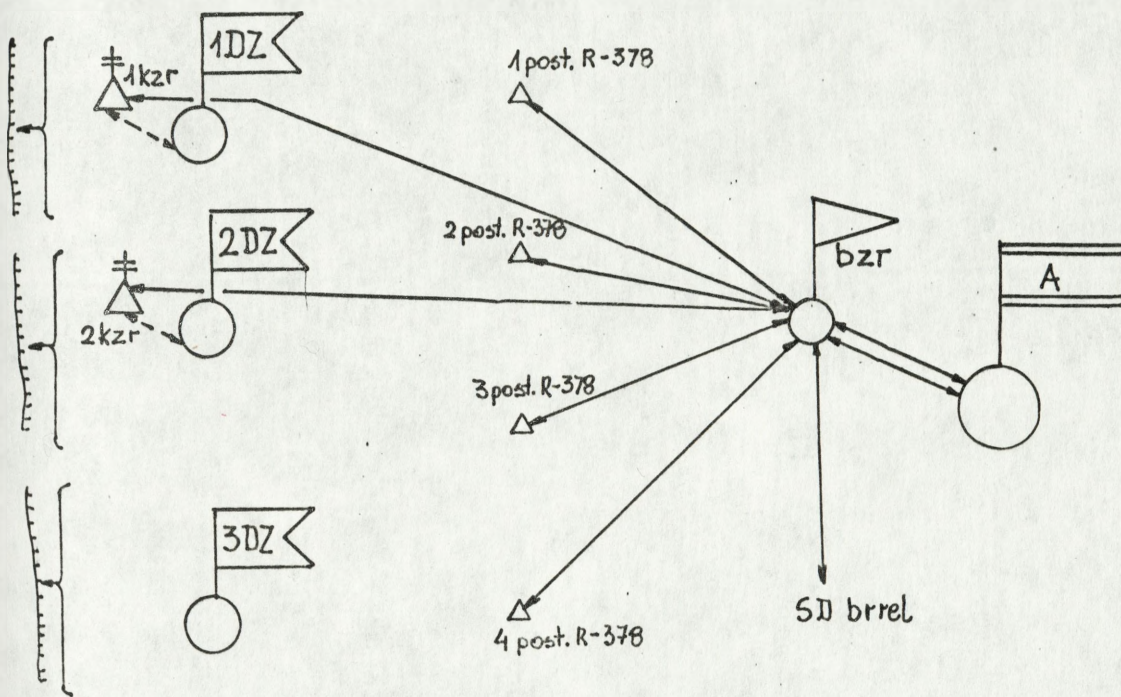
b/ dwa kierunki radioliniowe z SD bZR do 1 i 2 kZR UKF,

c/ cztery kierunki radioliniowe z SD bZR do posterunków zakłóceń R-378,

d/ jeden kierunek radioliniowy z SD bZR do SD brrel,

e/ mogą być również organizowane kierunki radioliniowe z punktów kierowania kompanij zakłóceń UKF do stanowisk dowodzenia dywizji.

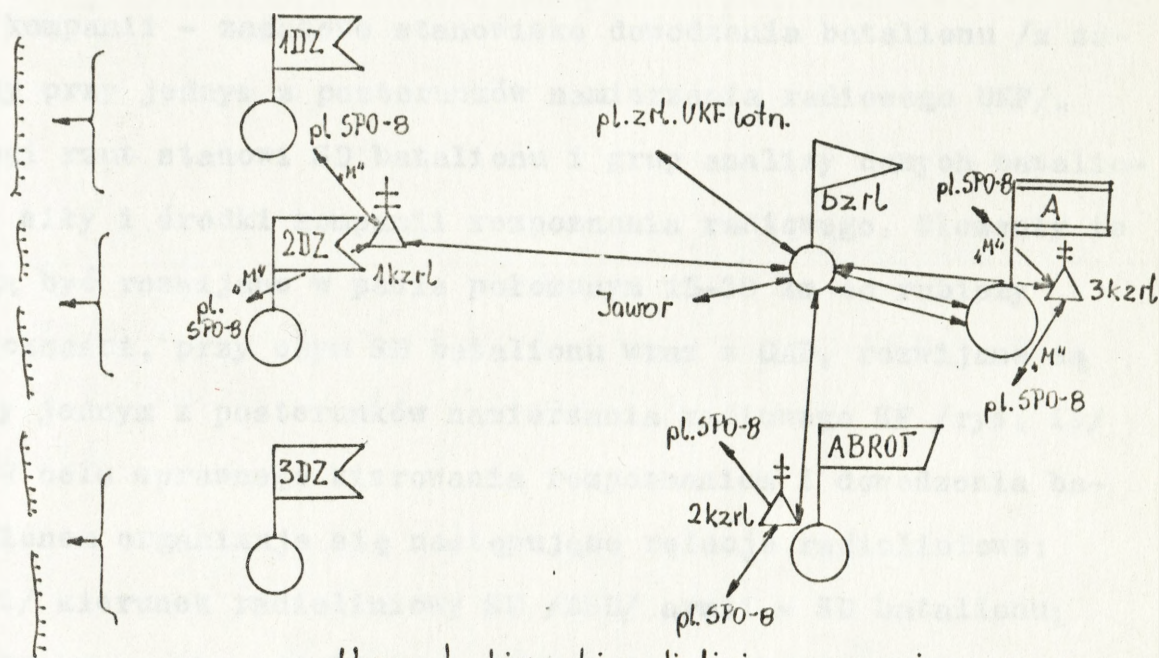
Organizację łączności radioliniowej bZR armii przedstawia rys. 11.



Rys. 11. Organizacja łączności radioliniowej bZR armii

Batalion zakłóceń radiolokacyjnych organizuje w działaniach bojowych stanowisko dowodzenia, na bazie którego tworzy się punkt kierowania /PK/ batalionem. Rozwija się ono w pobliżu SD armii /5-15 km/ i z jego węzła organizuje się bezpośrednio kierunki radioliniowe/R-405Z/ do:

- 1/ SD armii /dwa kierunki/;
- 2/ punktów kierowania kompanią zakłóceń radiolokacyjnych /trzy kompanie zakłóceń radiolokacyjnych rozwija się następująco: jedna ochrania SD armii, druga ochrania ABROT, trzecia - zgrupowanie uderzeniowe/;
- 3/ plutonu zakłóceń radiolokacyjnych UKF /zakłóceń lotniczych/, który rozwija się 10-12 km od rubieży styczności;
- 4/ stacji JAWOR, rozwijanej w odległości 2-5 km od PK batalionu zakłóceń radiolokacyjnych.



Uwaga! - kierunki radioliniowe organizowane w zakresie „M” zaznaczono na rysunku;
- pozostałe kierunki radioliniowe organizowane w zakresie „M” lub „DCM”.

Rys. 12. Organizacja łączności radioliniowej bzrl

Dodatkowo z PK kompanii zakłóceń radiolokacyjnych rozwijane są dwa kierunki w zakresie "M" - do plutonów zakłóceń radiolokacyjnych /SPO-8/.

Organizację łączności radioliniowej bzdrl przedstawia rys. 12.

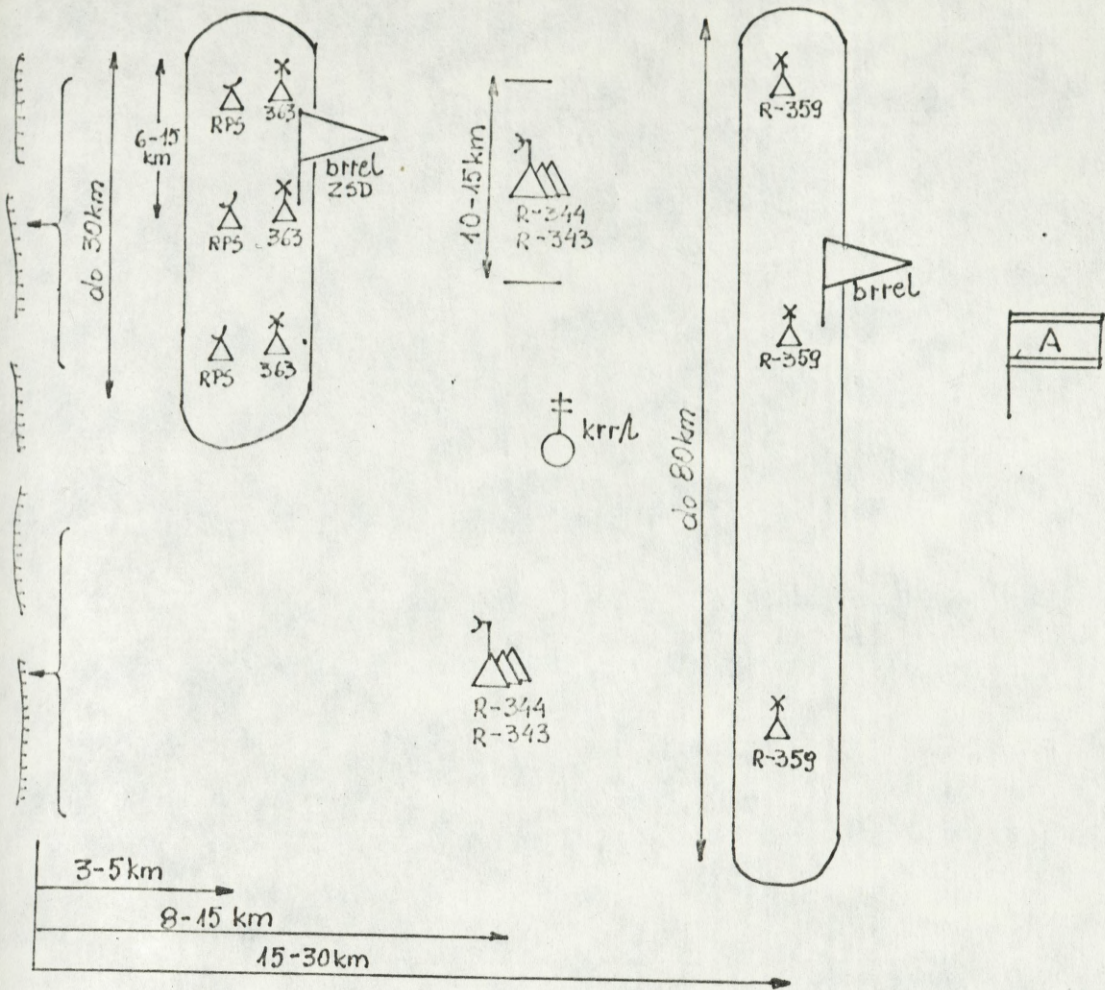
Batalion rozpoznania radioelektronicznego armii, w operacji zaczepnej ugrupowuje się w dwa rzuty. I rzut stanowią siły i środki kompanii rozpoznania radioelektronicznego, radiowe centrum rozpoznawcze, posterunki namierzania radiowego UKF, posterunki rozpoznania systemów radiolokacyjnych, grupa analizy danych kompanii, siły i środki rozpoznania łączności radioliniowej.

W ugrupowaniu tego rzutu, rozmieszczonego w odległości od 3 do 15 km od linii styczności, rozwijane jest - na bazie SD kompanii - zapasowe stanowisko dowodzenia batalionu /z zasady przy jednym z posterunków namierzania radiowego UKF/. Drugi rzut stanowi SD batalionu i grup analizy danych batalionu, siły i środki kompanii rozpoznania radiowego. Elementy te mogą być rozwijane w pasie położonym 15-30 km od rubieży styczności, przy czym SD batalionu wraz z GAD, rozwijane są przy jednym z posterunków namierzania radiowego KF /rys. 13/

W celu sprawnego kierowania rozpoznaniem i dowodzenia batalionem organizuje się następujące relacje radioliniowe:

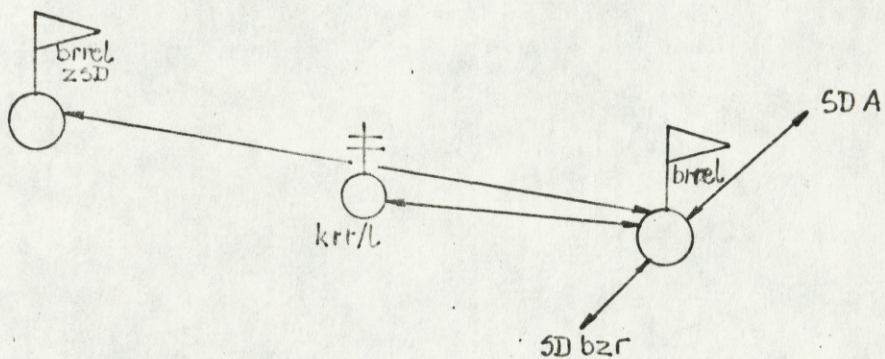
- 1/ kierunek radioliniowy SD /ZSD/ armii - SD batalionu;
- 2/ kierunek radioliniowy SD batalionu - ZSD batalionu;
- 3/ kierunek radioliniowy SD batalionu - SD kompanii rozpoznania radioliniowego.

Wszystkie wyszczególnione relacje wykorzystują stacje radioliniowe R-405Z i mogą pracować w zakresie "M" lub "DCM".



Rys. 13. Ugrupowanie brrel w operacji zaczepnej armii

W celu współdziałania z batalionem zakłóceń radiowych może być zorganizowany kierunek R-405Z z SD brrel do SD bzc /rys. 14/.



Rys. 14. Organizacja łączności radioliniowej brrel

System łączności radioliniowej armii stanowi bardzo opłacalny obiekt zainteresowania dla sił i środków WRE nieprzyjaciela. Jest on jednak tylko jedną /choć bardzo ważną/ ze składowych kompleksowego systemu łączności armii i dlatego ciągłość dowodzenia i łączności w tym układzie należy rozpatrywać jako funkcję wypadkową wszystkich elementów, a mianowicie: łączności radiowej, radiotelefonicznej, radiowej, przewodowej i wojskowej poczty polowej. Podniesienie jakości jednego z nich wpływa na jakość funkcjonowania całości układu.

Do sfery zagadnień związanych z organizacją systemu łączności radioliniowej armii, mogących mieć wpływ na jego ciągłość działania i żywotność, można zaliczyć^{x/}:

1/ organizację łączności do najważniejszych elementów ugrupowania operacyjnego kierunków radioliniowych z kilku /przynajmniej dwóch/ stanowisk dowodzenia armii oraz planowanie relacji okrężnych np.: poprzez sąsiednie związki /oddziały/;

2/ przybliżanie współpracujących stacji do siebie. Realizowano to w ćwiczeniach poprzez rozwijanie WPD armii w decydujących etapach operacji oraz organizację łączności z wybranymi związkami i oddziałami w osi radioliniowej armii /stacja osiowa rozwijana w przodzie, przyjmująca za pomocą rozwiniętych stacji operacyjno-taktycznych lub taktycznych relacje radioliniowe od podwładnych/;

3/ utrzymywanie odwodu sił i środków radioliniowych oraz rezerwowej puli częstotliwości radioliniowych dla najważniejszych relacji łączności;

x/ "Wnioski w zakresie łączności z ćwiczeń LATO-82 i SOJUZ-83"
płk PATKOWSKI, ASG, 1984 r.

4/ właściwe planowanie czasu i rejonu rozwinięcia węzłów łączności w kolejnych położeniach.

Podsumowując dotychczasowe ustalenia w tym zakresie trzeba stwierdzić, że osiągnięcie wymaganych współczynników niezawodności i ciągłości łączności radioliniowej w warunkach radioelektronicznego oddziaływania nieprzyjaciela można zrealizować poprzez odpowiednią jej organizację.

W organizowanym obecnie systemie łączności armii, obejmującym "gwiazdźdźiste" relacje bezpośrednie z SD, ZSD i TSD połączone osią łączności, muszą występować /być zaplanowane/ relacje obejściowe /okrężne/ zezwalające na utrzymanie na najważniejszych kierunkach dowodzenia ciągłości łączności radioliniowej, przy obezwładnieniu lub zniszczeniu jednego z węzłów SD lub ZSD. Należy również organizować dodatkowe elementy systemu /w sytuacjach decydujących i trudnych/ i odpowiednio wiązać je w system łączności. Elementami tymi są: węzeł łączności WPD armii, PWŁ armii lub wysunięte stacje osiowe R-404.

Oczywiście o możliwościach organizacji systemu łączności radioliniowej armii decydować będą scharakteryzowane w podrozdziale 1.1 kryterium zasięgu łączności oraz kryterium tłumienności. Jednak ze względu na dużo mniejsze odległości między elementami ugrupowania armii niż frontu ograniczenia nimi powodowane będą znikome /do pominięcia/.

Podsumowując problematykę organizacji łączności radioliniowej armii w operacji zaczepnej można sprecyzować następujące uogólnienia:

1/ podstawowymi elementami systemu łączności radioliniowej jest oś i wielokanałowe kierunki radioliniowe;

2/ łączność radioliniową z sąsiadami zapewnia się w oddzielnych relacjach radioliniowych lub poprzez węzły łączności przełożonego;

3/ w przypadku organizowania PSD armii, buduje się bezpośredni kierunek radioliniowy SD do PSD armii;

4/ łączność radioliniową sztabu armii ze sztabami dywizji I rzutu, działającymi na głównym kierunku, zapewnia się w oddzielnych kierunkach radioliniowych budowanych siłami i środkami armii w relacjach: SD armii - SD dywizji i ZSD armii - WSD dywizji oraz w relacji WPD armii - WSD dywizji - organizowanej odpowiednio siłami i środkami armii i dywizji.

Powyższy układ połączeń teletransmisyjnych może się powtarzać po wykonaniu przez dywizję zadania dnia.

W okresie przemieszczania się SD dywizji i WSD dywizji, łączność radioliniową z armią organizuje się jedynie w relacjach SD armii - SD dywizji i ZSD armii - SD dywizji;

5/ oś radioliniowa armii może być wykorzystywana nie tylko do łączności między stanowiskami dowodzenia armii /SD, ZSD, TSD/ lecz również do łączności ze związkami, oddziałami /pododdziałami/ armii. W tym celu mogą być pozostawione "z tyłu" lub rozwijane "z przodu" stacje osiowe, na bazie których organizowane będą "nietypowe" pomocnicze węzły łączności, do których podłączone zostaną oddalone związki, oddziały i pododdziały;

6/ dywizja I rzutu działająca na pomocniczym kierunku uderzenia armii w pierwszej kolejności powinna mieć zorganizowaną łączność radioliniową w relacji SD armii - SD dywizji, a dopiero w sytuacji kiedy zezwalają na to możliwości /odległość, odpowiednia ilość stacji radioliniowych/ w relacji ZSD armii - SD dywizji. Podobnie sytuacja przedstawia się w stosunku do dywizji II rzutu;

7/ łączność radioliniową z ABROT utrzymuje się niezależnie od sytuacji i etapu operacji w dwóch relacjach radioliniowych

SD armii - SD BROT; ZSD armii - SD BROT, przy czym biorąc pod uwagę dwurzutowy sposób przemieszczania się brygady, należy planować łączność radioliniową jednocześnie do dwóch kolejnych położzeń jej stanowisk dowodzenia;

8/ łączność radioliniową z armijnymi oddziałami /pododdziałami/ zapewnia się w oddzielnych kierunkach radioliniowych.

W zależności od ich miejsca w ugrupowaniu operacyjnym frontu relacje te organizowane są z SD lub ZSD armii, a w szczególnych sytuacjach - z PWŁ armii /stacji osiowych/;

9/ dla potrzeb tyłów armii organizuje się autonomiczny podsystem łączności radioliniowej. Jest to jednak podsystem bardzo ograniczony, ponieważ obejmuje jedynie niektóre najważniejsze elementy ugrupowania tyłów armii, a mianowicie: ABR i ABMZ. Łączność z tyłami dywizji realizowana jest w łączach komutowanych, za pośrednictwem SD armii i SD dywizji lub ZSD armii i SD dywizji.

Zaprezentowane ustalenia, z zakresu organizacji łączności radioliniowej armii, stanowią werbalną konstrukcję modelu sieci radioliniowej tego szczebla dowodzenia. Tak jak poprzednio, w przypadku sieci radioliniowej frontu, zorientować się można, iż są one niewystarczające do określenia problematyki częstotliwościowej, natomiast niezbędne do wykonania modelu graficznego, który pozwoli sprecyzować potrzeby częstotliwościowe ilościowo i jakościowo.

W celu określenia modelu graficznego sieci radioliniowej armii przyjęto wszystkie dotychczasowe oraz - następujące dodatkowe ustalenia:

- 1/ armia w składzie 5 dywizji;
- 2/ na okres przełamania rozwijane jest ZSD armii w nowym rejonie;

3/ szerokość pasa armii ustalono na 80 km;

4/ ugrupowanie armii w dwa rzuty, przy czym w I rzucie
- 3 ZT;

5/ w drugim dniu operacji wprowadzona jest do działań jedna z dywizji jako OGM armii, w trzecim dniu wprowadzona zostaje do działań dywizja II rzutu, natomiast ze szczybla frontu podporządkowana zostaje armii jedna dywizja;

6/ przesunięcie stanowiska dowodzenia armii realizowane jest na kierunku głównego uderzenia.

Biorąc pod uwagę powyższe ustalenia opracowano dwa modele organizacji łączności radioliniowej armii /załączniki 7 i 8/. Jeden dla wariantu organizowania w ciągu doby walki tylko jednego nowego stanowiska dowodzenia armii, a drugi - dla koncepcji przemieszczania dwóch stanowisk dowodzenia armii /ZSD i SD/ w ciągu doby walki.

Na podstawie opracowanych modeli graficznych przeprowadzono analizę ilościowo-jakościową systemu łączności radioliniowej armii, którą przedstawiono w tabelach 12 i 13.

1	Rejon wyjściowy	Rubież wejścia do bitwy		Zadanie bliższe dywizji		Zadanie dnia		2 dzień operacji		Uwagi
		rozwi- nie	zwi- nie	rozwi- nie	zwi- nie	rozwi- nie	zwi- nie	rozwi- nie	zwi- nie	
		razem		razem		razem		razem		
	2	3		4		5		6		7
Ilość węzłów łączności / grup środków łączności/	28-36	50-55	26-31	16	19-20	53-59	51-57	67-73	67-73	
		49 - 58		45 - 55		47 - 57		49 - 58		
Ilość punktów transmisyjnych	R-404	-	-	-	-	1	-	-	1	
	R-409	2	3	4	-	6	4	6	6	
		4			8	10		10		
	R-405	-	-	2	-	-	1	-	1	
	razem	4		10	2	12		10	0	

1	2	3	4	5	6	7
Ilość grup nadajników/samodzielnich rśt, dla innych stacji/ dla których pracy wykorzystywane są stacje radiolinijowe	13 /w tym 6 w zakresie "DCM" 1 2 w zakresie "M"/	7 13	- 13	7 13	13 13	13 13
RAZEM ILOŚĆ OBIEKTÓW TERENOWYCH, W KTÓRYCH ROZMIESZCZONO STACJE RADIOLINIOWE	46-54	66-75	67-78	72-82	72-81	
Ilość re-lacji /odcinków radiolinijowych/	2 2	2 2	-	3 2	3 3	3
R-404	16-19	16-18 12-14	10 10	18-21 14-17	18-21 18-24	
R-409		20-24	20-24	22-26	20-23	
R-405	46-51 /w tym 12 w zakresie "DCM" i 2 w zakresie "M"/	62-65 36-39 ^x 74-79	12 13 71-78	63-69 53-66 75-80	67-71 72-76 70-76	
razem	64-72	96-105	96-105	100-109	93-102	

1	2	3	4	5	6	7
Ilość stacji radiolinio- wych, aparatu- towni i urzą- dzeń z radio- liniami	R-404	3 3	- -	4 3	4 4	4 4
	18-22	3	3	4	4	4
R-409	15-18 10-13	6 9	16-21 9-15	18-21 19-24	22-27	
	22-28	19-25	23-30			
R-405	53-60	52-56 9-15	5 7	15-19 13-17	23-32 28-37	
		92-100	90-98	92-100	86-94	
razem	74-85	117-131	112-126	119-134	112-125	

x/ w tym 7 w zakresie "M" i 6 - w zakresie "DCM"

xx/ w tym 1 w zakresie "M" i 6 - w zakresie "DCM"

Uwaga. Dane za trzeci dzień operacji na poziomie dni poprzednich.

1	2	Rejon wyjściowy	Rubież wejścia do bitwy		Zadanie bliższe dywizji		Zadanie dnia		2 dzień opera- cji		Uwagi
			rozwi- nie	zwi- nie	rozwi- nie	zwi- nie	rozwi- nie	zwi- nie	rozwi- nie	zwi- nie	
			razem	razem	razem	razem	razem	razem	razem	razem	
			3	4	5	6	7				
Ilość węzłów łączności /grup środ- ków łączno- ści/	28-37		52-57 24-30	17 20-21	48-51 48-31	77-85 77-85					
			52-62	49-58	49-58	49-58					
R-404			0-1	0-1	0-1	1	1	1	1		
Ilość punktów re- transmisyj- nych			0-1	0-1	1	1					
R-409	4		2 3	3 -	7 8	10 10					
			3	6	5	5					
R-405			-	2	5	4	4	4	4		
			-	2	0	0					
Razem	4		3-4	8-9	6	6					

1	2	3	4	5	6	7
Ilość grup na- dajników /samo- dzielnych rst, innych stacji/ dla których pracy wykorzy- stywane są sta- cje radiolinio- we	13 /w tym 6 w zakresie "DCM" i 2 w zakresie "M"/	7 7 - - - - 13	- - - - 13	7 7 - - - - 13	13 13 - - - - 13	- - - - - - - - - - - -
RAZEM ILOŚĆ OBIEKTÓW TERE- NOWYCH, W KTO- RYCH ROZMIE- SZCZONE SA STACJE RADIO- LINIOWE	43-52	65-77	68-78	66-74	66-74	
Ilość rela- cji /odcin- ków/ radio- liniowych	2	2 0-2 - - - - 2-4	- - - - 2-4	2 0-2 - - - - 4	3 3 - - - - 4	- - - - - - - - - - - -
R-404	1	18-20 15-16 - - - - 21-23	10 13 - - - - 18-20	21-22 18-19 - - - - 19-21	43-45 42-44 - - - - 20-22	- - - - - - - - - - - -
R-409	17-21	65-69 32-38 - - - - 76-84	14 16-17 - - - - 74-81	70-72 70-73 - - - - 74-80	103-109 106-111 - - - - 72-78	- - - - - - - - - - - -
R-405	45-51 /w tym 12 w zakresie "DCM" i 2 w zakresie "M"/	99-111	94-105	97-105	96-104	
razem	60-70	99-111	94-105	97-105	96-104	

1.3. Organizacja łączności radioliniowej na szczeblu dywizji i pułku

W dywizji w natarciu organizuje się^{x/}: stanowisko dowodzenia /SD/, wysunięte stanowisko dowodzenia /WSD/ i tyłowe stanowisko dowodzenia /TSD/.

W sytuacjach szczególnie dynamicznych, do dowodzenia wykorzystywany jest powietrzny punkt dowodzenia /PPD/.

W pułku w natarciu organizuje się^{x/}: stanowisko dowodzenia /SD/ i tyłowe stanowisko dowodzenia /TSD/.

W celu bezpośredniego obserwowania i wpływania przez dowódcę na działanie wojsk w określonych, decydujących fazach natarcia, ze składu SD pułku, może być doraźnie zorganizowany punkt obserwacyjno-dowódczy /POD/.

Integralnymi elementami wymienionych stanowisk dowodzenia są węzły łączności, powiązane odpowiednio liniami łączności między sobą, z węzłami łączności podwładnych, sąsiadów i wojsk wspierających. Powiązania te tworzą określony system łączności dywizji /pułku/, w ramach którego łączność radioliniową obejmować będzie relacje radioliniowe ze stanowisk dowodzenia dywizji /pułku/, a w określonych sytuacjach z POD pułku, do podwładnych, sąsiadów oraz relacje radioliniowe między tymi stanowiskami w całym pasie /obszarze/ działania dywizji /pułku/, tj.: dla dywizji w obszarze o wymiarach 10-20x30 km i dla pułku 5x12-18 km^{xx/}. W obszarze tym funkcjonować będą węzły łączności wymienionych stanowisk dowodzenia dywizji i pułku, a

x/ "Regulamin walki wojsk lądowych Sił Zbrojnych PRL", część I /dywizja, pułk/, MON 1985 r.

xx/ "Podstawowe normy i pojęcia taktyczne oraz ich wykładnia" ASG WP, 1985 r.

także grupy środków łączności w ramach POD dowódcy pułku. Będą one zapewniały łączność radioliniową organom dowodzenia dywizji /pułku/ z przełożonym, podległymi i współdziałającymi /wspierającymi/ związkami, oddziałami i pododdziałami.

Funkcje realizowane przez poszczególne stanowiska dowodzenia /punkty dowodzenia/ dywizji oraz pułku są w zasadzie analogiczne jak stanowisk /punktów/ dowodzenia opisywanych wcześniej - wyższych szczebli dowodzenia. Różne jest natomiast ich rozmieszczenie i przemieszczanie w toku operacji /tabela 15/^x, a także ich organizacja łączności.

Tabela 15

Szczebel organizacyjny	Nazwa stanowiska /punktu/ dowodzenia	Rozmieszczenie w odległości od linii styczności	Częstotliwość przemieszczania w ciągu dnia walki
Dywizja	SD	4 - 6 km	2 - 3
	WSD	1 - 3 km	według potrzeb
	TSD	do 20 km	1 - 2
Pułk	SD	1 - 3 km	4 - 6
	POD	do 1 km	według potrzeb
	TSD	8 - 12 km	2 - 3

Rozpatrując zagadnienie organizacji łączności radiolinio-
wej na szczeblu dywizji i pułku należy stwierdzić, że reali-
zowana jest ona w stosunkowo prostych /nieskomplikowanych/
układach połączeń. Wynika to po pierwsze z dużej ruchliwości
/częstego przemieszczania się/ elementów ugrupowania dywizji
i pułku, a w szczególności ich stanowisk /punktów/ dowodzenia,
uniemożliwiającej, ze względów czasowych, budowę skomplikowa-
nych i złożonych układów teletransmisyjnych połączeń radioli-

x/ "Podstawowe normy i pojęcia taktyczne oraz ich wykładnia"
ASG WP, 1985 r.

niowych. Po drugie - trudno dająca się przewidzieć gwałtowność zmian sytuacji na współczesnym polu walki, zmusza do stosowania podstawowych i prostych sposobów organizacji łączności, umożliwiających szybkie jej odtworzenie w dowolnym miejscu i czasie.

Z wymienionych wyżej powodów relacje radioliniowe szczebla dywizji i pułku ograniczać się będą wyłącznie do powiązań bezpośrednich z węzłów łączności SD do: podwładnych, sąsiadów /współdziałających, wspierających/ oraz do pozostałych stanowisk /punktów/ dowodzenia dywizji /pułku/.

Rozpatrując zagadnienie z jakimi elementami ugrupowania bojowego dywizji /pułku/ może być organizowana łączność radioliniowa, należy wyliczyć oddziały /pododdziały/, które etatowo ukompletowane są w środki radioliniowe oraz typ stacji wykorzystywanej w tym celu. Ujmuje to tabela 16.^{x/}

Tabela 16

Lp.	Nazwa oddziału /pododdziału/	Rodzaj relacji radioliniowej	Uwagi
1	pz /pcz/	R-405Z	/z RWŁ-1M/
2	pa /DGA, PGA/	R-405Z	/z RWŁ-1M/
3	drt	R-403 lub R-405 "DCM"	z R-403 lub R-137
4	prplot	R-405 "DCM"	z R-146

Środki radioliniowe mogą być również wykorzystywane do sterowania pracą radiostacji. Do tego celu służą półkomplety radiolinii /decymetrowe/ wozów dowódczo-sztabowych.

Ukompletowanie pododdziałów łączności dywizji /batalionu łączności/ pułku /kompanii łączności/ umożliwia organizację ograniczonej ilości relacji radioliniowych. Na podstawie tych możliwości oraz potrzeb łączności wypracowano normatywne sche-

^{x/} "Organizacja i wyposażenie pododdziałów łączności szczebla taktycznego", ASG WP, 1985 r.

maty łączności radioliniowej dywizji i pułku^{x/}, które określają jej organizację w następujących podstawowych relacjach:

1/ z SD dywizji - do podległych pułków zmechanizowanych /pułków czołgów/, pułku artylerii /lub DGA/, dywizjonu rakiet taktycznych, pułku rakiet przeciwlotniczych sąsiednich dywizji, wysuniętego i tyłowego stanowisk dowodzenia oraz do dwóch radiostacji /R-137 i R-140/. Są to relacje radioliniowe organizowane w przypadku - jeżeli dowódca dywizji dowodzi z tego stanowiska. Natomiast w przypadku gdy dowodzi z WSD dywizji ich ilość ulega zmniejszeniu ze względu na przemieszczenie części środków radioliniowych na WŁ WSD celem zabezpieczenia łączności dowódcy i grupie operacyjnej z tego stanowiska;

2/ z WSD dywizji ciągle organizowana jest jedna relacja radioliniowa do SD dywizji. W przypadku przybycia na to stanowisko dowódcy z grupą operacyjną mogą być z niego organizowane relacje radioliniowe do DGA, drt oraz zdalnego sterowania radiostacją R-137.

W ćwiczeniach prowadzonych w ASG WP dodatkowo przyjmowany jest wariant organizacji na rubieży wejścia do walki i pod koniec zadania dnia, organizacji relacji radioliniowych do dwóch pułków pierwszego rzutu. W wymienionej sytuacji na WSD dywizji rozwijane są dodatkowo środki radioliniowe z zespołu II rzutu węzła łączności dywizji. Przyjęcie takiego wariantu organizacji łączności wydaje się celowe ponieważ prowadzi do znacznego zwiększenia ciągłości dowodzenia i łączności dywizji.

Powyższy sposób organizacji łączności radioliniowej dywizji może być wykorzystywany również w innych etapach natarcia;

x/ "Normatywny system łączności dywizji zmechanizowanej i pancerniej", SWŁ MON, 1985 r.

3/ z TSD dywizji, obok stale organizowanej relacji radiolinio-
niowej do SD dywizji, może być organizowana relacja radiolinio-
wa do SD pułku II rzutu;

4/ z SD pułków I rzutu, obok stale organizowanej relacji do
SD dywizji, mogą być organizowane relacje radioliniowe do POD
dowódcy pułku, WSD dywizji, sąsiedniego pułku /lewego sąsiada
lub prawego/, a w przypadku przydzielenia pułkowi - pułku arty-
lerii - również relacja radioliniowa z tym pułkiem. W sumie jed-
nak liczba organizowanych relacji radioliniowych w pułku nie mo-
że przekraczać trzech /determinowane jest to liczbą półkomple-
tów radiolinii, którą dysponuje pułk/;

5/ z POD dowódcy pułku organizowana jest jedynie relacja ra-
dioliniowa z SD pułku. W przypadku jeśli dowódca pułku dowodzi
ze stanowiska dowodzenia, półkomplet stacji radiolinio-
wej jego wozu dowódczo-sztabowego może być wykorzystany w innej dowolnej
relacji radiolinio-
wej organizowanej z tego stanowiska np. do
SD PGA lub sąsiada.

Praktyczną strukturę przestrzenną systemu łączności radioli-
niowej dywizji określać będzie dyslokacja poszczególnych węzłów
łączności stanowisk dowodzenia jej elementów ugrupowania w na-
tarcu /z którym może być organizowana łączność radiolinio-
wa/.
Przedstawia ją tabela 17.^{x/}

Na podstawie dotychczasowych ustaleń, obowiązującej organi-
zacji dywizji i pułku ^{xx/} oraz przyjęciu następujących uwarunko-
wań:

1/ wprowadzenie II rzutu przez dywizję przed wykonaniem zada-
nia bliższego;

x/ "Podstawowe normy i pojęcia taktyczne oraz ich wykładnia"
ASG WP, 1985 r.

xx/ "Organizacja dywizji zmechanizowanej i pancерnej", ASG,
1983 r.

Tabela 17

Lp.	Nazwa oddziału / pododdziału	Rodzaj stanowiska / punktu / dowodzenia	Odległość stanowiska / punktu / od rubieży styczności	Sposób przemieszczenia	Uwagi
1	pz /pcz/ II rzutu	SD	20 - 25 km	4-6 razy w ciągu dnia walki	
2	DGA /pa/	SD	3 - 6 km	4-6 razy w ciągu dnia walki	na głównym kierunku natarcia
3	drt	SDO	13 - 18 km	3-4 razy w ciągu dnia walki	
4	prplot	SD	3 - 5 km	1-2 razy w ciągu dnia walki	przemieszczenie prplot z reguły dywizjonami
5	PGA	SD	2 - 5 km	4-6 razy w ciągu dnia walki	na głównym kierunku natarcia

2/ kierunek głównego uderzenia na lewym skrzydle dywizji, opracowano modele graficzne organizacji łączności radioliniowej dywizji i pułku /załącznik 9/. Przedstawiają one praktycznie wszystkie możliwe warianty relacji radioliniowych organizowanych w dywizji. Już pobieżna analiza wskazuje na alternatywną metodę ich organizacji, tzn.: jeżeli organizowana jest relacja X w danym okresie działań nie będzie funkcjonować z braku półkompletu stacji radioliniowej relacja Y.

Na podstawie opracowanego modelu organizacji łączności radioliniowej dywizji i pułku oraz możliwości jej organizacji /ilość środków radioliniowych jakimi dysponuje dywizja i pułk/ w tabeli 18 przedstawiono ilość relacji radioliniowych organizowanych z poszczególnych węzłów łączności stanowisk dowodzenia dywizji i pułku.

Jak wynika z powyższych obliczeń /tabela 18/ w dywizji może być jednocześnie organizowanych /za pomocą stacji R-405/ od 17 do 27 relacji radioliniowych /w tym 6-8 relacji w zakresie "DCM"/.

Okresem działań dywizji, który stwarza mniejsze potrzeby w zakresie organizacji łączności radioliniowej jest jej pobyt w rejonie wyjściowym. Wówczas może być organizowanych do 10 relacji radioliniowych, w tym 4 w zakresie "DCM".

Powyższy sposób organizacji łączności radioliniowej należy również przyjąć dla dywizji wchodzącej w skład II rzutu armii.

Rodzaj stanowiska dowodzenia	SD dywizji		WSD dywizji		TSD dywizji		SD pułku	POD pułku
	pełna obsada SD	obsada bez GO dowódcy	obsada bez GO dowódcy	obsada z GO dowódcy	1 relacja	1-2 relacje		
Etap działań								
Rejon zesrodkowania	do 10 relacji w tym 4 w zakresie "DCM"	-	-	-	1 relacja	1 relacja	1 relacja	-
Na rubieży wyjęcia do walki i w toku natarcia	12-13 relacji w tym 6 w zakresie "DCM"	8-10 relacji w tym 4 w zakresie "DCM"	1 relacja w zakresie "DCM"	4-6 relacji w tym 2-4 w zakresie "DCM"	1-2 relacje	1-3 relacje w tym 1 w zakresie "DCM"	1 relacja w zakresie "DCM"	1 relacja w zakresie "DCM"
Na rubieży zadania dnia	12-13 relacji w tym 6 w zakresie "DCM"	jak z pełną obsadą	5-6 w tym 4 w zakresie "DCM"	jak bez GO dowódcy	1-2 relacje	1-3 relacje w tym 1 w zakresie "DCM"	1 relacja w zakresie "DCM"	1 relacja w zakresie "DCM"

2. Określenie potrzeb częstotliwościowych dla relacji radioliniowych systemu łączności frontu

Przedstawiona w poprzednim podrozdziale charakterystyka łączności radioliniowej w systemie łączności szczebli operacyjnych i taktycznych pozwoliła określić, występujące na poszczególnych szczeblach dowodzenia, modele sieci radioliniowej.

Zasadniczym wnioskiem, który nasuwa się w trakcie pracy nad nimi, jest brak całkowicie jednoznacznych zasad określających powiązania między poszczególnymi jej węzłami /węzłami łączności/. Prowadzi to w konsekwencji do tego, iż każdy z inżynierów systemu łączności radioliniowej /planujący dany system/ w przypadku otrzymania zadania zaplanowania relacji radioliniowych dla identycznego systemu dowodzenia, może osiągnąć cel w sposób nieco odmienny. Różnice te będą objawiać się w:

- 1/ organizowaniu lub nieorganizowaniu niektórych relacji radioliniowych;
- 2/ organizowaniu lub nieorganizowaniu pomocniczych węzłów łączności, a także organizowaniu ich w innym rejonie działań;
- 3/ rozmieszczeniu stacji retransmisyjnych w innych rejonach, itp.

Z powyższych powodów przedstawione modele łączności radioliniowej odzwierciedlają możliwie maksymalną ilość relacji radioliniowych, które mogą być organizowane na poszczególnych szczeblach dowodzenia. Określone dla nich potrzeby częstotliwościowe będą więc stanowiły wariant maksymalny - bazę danych, który umożliwi zabezpieczenie zapotrzebowania w tym zakresie w każdej sytuacji operacyjno-taktycznej. Zrezygnowanie przez planującego łączność radioliniową z jakiegokolwiek relacji łączności, zwiększy jedynie pulę fal rezerwowych, a tym samym ułatwi gospodarke czę-

stotliwościową. Z drugiej jednak strony przyjęcie tak ekstremalnych potrzeb może uniemożliwić przydział częstotliwości do pracy środków radioliniowych, a więc wprowadzi konieczność świadomej rezygnacji z mniej istotnych - z punktu widzenia dowodzenia - relacji radioliniowych. Może więc wystąpić konieczność wprowadzenia bardziej "oszczędnych" wariantów organizacji sieci radioliniowych, poprzez określenie relacji priorytetowych, nawet poprzez określenie kolejnych stopni ich ważności. Zdawać sobie z tego sprawę powinien każdy szef /wojsk/ łączności, udzielając odpowiednich wytycznych osobie funkcyjnej planującej łączność radioliniową.

Globalne zapotrzebowanie na ilość par fal roboczych dla pracy środków radioliniowych w skali frontu przedstawia tabela 19. Odzwierciedla ona jednak pewien układ statyczny bez uwzględnienia dynamiki systemu, w aspekcie zapewnienia ciągłości dowodzenia i łączności, co starano się naświetlić w poprzednich podrozdziałach. Dotyczy to w szczególności relacji radioliniowych pomiędzy stanowiskami dowodzenia frontu i armii oraz armii i dywizji. Konieczność utrzymywania dotychczasowych relacji radioliniowych i jednoczesna realizacja kolejnych z następnymi położonych stanowisk dowodzenia armii i dywizji zwiększa sumaryczne zapotrzebowanie na ilość par fal dla kierunków /odcinków/ radioliniowych R-404 na R-409.

W sumie w skali frontu z tego powodu zapotrzebowanie na ilość par fal roboczych okresowo wzrasta dla relacji R-404 o 5-10%, a dla relacji R-409 o 12-20%.

Przedstawione wyliczenia nie obejmują również relacji radioliniowych związków /oddziałów/ osłonowych, poprzez ugrupowanie których front wchodzi do operacji zaczepnej, oraz relacji radioliniowych międzygarnizonowego i stacjonarnego systemów łącz-

Potrzeby ilości par fal dla środków radiolinowych		Rejon wyjściowy	Rubież wejścia	1 dzień	2 dzień	3 dzień
1	2	3	4	5	6	
Front /3A/	46	54	62	73	79	
- 1 nowe stanowisko dowodzenia armii w ciągu doby	106-120	120-136	130-147	142-156 ^x	137-154	
	304-332	368-447	370-449	371-478 ^x +12	384-463 ^{xx} +/22-38/	
	21	41	41	41	41	
	102	114-126	114-126 +8	118-134 ^x +8	114-126 +/12-16/	
Front /3A/	46	54-58	66	74	81	
- 2 nowe stanowiska dowodzenia armii w ciągu doby	109-126	123-136	123-136	143-156	150-163	
	300-332	372-457	368-451	375-474 ^x +12	369-452 ^x +/22-38/	
	21	41	41	41	41	
	102	114-126	114-126	118-134 ^x +8	114-126 +/12-16/	

1	2	3	4	5	6
Front /4A/	64	75	88	98	113
R-404	-	-	-	-	-
R-409	123-140	140-162	152-174	166-187 ^x	157-179
R-405	374-408	474-584	474-590	474-617 ^x	475-591 ^{xx}
"M" lub "DCM"	-	-	-	+18	+ /33-57/
R-405	23	49	49	49	49
"M"	-	-	-	-	-
R-405	134	152-170	152-170	158-188 ^x	152-170
"DCM"	-	-	-	+12	+ /18-24/
Front /4A/	64	75-81	91	101	116
R-404	-	-	-	-	-
R-409	127-148	149-167	144-161	167-184 ^x	147-164
R-405	370-408	480-599	471-590	478-625 ^x	472-591
"M" lub "DCM"	-	-	-	+18	+ /33-57/
R-405	23	49	49	49	49
"M"	-	-	-	-	-
R-405	134	152-170	152-170	158-188 ^x	152-170
"DCM"	-	-	-	+12	+ /18-24/

x/ Większe potrzeby częstotliwościowe ze względu na wprowadzenie do działań OGM armii + dane radioliniiowe dla przyjmowanych dywizji II rzutu.

xx/ Dane niezbędne dla OGM armii.

ności. Ich ilość zależna będzie od składu wojsk zabezpieczających frontowi wejście do operacji zaczepnej i w związku z tym należy je każdorazowo uwzględniać planując przydział częstotliwości radioliniowych dla relacji frontowych.

RADIOLINIOWYCH

Przeprowadzone w rozdziale pierwszym badania wykazały, że w czasie działania frontu może jednocześnie funkcjonować do 1000 relacji radioliniowych. Dla tego przedziału liczebności relacji radioliniowych (1 do 1000) należy przyjąć następującą liczbę relacji radioliniowych na 1 km szerokości frontu:

1000 relacji radioliniowych na 1 km szerokości frontu
500 relacji radioliniowych na 1 km szerokości frontu
250 relacji radioliniowych na 1 km szerokości frontu
125 relacji radioliniowych na 1 km szerokości frontu
62 relacji radioliniowych na 1 km szerokości frontu
31 relacji radioliniowych na 1 km szerokości frontu
16 relacji radioliniowych na 1 km szerokości frontu
8 relacji radioliniowych na 1 km szerokości frontu
4 relacji radioliniowych na 1 km szerokości frontu
2 relacji radioliniowych na 1 km szerokości frontu

ROZDZIAŁ II

UWARUNKOWANIA PRZYDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI DO PRACY RELACJI RADIOLINIOWYCH

Przeprowadzone w rozdziale pierwszym badania wykazały, że w pasie działania frontu może jednocześnie funkcjonować do 1200, a nawet więcej relacji radioliniowych. Daje to średnio od 1,2 do 3 i więcej relacji radioliniowych na 1 km wzdłuż oraz od 5 do 7,5 /a także więcej/ relacji radioliniowych na 1 km wszerz pasa frontu.

Powyższe dane wskazują na duże nasycenie współczesnego pola walki pracującymi środkami radioliniowymi, jednak - jak wszystkie wielkości średnie - nie oddają one rzeczywistego obrazu istniejącej sytuacji w tym zakresie, a nawet ją zniekształcają. Gęstość "ramion" sieci radioliniowej rozkłada się bowiem nierównomiernie w całym pasie frontu. 90% funkcjonujących relacji radioliniowych koncentruje się w jego wycinku ograniczonym z jednej strony linią stanowisk dowodzenia pułków pierwszego rzutu i z drugiej strony - SD frontu, co na rubieży wejścia do bitwy oznacza odcinek pasa działania frontu o długości około 100 km, natomiast w trzecim dniu operacji - o długości około 220-250 km. W tych odcinkach pasa działania frontu średnie nasycenie relacjami radioliniowymi na kilometr wynosić będzie od 4,5 do 11. Ekstremalne natomiast wartości nasycenia relacjami radioliniowymi występować będą w miejscach rozmieszczenia węzłów łączności stanowisk /punktów/ dowodzenia, co oczywiście jest konsekwencją "gwiazdzistej" metody budowy sieci radio-

liniowej wykorzystywanej praktycznie na wszystkich szczeblach dowodzenia.

Również wzdłuż frontu nasycenie środkami radioliniowymi ma podobny charakter: przyjmuje się maksymalną wartość na kierunku głównego uderzenia oraz ekstremalne - na szerokości rozmieszczenia stanowisk dowodzenia.

Można więc powiedzieć, że skomplikowanie sytuacji radioelektronicznej związanej z przydziałem częstotliwości pracy środkom radioliniowym będzie duże, a szczególnie trudne w newralgicznych punktach sieci radioliniowej jakimi są węzły łączności /szczególnie frontu i armii/.

Wysoką sprawność i niezawodność funkcjonowania systemu łączności radioliniowej frontu w warunkach dynamicznych działań, dużej manewrowości, gwałtownych zmian sytuacji operacyjno-taktycznej, różnorodnego oddziaływania sił i środków nieprzyjaciela oraz zgromadzenia na stosunkowo niedużych przestrzeniach znacznej ilości środków emitujących energię elektromagnetyczną, można osiągnąć jedynie w wyniku kompleksowego potraktowania wszystkich czynników mających na nią wpływ, a następnie wypracowanie odpowiednich metod działania.

Prowadzone wspólnie ćwiczenia z wojskami łączności pozwalają stwierdzić, że główną determinantą ciągłości i jakości organizowanych systemów łączności będzie odpowiedni przydział i rozdział częstotliwości pracy dla wykorzystywanych w nich środków radioelektronicznych. Realizując go trzeba mieć na uwadze następujące zagadnienia:

- 1/ kompatybilność elektromagnetyczną /KEM/;
- 2/ oddziaływanie radioelektroniczne nieprzyjaciela;
- 3/ problematykę operacyjno-taktyczną.

Nie sposób jednak rozpatrywać zagadnienia kompatybilności elektromagnetycznej systemu łączności w oderwaniu od problematyki operacyjno-taktycznej, tzn. od systemu stanowiącego bazę /tło/ wyjściową do jego organizacji. Jednoczesne rozważanie zagadnień kompatybilności elektromagnetycznej z mającymi na nią wpływ czynnikami operacyjno-taktycznymi, umożliwia pełniejsze spojrzenie na podmiot badań, a tym samym sprecyzowanie konkretnych wniosków odnośnie przydziału częstotliwości radioliniowych frontowi oraz podległym mu związkom, oddziałom i pododdziałom w operacji zaczepnej. Z tego też powodu problematyka kompatybilności elektromagnetycznej w pracy rozpatrywana jest łącznie z czynnikiem operacyjno-taktycznym. Również zakłócenia celowe łączności radioliniowej przez nieprzyjaciela można odnieść do grupy zagadnień związanych z kompatybilnością zewnątrzsystemową sieci radioliniowej /określenie tego pojęcia w dalszej części pracy/. Rozpatrywane są one w podrozdziale drugim.

1. Zagadnienia ogólne kompatybilności elektromagnetycznej łączności radioliniowej

Pojęcie "kompatybilności" /ang. - compatibility, franc. - compatibilite', ros. - совместимост'/ jest pojęciem ogólnym i bardzo szerokim - dotyczy bowiem wszelkich form niezakłóconego współistnienia pomiędzy różnymi urządzeniami, maszynami, radioliniami a również żywymi organizmami.^{x/}

Kompatybilność elektromagnetyczna /KEM/ jest również pojęciem szerokim, lecz zawężonym do dziedzin, związanych z istnieniem pól elektromagnetycznych i podlegających ich wpływom organizmów ludzkich, zwierzęcych, roślin i wszelkiego rodzaju urządzeń technicznych, a przede wszystkim systemów przesyłania i przetwarzania informacji - z radiofonią i telewizją włącznie.

^{x/} Wilhelm Rotkiewicz: "Kompatybilność elektromagnetyczna w radiotechnice", WKiŁ, Warszawa, 1978 r.

W dziedzinie radiotechniki pojęcie kompatybilności elektromagnetycznej jest ograniczone przede wszystkim do niezakłóconego odbioru sygnału pożądanego przy jednoczesnym działaniu na urządzenie odbiorcze sygnałów niepożądanych i wszelkiego rodzaju pól elektromagnetycznych zakłócających. Jest więc to pojęcie zawężone do szeroko pojętej selektywności urządzenia odbiorczego, jako zdolności do wydzielenia sygnału pożądanego spośród różnych innych sygnałów i odporności urządzenia odbiorczego na różne wpływy zakłócające.

Dla wojskowych systemów łączności można przyjąć, jako obowiązujące, pojęcie kompatybilności elektromagnetycznej, jedno z określeń Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej mówiące, iż oznacza ono możliwość współistnienia sygnału i zakłócenia bez straty informacji zawartej w sygnale.

Zabezpieczenie KEM jest bardzo złożonym zadaniem. Podstawowymi faktami składającymi się na to są:

1/ ograniczona pojemność podstawowej części widma częstotliwości radiowych i ich nierównomierne wykorzystanie w poszczególnych pasmach. Przykładowo najbardziej wykorzystywanymi w armii jest pasmo metrowe /30-300 MHz/, którego częstotliwości stosuje 60-65% środków radioelektronicznych;^{x/}

2/ stałe zwiększanie liczby środków radioelektronicznych w całym świecie, także w siłach zbrojnych. W pasie działania frontu może występować do 80 000 środków radioelektronicznych, a średnie zagęszczenie ich może wynosić do 25 na km² w strefie taktycznej. W ugrupowaniu wojsk frontu z całej globalnej liczby środków radioelektronicznych 80% stanowią środki łączności /pozostałe to: 16% - środki radiotechniczne i 4% - środki walki radioelektronicznej/;

^{x/} Effiektiwnost i bojewyje wozmożnosti sriedstw i kompleksow wojennoj swiazi, WAS, Leningrad, 1976 r.

3/ ciągle zwiększanie mocy promieniowanej przez środki radioelektroniczne. Za ostatnie 10-20 lat moc środków krótkofalowych i ultrakrótkofalowych szczebla taktycznego wzrosła 50 razy, szczebla armijnego 20-25 razy, frontowego 10 razy.

Zwiększenie potencjału energetycznego urządzeń nadawczych doprowadziło do zwiększenia zasięgów łączności oraz niezawodności przekazywania i odbioru informacji, co jest bardzo istotne zwłaszcza w warunkach celowych zakłóceń prowadzonych przez potencjalnego przeciwnika. Z drugiej jednak strony spowodowało zwiększenie obszaru, w obrębie którego urządzenia radioelektroniczne mogą się wzajemnie zakłócać;

4/ występowanie w urządzeniach nadawczych obok podstawowego kanału szeregu kanałów niepożądanego promieniowania oraz w odbiornikach - obok kanału podstawowego - szeregu kanałów bocznego odbioru.

Promieniowanie niepodstawowe urządzeń nadawczych jest zbędne do przekazywania informacji użytecznej, co więcej - jest to promieniowanie szkodliwe, ponieważ zakłóca pracę urządzeń odbiorczych. Poziom emisji niepożądanych zależy od rodzajów i parametrów modulacji, typów generatorów, obecności filtrów na wyjściu nadajnika, budowy nadajników, itp. Moc emisji niepożądanych, zwłaszcza na harmonicznych, w niektórych typach nadajników jest tylko o 20-30 dB mniejsza od emisji podstawowej.

Boczne kanały odbiorników nie są wykorzystywane do przekazywania informacji użytecznej. Są one szkodliwe dla odbiorników, gdyż pogarszają ich selektywność. Ilość kanałów bocznych zależy od typu urządzenia odbiorczego, a ich czułość jest z reguły o kilkadziesiąt decybeli mniejsza od czułości kanału podstawowego;

5/ występowanie wysokich poziomów bocznych i tylnych listków urządzeń antenowych środków radioelektronicznych, pogarszających możliwości selekcji przestrzennej. Sytuacja taka jest przyczyną występowania wzajemnych zakłóceń, ponieważ istnieje możliwość zarówno emitowania jak i odbioru z dowolnego kierunku.

Poziomy listków bocznych charakterystyk kierunkowych anten /ChKA/ w stosunku do głównego wynoszą: x/

a/ w zakresie centymetrowym - 20-40 dB,

b/ w zakresie decymetrowym - 15-25 dB,

c/ w zakresie metrowym - 10-20 dB.

Wiele typów urządzeń radioelektronicznych posiada małokierunkowy lub bezkierunkowy charakter emisji i odbioru;

6/ niestabilność częstotliwości nastrojonej i słaba odporność na zakłócenia niektórych typów urządzeń radioelektronicznych;

7/ emitowanie i odbieranie sygnałów z pominięciem anteny na skutek niedostatecznego ekranowania aparatury i możliwości przenikania zakłóceń poprzez obwody zasilające, komutacji itp.;

8/ zwiększenie się poziomu zakłóceń przemysłowych.

Problematyka KEM to walka o ciągłość i niezawodność dowodzenia i jako taka znalazła swoje miejsce w nauce wojennej. Jej zapewnienie to jeden z parametrów przewagi w "eterze", który wprowadzono w ostatnich latach do czwartego wymiaru pola walki. Problem ten - chociaż wymaga pilnego rozwiązania - nie zajmował jednak zbyt wiele miejsca w instrukcjach dotyczących bojowej pracy urządzeń radioelektronicznych, a pojawiająca się opracowania w tej dziedzinie, choć wartościowe, stanowią początek,

x/ Instrukcja "Zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń radioelektronicznych w czasie wspólnych działań wojsk wydzielonych w skład ZSZ", Sztab ZSZ, Moskwa 1977 r.

tezy wyjściowe, ogólne i teoretyczne, nie służące praktycznie organizatorom systemów łączności i ich eksploatorom. Istnieje więc potrzeba przetransponowania zawartych w nich rozważań i przemyśleń na konkretny realny system działania, a w przypadku tematu rozpatrywanego przez autorów pracy - na systemy łączności radioliniowej frontu, armii, dywizji i pułku.

Problematykę KEM systemów radioliniowych należy rozpatrywać w dwóch płaszczyznach: zewnętrznej i wewnętrznej. Pierwsza z nich to zagadnienia związane z koegzystencją radioelektroniczną planowanego i wykorzystywanego systemu łączności radioliniowej z innymi systemami radioelektronicznymi, a mianowicie - pozostałymi elementami składowymi nadrzędnego własnego systemu łączności /np. łącznością radiową, radioelektroniczną/, systemami radiotechnicznymi, systemami radioelektronicznymi sąsiadów /w tym należy również uwzględniać systemy radioelektroniczne nieprzyjaciela/, systemami radioelektronicznymi cywilnymi itp.

Zewnątrzsystemowe zakłócenia sieci radioliniowych to również celowe zakłócenia radioliniowe nieprzyjaciela. I chociaż nie można planować systemu łączności radioliniowej frontu, kompatybilnego z systemem WRE strony przeciwnej /ponieważ nieprzyjaciel z góry zakłada niekompatybilność jednostronną tych dwóch systemów radioelektronicznych, zgodnie zresztą z celem użycia środków WRE/, a więc ujmować ich w płaszczyźnie kompatybilności zewnątrzsystemowej, zakłócenia celowe nieprzyjaciela ujęto jednak w tym podtemacie ze względów czysto pragmatycznych, umożliwiających rozpatrzenie tej samej problematyki badawczej bez wprowadzania dodatkowego podtematu, tym bardziej, że ich charakter jest częściowo zbieżny z zakłóceniami zewnątrzsystemowymi, powo-

dowanymi poprzez inne systemy radioelektroniczne nieprzyjaciela /systemy łączności, radiotechniczne itp./.

Pod pojęciem KEM wewnętrznej należy widzieć problematykę koegzystencji radioelektronicznej środków radioliniowych wchodzących w skład danego systemu łączności radioliniowej.

2. Kompatybilność zewnętrzna sieci radioliniowej frontu w operacji zaczepnej

Warunkiem zapewnienia KEM zewnętrznej systemu łączności radioliniowej jest takie zaplanowanie przydziału częstotliwości dla jego relacji radioliniowych aby nie ulegały one zakłóceniom polami elektromagnetycznymi innych systemów radioelektronicznych.

Rozpatrując to uwarunkowanie trzeba stwierdzić, że systemów radioelektronicznych niekompatybilnych elektromagnetycznie z systemem łączności radioliniowej jest dużo i to po obu stronach walczących wojsk. Będą nimi zarówno systemy łączności /wojskowe i cywilne/ oraz inne systemy jak np. radiotechniczne i energetyczne /ważniejsze niekompatybilne ze środkami radioliniowymi, środki systemów łączności własnych i przeciwnika przedstawiają załączniki 10 i 11/.

Uwzględnianie wszystkich potencjalnie niekompatybilnych urządzeń radioelektromagnetycznych wymienionych systemów jest bardzo pracochłonne, a niekiedy wręcz niemożliwe. Wynika to bowiem z braku niektórych niezbędnych w tym celu danych - przede wszystkim - środków radioelektronicznych nieprzyjaciela. O ile bowiem parametry częstotliwościowo-terytorialne własnych środków są znane i w trakcie procesu planowania można rozpatrywać ich kompatybilność z systemem łączności radioliniowej, o tyle parametry środków radioelektronicznych strony przeciwnej mogą być znane w pojedynczych przypadkach, natomiast w większo-

ści tylko ogólnie - jedynie od strony częstotliwościowej /tzn. znany nam jest zakres częstotliwości pracy wykorzystywany przez dany typ urządzenia lub środka/. Położenie w terenie jak i ich częstotliwość ulega częstym zmianom w okresie trwania operacji dlatego do ustaleń przydziału danych radiolinio- wych nie można przyjąć konkretnych wielkości, a jedynie pewne uogólnienia czy zalecenia.

Zakłócenia zewnątrzsystemowe mogą przedostawać się do urzą- dzeń odbiorczych zarówno w kanałach podstawowych jak i bocz- nych /lustrzanych, pośrednich/. Praktycznie oznacza to, iż planujący system łączności radioliniowej musi znać nie tylko częstotliwości podstawowe środków zakłócających lecz i inne ich parametry jak np.: charakterystykę przenoszenia nadajnika /widmo promieniowania/, charakterystykę obwodów wejściowych odbiornika /tłumienie częstotliwości niepożądanych/, itp. Jego zadanie polega bowiem na tym, aby otrzymać jasną odpowiedź na następujące pytania:

- 1/ czy urządzenia radiolinioowe są kompatybilne z innymi po- zasystemowymi urządzeniami radioelektronicznymi?
- 2/ jaka powinna być odległość, odstęp częstotliwości i ukie- runkowanie anten aby powyższe urządzenia były kompatybilne?

Zarówno w jednym jak i w drugim przypadku zachodzi koniecz- ność ustalenia mocy sygnałów zakłócających na wejściu urządze- nia odbiorczego /na które oddziałują zakłócenia/ i porówna- nie jej z dopuszczalnym dla danego odbiornika poziomem sygnałów zakłócających. Planowany system łączności radioliniowej będzie kompatybilny zewnątrznie wówczas jeśli dla każdej czynnej sta- ncji radioliniowej spełniony zostanie poniższy warunek:

$$P_z \leq P_z \text{ dop.}$$

gdzie: P_z - moc sygnału zakłócającego,
 P_z dop.- moc zakłóceń dopuszczalnych.

Jest rzeczą oczywistą, że dla urządzeń radioelektronicznych wojsk własnych warunkiem ten powinna obowiązywać zasada wzajemności. Nie jest bowiem do przyjęcia sytuacja, kiedy właściwie zaplanowany z punktu widzenia kompatybilności zewnętrznej, system łączności radioliniowej zakłóca pracę innych systemów radioelektronicznych wojsk własnych. Inną stroną tego zagadnienia jest wypracowanie odpowiednich ustaleń: kto powinien od czyich zakłóceń się uchylać, a więc zmieniać częstotliwość pracy swojego środka. Praktycznie oznacza to wypracowanie odpowiednich priorytetów w gospodarce częstotliwościowej wojsk frontu, które powinny uwzględniać znaczenie danej relacji radioelektronicznej w hierarchii zdarzeń decydujących o osiągnięciu celu operacji zaczepnej.

Przyjęcie takich ustaleń wydaje się konieczne, szczególnie w przypadku wprowadzenia matematycznych /EMC/ metod rozdziału częstotliwości. Musi je bowiem uwzględniać opracowane oprogramowanie.

Jeżeli przyjąć, iż system radioliniowy ma priorytet^{x/} - można nie zajmować się jego zakłóceniami pozasystemowymi innych systemów radioelektronicznych wojsk własnych. Problematykę powyższą będą zmuszeni uwzględnić projektanci /inżynierowie/ powyższych systemów, oczywiście pod warunkiem dostarczenia im danych o potencjalnie niekompatybilnych dla ich urządzeń naszych środkach radioliniowych.

x/ Przyjęcie takiego wariantu wydaje się konieczne ze względu na ograniczoną pulę częstotliwości jaką dysponują środki radioliniowe w porównaniu z potrzebami /kilkakrotnie niższa od potrzeb/, a także z powodu istotnych ograniczeń powodowanych ustaleniami w zakresie kompatybilności wewnętrznej, które ujmują następujący podrozdział pracy

Przyjęcie wariantu innego od powyższego, prowadzić będzie każdorazowo do uwzględniania wszystkich możliwych przypadków urządzeń radioelektronicznych niekompatybilnych z naszym systemem łączności radioliniowej. Przedstawia je tabela 20.^{x/}

Tabela 20

Lp.	Zakłócanie urządzenie radioelektroniczne	Urządzenie radioelektroniczne - źródło zakłóceń	Uwagi
1	2	3	4
1	R-122M2	R-409 "A"	
2	R-405 "M"	R-102, R-110, R-111, R-118, R-140	
3	R-409 "A"	R-122M2, R-802, R-824	
4	R-409 "B"	R-802, R-824 P-12M, R-834 R-803, R-832	
5	R-409 "C"	R-802, R-824, P-12M R-832, R-834, R-803	
6	R-405 "DCM"	R-802, R-824, R-803	
7	P-12M	R-409 "B"; R-409 "C"	
8	P-15	R-409 "C"; R-404	
9	1332 /I/	R-404	
10	1331	R-404	
11	R-824 R-825/ R-821	R-409 "A"; R-409 "B"; R-409 "C" R-405 "DCM"	
12	R-834	R-409 "A"; R-409 "B"; R-409 "C"	
13	R-802	R-409 "A"; R-409 "B", R-409 "C" R-405 "DCM"	
14	R-832 R-803	R-409 "A"; R-409 "B"; R-409 "C"	
15	DRT-7	R-404	

Instrukcja "Zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń radioelektronicznych w czasie wspólnych działań Wojsk wydzielonych w skład Zjednoczonych Sił Zbrojnych"
Sztab ZSZ, Moskwa 1977 r.

1	2	3	4
16	RSBN-2	R-404	
17	ARP-6	R-409 "A"; R-409 "B"	
18	R-409 "B" R-409 "C"	R-834P	
19	R-409 "A", "B", "C" R-405 "M", "DCM"	R-949	
20	R-409 "B", "C" R-405 "DCM"	SPS-5	

Jak wykazuje tabela 20 możliwych niekompatybilnie, i to obustronnie, typów urządzeń radioelektronicznych z systemem łączności radioliniowej frontu jest dużo. Jedynym zaś kompatybilnym jednostronnie środkiem radioliniowym jest stacja radioliniowa R-404 /sama niemożliwa do zakłócenia, zakłóca pracę szeregu innych urządzeń/. Przy takiej mnogości niekompatybilnych środków radioelektronicznych w pasie działania frontu, prowadzenie żmudnych obliczeń ich kompatybilności wzajemnej od podstaw jest nierealne i niemożliwe, dlatego nasuwa się prosty wniosek, odnośnie konieczności wypracowania prostych i szybkich metod określania wzajemnych odstępów częstotliwościowo-przestrzennych między urządzeniami niekompatybilnymi. Ich zapewnienie będzie warunkiem uzyskania kompatybilności zewnątrzsystemowej. Wydaje się również iż takie ich przedstawienie /wymogów zapewnienia kompatybilności/ jest przydatne z punktu widzenia wypracowania metody przydziału danych /częstotliwości/ radioliniowych za pomocą EMC.

Wyszczególniona wcześniej instrukcja Sztabu ZSZ "Zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń radioelektronicznych w czasie wspólnych działań wojsk wydzielonych w skład ZSZ" określa powyższe odległości częstotliwościowo-przestrzenne. Przedstawiono je w tabeli 21.

Tabela 21

URE - obiekt zakłóca- ny f_1	URE - źródło zakłóceń f_2	Położenie ChKA /kie- runkowość anten/	Wartość częstotliwości roboczych źródeł zakłóceń /MHz/				
			Dopuszczalna odległość pomiędzy URE. R_{dop} /km/				
			I	II	Inne war- tości		
1	2	3	4	5	6		
R-122M2	R-409 A		$2f_1+1,9-2,1/$ $2f_1+5,9-6,1/$	$3f_1+3,8-4,2/$ $3f_1+7,8-8,2/$	f_2		
		GG	2	< 1	< 1		
		GB	< 1	< 1	< 1		
		BG	< 1	< 1	< 1		
		BB	< 1	< 1	< 1		
R-405 "M"	R-102M2 R-110M R-111 R-118 R-140		Harmoniczne emisji podstawowej nadajników /od 3 wzwyż/ mogą od- działywać na podstawowe kanały odbioru				
			R-102M2	R-110M	R-111	R-118	R-140
		GG	1	5	< 1	< 1	3,5
		GB	< 1	2	< 1	< 1	1,5
		BG	< 1	2	< 1	< 1	1
	BB	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
R-409 "A"	R-122M2		$\frac{f_1 \pm 0,06}{2}$	$\frac{f_1 \pm 0,06}{3}$	f_2		
		GG	5	2	< 1		
		GB	3	< 1	< 1		
		BG	2	< 1	< 1		
		BB	< 1	< 1	< 1		
	R-802		$f_1 \pm 0,06$	$f_1 - 18$	f_2		
	GG	DHR	< 1	< 1	< 1		
	GB	DHR	< 1	< 1	< 1		
	BG	DHR	< 1	< 1	< 1		
	BB	DHR	< 1	< 1	< 1		

1	2	3	4	5	6
	R-824		$f_1 \pm 0,06$	$f_1 \pm 0,18$	f_2
		GG	70	1,5	< 1
		GB	65	< 1	< 1
		BG	70	1,5	< 1
		BB	65	< 1	< 1
R-409"B"	R-802		$f_1 \pm 0,2$	$\frac{f_1}{2} \pm 0,16$	f_2
		GG	DHR	DHR	< 1
		GB	DHR	180	< 1
		BG	DHR	DHR	< 1
		BB	RHR	180	< 1
	R-824		$f_1 \pm 0,2$	$\frac{f_1}{2} \pm 0,16$	f_2
		GG	70	50	< 1
		GB	50	40	< 1
		BG	70	50	< 1
		BB	50	40	< 1
	P-12		$f_1 \pm 0,4$	$f_1 - /35,7-36,2/$	f_2
		GG	90	5	
		GB	85	3	
		BG	45	< 1	
		BB	45	< 1	
	R-834		$f_1 \pm 0,2$	$2f_1 - /17,7-18,3/$ $2f_1 - /53,7-54,8/$	f_2
		GG	75	1,5	< 1
		GB	55	< 1	< 1
		BG	75	1,5	< 1
		BB	55	< 1	< 1
	R-832 R-803		$f_1 \pm 0,2$		f_2
		GG	DHR		< 1
		GB	DHR		< 1
		BG	DHR		< 1
		BB	DHR		< 1

1	2	3	4	5	6	
R-409"C"	R-802		$f_1 \pm 0,5$	$f_1 \pm 0,5; f_1 \pm 0,5$	f_2	
			$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{3}$ $\frac{4}{4}$		
		GG	120	110	1,5	
		GB	15	10	<1	
		BG	120	110	1,5	
	BB	15	10	<1		
		P-12M		$f_1 \pm 0,7$	$f_1 \pm 0,8$	f_2
			$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{3}$		
	GG		45	40	25	
	GB		35	30	5	
	BG		25	20	2	
	BB	10	5	<1		
		R-832		$f_1 \pm 0,5$	$f_1 +76$	f_2
	GG		DHR	10	2	
	GB		DHR	2,0	<1	
	BG		DHR	10	2	
BB	DHR		2,0	<1		
	R-834		$f_1 \pm 0,5$	$f_1 \pm 76$	f_2	
GG		80	30	8		
GB		60	10	<1		
BG		80	30	8		
BB		60	10	<1		
	R-803		$f_1 \pm 0,5$	$f_1 -76$	f_2	
GG		DHR	10	2		
GB		DHR	2	<1		
BG		DHR	10	2		
BB		DHR	2	<1		
	R-824		$f_1 \pm 0,5$	$f_1 \pm 0,5; f_1 \pm 0,5$	f_2	
		$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{3}$ $\frac{4}{4}$			
GG		40	40	10		
GB		30	30	1,5		
BG		40	40	10		
BB	30	30	1,5			

1	2	3	4	5	6	
R-405 "DCM"	R-802		$\frac{f_1}{3} \pm 0,12$	$\frac{f_1}{4} \pm 0,12$	f_2	
		GG	430	320	<1	
		GB	80	60	<1	
		BG	430	320	<1	
	BB	80	60	<1		

	R-824			$\frac{f_1}{3} \pm 0,12$	$\frac{f_1}{4} \pm 0,12$	f_2
		GG	55	50	2	
		GB	45	40	<1	
		BG	55	50	2	
	BB	45	40	<1		

	R-803			$\frac{f_1}{2} \pm 0,12$		f_2
		GG	DHR			<1
		GB	DHR			<1
		BG	DHR			<1
BB	DHR			<1		

P-12M	R-409"B"		$f_1 \pm 0,38$	$f_1 + 46$	f_2	
		GG	70	30	10	
		GB	50	3	<1	
		BG	55	6	<1	
	BB	35	<1	<1		

	R-409"C"			$2f_1 + /21,8-24,2/$	$3f_1 + /44,2-47,8/$	f_2
		GG	30		6	<1
		GB	2		<1	<1
		BG	7		<1	<1
BB	<1		<1	<1		

P-15	R-409"C"		$\frac{f_1}{2} \pm 1,2$		f_2	
		GG	4		<1	
		GB	<1		<1	
		BG	<1		<1	
BB	<1		<1			

1	2	3	4	5	6
	R-404		$2f_1 + /23,2-36,8/$	$2f_1 + /83,2-96,8/$	f_2
		GG	35	35	5
		GB	2	2	<1
		BG	3	3	<1
		BB	<1	<1	<1
1332/1/	R-404		$\frac{f_1}{4} \pm 13,8$		f_2
		GG	<1		<1
		GB	<1		<1
		BG	<1		<1
		BB	<1		<1
1331	R-404		$\frac{f_1}{4} \pm 14$		f_2
		GG	<1		<1
		GB	<1		<1
		BG	<1		<1
		BB	<1		<1
R-824 R-825 R-821	R-409"A"		$f_1 - 0,07$	$f_1 - 55,6$	
		GG	52	5	
		GB	52	5	
		BG	50	3	
		BB	50	3	
	R-409"B"		$f_1 \pm 0,2$	$2f_1 - /27,6-28,4/$ $2f_1 - /83,6-84,4/$	
		GG	55	5	
		GB	55	5	
		BG	35	<1	
		BB	35	<1	
	R-409"C"		Dla dowolnych wartości f_2		
	R-405 "DCM"	GG	<1		
		GB	<1		
		BG	<1		
		BB	<1		

1	2	3	4	5	6	
R-834	R-409"A"		$f_1 \pm 0,1$ $\frac{\quad}{2}$			
		GG	25			
		GB	25			
		BG	20			
		BB	20			
	R-409"B"		$f_1 \pm 0,2$		$f_1 -48$	
		GG	50		4	
		GB	50		<1	
		BG	35		<1	
		BB	35		<1	
	R-409"C"		$f_1 \pm 0,4$		$f_1 -48$	f_2
		GG	45		4	<1
		GB	45		4	<1
BG		35		<1	<1	
BB		35		<1	<1	
R-802	R-409"A"		$f_1 \pm 0,06$		$f_1 -48$	
		GG	DHR		5	
		GB	DHR		5	
		BG	DHR		3	
		BB	DHR		3	
	R-409"B"		$f_1 \pm 0,2$		$2f_1 -/23,6-24,4/$ $2f_1 -/71,6-72,4/$	
		GG	DHR		5	
		GB	DHR		5	
		BG	500		<1	
		BB	500		<1	
	R-409"C"		$2f_1 -/47,2-48,8/$			f_2
		GG	2			<1
		GB	2			<1
BG		<1			<1	
BB		<1			<1	

1	2	3	4	5	6
	R-405 "DCM"	GG GB BG BB	Dla dowolnych wartości f_2 <1 <1 <1 <1		
R-832 R-803	R-409"A"	GG GB BG BB	$f_1 \pm 0,03$ $\frac{1}{2}$ 50 50 26 26		
	R-409"B"	GG GB BG BB	$f_1 \pm 0,2$ DHR DHR DHR DHR	$f_1 -50$ 7 7 <1 <1	
	R-409"C"	GG GB BG BB	$f_1 \pm 0,5$ DHR DHR DHR DHR	$f_1 -50$ 4 4 <1 <1	
DRŁ-7 RS BN-2	R-404	GG GB BG BB	Dla dowolnych wartości f_2 <1 <1 <1 <1		
ARP-6	R-409"A"	GG GB BG BB	$f_1 \pm 0,1$ 25 25 22 25		

1	2	3	4	5	6
	R-409"B"		$f_1 \pm 0,4$		
		GG	26		
		GB	26		
		BG	20		
		BB	20		
R-409"B" R-409"C"	R-834P		$f_1 \pm 0,16$	$f_1 \pm 0,46$	f_2
		GG	60	65	8
		GB	45	50	2
		BG	60	65	8
		BB	45	30	2
R-409"A"	R-949		$f_1 \pm 0,3$		f_2
R-405"M"			$f_1 \pm 0,14$		
R-409"B"			$f_1 \pm 0,63$		
R-405 "DCM"			$f_1 \pm 0,75$		
R-409"C"			$f_1 \pm 0,81$		
		GG	DHR		2
		GB	DHR		<1
		BG	DHR		2
		BB	DHR		<1
R-409"B"	SPS-5		$f_1 \pm 10$	$f_1 \pm /20-30/$	
		GG	DHR	5	
		GB	DHR	3	
		BG	150	<1	
		BB	85	<1	
R-409"C"			$\frac{f_1 \pm 10}{2}$		
		GG	10		
		GB	5		
		BG	2		
		BB	<1		

1	2	3	4	5	6
R-405"C"			$f_1 \pm 10$		
			$\frac{f_1}{2}$		
		GG	20		
		GB	10		
		BG	5		
		BB	2		

Uwagi: 1. $R_{dop.}$ - oznacza odległość między urządzeniami radioelektronicznymi /URE/, przy której promieniowanie jednego z nich nie powoduje zakłóceń drugiego, z uwzględnieniem różnych wariantów wzajemnej orientacji listków charakterystyk kierunkowych anten /ChKA/ i przypadków pracy URE na tych samych lub różnych częstotliwościach.

2. Obliczenia dopuszczalnej odległości między nadajnikiem i odbiornikiem przeprowadzone zostały dla następujących przypadków wzajemnego oddziaływania:

- a/ promieniowanie podstawowe nadajnika oddziałuje na główny kanał odbioru odbiornika,
- b/ promieniowanie podstawowe nadajnika oddziałuje na boczny kanał odbiornika,
- c/ promieniowanie uboczne nadajnika na harmonicznych oddziałuje na podstawowy kanał odbioru odbiornika.

3. G - listek główny ChKA;

B - listek boczny ChKA.

Litera stojąca na pierwszym miejscu odnosi się zawsze do nadajnika, na drugim - do odbiornika.

4. W przypadku, gdy chociaż jedno z urządzeń rozpatrywanej pary URE umieszczone jest na statku powietrznym, minimalna dopuszczalna odległość pomiędzy nimi podana została dla maksymalnej wysokości lotu statku powietrznego. Będzie to:

a/ odległość horyzontu radiowego /DHR/, jeśli moc nadajnika jest dostatecznie duża by oddziaływać w jego granicach,

b/ konkretna odległość jeżeli będzie mniejsza od odległości horyzontu radiowego.

Analiza danych zawartych w powyższej tabeli wskazuje, że najbardziej podatne na wzajemne zakłócenia ze strony środków radioliniowych są lotnicze pokładowe urządzenia łączności radiowej i radionawigacji, a także odwrotnie - relacje radioliniowe /za wyjątkiem R-404/ są bardzo podatne na zakłócenia ze strony pracujących pokładowych urządzeń łączności radiowej i radionawigacji.

Do charakterystycznych cech pracy pokładowych urządzeń radioelektronicznych należą:

- 1/ konieczność utrzymywania łączności, często na dużych odległościach, z urządzeniami naziemnymi;
- 2/ ciągła i jednoczesna praca wielu urządzeń w czasie lotu;
- 3/ ograniczone możliwości wyłączenia urządzeń pokładowych w czasie przelotu lotnictwa nad strefą działania wojsk własnych.

Sytuacja radioelektroniczna w rejonie dyslokacji lotnisk ma przeważnie cechy stałe. Jednak podczas działań lotnictwa w czasie wspólnych operacji wojsk, sytuacja radioelektroniczna może się zmieniać w sposób przypadkowy. Najczęściej przypadkowy charakter mają zakłócenia wzajemne pracy urządzeń pokładowych przez urządzenia systemu łączności radioliniowej i odwrotnie, co powodowane jest zmieniającymi się szybko położeniem samolotów /śmigłowców/ w czasie wykonywania lotów. Z tego powodu niemożliwa praktycznie staje się koordynacja przestrzenna pokładowych URE z siecią łączności radioliniowej frontu. Koordynacja przestrzenna jest dodatkowo niemożliwa z tego powodu, że strefa wzajemnych zakłóceń między tymi środkami w większości przypadków jest większa niż obszar objęty działaniami wojsk frontu. Sytuacja taka ma miejsce w przypadku radiostacji R-802 /zakłócanie relacji R-409 "A" i "B" na odległość ho-

ryzontu radiowego^{x/}, R-832, R-803 /zakłócanie relacji R-409 "B" na odległość horyzontu radiowego/, R-832, R-803 - zakłócanie relacji R-409 "C" na odległość horyzontu radiowego/, R-803 /zakłócanie relacji R-405 "DCM" na odległość horyzontu radiowego/, R-802 /zakłócanie relacji R-405 "DCM" - na odległość do 430 km/, stacji R-949 /zakłócanie relacji R-409 "A" i "B" oraz R-405 "DCM" - na odległość horyzontu radiowego/, stacji typu SPS-5 /zakłócanie relacji R-409 "B" - na odległość horyzontu radiowego/. Jednocześnie odwrotnie - intensywne zakłócenia mogą powodować pracujące relacje radioliniowe R-409 i R-405Z w funkcjonujących systemach wykorzystujących powyższe URE.

W związku z powyższym, w celu zapewnienia kompatybilności pokładowych środków łączności i radionawigacyjnych, należy:

1/ stosować odpowiednie odstępy częstotliwościowe dla relacji radioliniowych od częstotliwości, które wykorzystują w paśmie działania frontu pokładowe środki łączności i radionawigacji;

2/ stosować korekcję w czasie pracy pokładowych URE wojsk lotniczych i środków radioliniowych.

Należy również zwrócić uwagę na intensywne zakłócenia pracujących relacji radioliniowych, które mogą być powodowane przez własne środki radioelektroniczne WRE /stacja SPS-5, R-949/. Ich skuteczność, podobnie jak dla URE pokładowych, sięga na odległość horyzontu radiowego /na częstotliwościach wspólnokanałowo-

^{x/} Odległość horyzontu radiowego /DHR/ oznacza promień maksymalny podstawowej strefy propagacji fali, w której zachodzi proporcjonalność $E \sim d^{-2}$ /E - natężenie pola elektromagnetycznego, d - odległość od źródła fali/. Określono je wzorem /dla propagacji przestrzennej/:

$$DHR = 4 \sqrt{h_1 + h_2}$$
; gdzie: DHR - w km, a h_1 i h_2 - wysokość zawieszenia anten w metrach

wych/. Dlatego skoordynowane ich wykorzystanie uwzględniające sytuację radioelektroniczną wojsk własnych jest niezbędne i konieczne.

Dla pozostałych URE wykazanych w tabeli 21 możliwa jest zarówno koordynacja przestrzenna jak i częstotliwościowa /koordynacja częstotliwościowo-przestrzenna/, w związku z czym spełnienie kryteriów kompatybilności nie jest tak ostre. Można więc dla wymienionych urządzeń /środków/ i środków radioliniiowych w pasie działania frontu przydzielać nawet częstotliwości wspólnokanałowe.

W tabelach 20 i 21 nie ujęto wprowadzonego do wojsk nowego sprzętu, a mianowicie radiostacji R-831M, R-845. Biorąc jednak pod uwagę ich dane taktyczno-techniczne /częstotliwość i moc/ będą one wzajemnie niekompatybilne ze stacjami radioliniiowymi R-409 /zakresy A, B, C/ i R-405Z /zakresy M i DCM/, przy czym jako $R_{dop.}$ dla częstotliwości wspólnokanałowych należy przyjąć /analogia R-409B \longleftrightarrow R-824, przy uwzględnieniu mniejszych mocy powyższych stacji/ 60 km, natomiast dla danych harmonicznych - 40 km i dla innych częstotliwości - 1 km.

Dane tabelaryczne nie uwzględniają również kompatybilności elektromagnetycznej ze stacjami radiolokacyjnymi P-14 i P-14F wykorzystującymi pasmo powyżej 2 m.

Na podstawie danych uzyskanych od towarzyszy radzieckich^{x/} dla częstotliwości wspólnokanałowych należy przyjmować następujące odległości:

1/ między R-405"M" i P-14F - co najmniej 21 km;

2/ między R-409"A" i P-14F - co najmniej 25 km;

3/ między R-409"B" i P-14 - co najmniej 25 km,

natomiast dla wszystkich innych częstotliwości - co najmniej

5 km.

x/ Dane uzyskane podczas kursów operacyjnych w WAS w Leningradzie

Kompatybilność systemu łączności radioliniowej z systemami radioelektronicznymi nieprzyjaciela można ujmować tylko jednostronnie, tzn.: od strony zakłóceń powodowanych wykorzystywanymi przez niego URE, a wpływających na nasze relacje radioliniowe.

Analogicznie do poprzednio prowadzonych rozważań, teoretycznie najgroźniejsze dla systemu łączności radioliniowej będą pokładowe środki łączności lotnictwa. Wykorzystują one pasmo od 100 do 400 MHz /załącznik 11/, w związku z czym należy się liczyć z zakłóceniami relacji radioliniowych R-405 "DCM" i R-409, prawie w całym ich zakresie pracy i na odległości sięgające horyzontu radiowego. Są to jednak zakłócenia dwustronne, a więc rozpatrując problem operacyjnie - również groźne dla nieprzyjaciela. Jego więc zadaniem będzie uchylanie się od naszych zakłóceń, co oznacza iż ich wpływu na pracę naszych relacji radioliniowych praktycznie możemy nie uwzględniać.

Niekompatybilne z naszymi systemami radioliniowymi będą wykorzystywane przez nieprzyjaciela środki radioliniowe, przy czym rozpatrując ich wpływ, należy uwzględniać tylko te, które wykorzystują wspólne z naszymi środkami radioliniowymi pasma częstotliwości oraz minimalne dopuszczalne odległości między nimi, wykluczające wzajemne zakłócenia. Odległość ta, na podstawie danych porównawczych zawartych w literaturze^{x/} będzie wynosić 70 km. Biorąc z kolei pod uwagę fakt, że nasze środki radioliniowe: R-405, R-409, R-404 mogą być rozmieszczone od rubieży styczności wojsk odpowiednio w odległościach 1-3 km, 1-3 km, 15-20 km /4-6 km - w przypadku rozwijania na WPD armii/, należy

x/ Instrukcja "Zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń radioelektronicznych w czasie wspólnych działań wojsk wydzielonych w skład ZSZ", ZSZ, Moskwa, 1977 r.

przyjąć jako potencjalnie niekompatybilne z naszymi, środki radioliniowe nieprzyjaciela rozmieszczone w strefie jego działań w odległości 60 km od rubieży styczności wojsk.

Analiza ukompletowania oddziałów i pododdziałów łączności nieprzyjaciela w sprzęt radioliniowy oraz norm rozmieszczenia jego elementów ugrupowania ^{x/} pozwala zaliczyć do nich następujące środki: /tabela 22/

Tabela 22

Typ środka	Szczebel zastosowania	Częstotliwość /MHz/	Moc /W/	Zasięg /km/
AN/MRC-68	dywizja-brygada	54-70,9	40	40
AN/VRC-59	brygada	220-500	40	40
AN/MRC-54	od brygady wzwyż	50-1875	120	40
AN/TRC-24	GA, korpus, dywizja	80-600	120	40-50
AN/MRC-69	GA, korpus	50-600	120	40
AN/MRC-73	GA, korpus	50-600	120	45
AN/GRC-50-52	korpus, dywizja	600-1000 1350-1850	30	45
C-50	dywizja, brygada	223-400	50	40-50
F-12/400	związki taktyczne RPN	400-470	10	50

Oczywistym jest, że skuteczniejsze będą zakłócenia powodowane przez radiolinie rozmieszczone bliżej rubieży styczności wojsk /szczebel brygady i dywizji/. Wzajemne zakłócenia będą więc istotne dla obu walczących stron w strefach taktycznych. Będą to jednak zakłócenia przypadkowe, trudne do przewidzenia z góry /nieznane miejsca rozmieszczenia stacji radioliniowych przeciwnika oraz wartości częstotliwości ich pracy/, dlatego niemożliwym będzie ich dokładne uwzględnienie w planowaniu przydziału danych radioliniowych dla naszego systemu łączności

^{x/} Kompendium SZ NATO - Sztab Gen. WP, Warszawa 1985 r.

radioliniowej /zresztą dla przeciwnika podobnie/. Jedynym sposobem przeciwdziałania tym zakłóceniom jest zmiana częstotliwości pracy zakłócanej relacji radioliniowej, a więc dysponowanie pulą częstotliwości rezerwowych dla stacji radioliniowych, wykorzystywanych do pracy w strefie taktycznej lub też - z góry przydzielanie częstotliwości rezerwowych dla ważniejszych relacji /armia - dywizja, SD armii - ZSD armii, dywizja - pułk/.

Należy się również liczyć z zakłócającym oddziaływaniem na pracujące środki radioliniowe niektórych typów radiostacji UKF nieprzyjaciela. Zaliczyć do nich można przede wszystkim radiostacje: AN/VRC-47, AN/VRC-46, AN/VRC-12, AN/PRC-77, AN/PRC-88, UK/PRC-353, TRC-570, AN/PRC-70. Zajmują one pasmo metrowe radiolinii R-405 oraz część podzakresu "A" radiolinii R-409 /od 60 do 76, a nawet 80 MHz/ oraz dysponują mocą od 30 do 50 W. Stosowane na niskich szczeblach dowodzenia, a więc blisko rubieży styczności, mogą zakłócająco oddziaływać na środki radioliniowe wykorzystujące ten zakres fal, na odległość horyzontu radiowego, tzn. 20-35 km. Oznacza to konieczność wyłączenia pasma fal od 60 do 80 MHz z przydziału relacjom radioliniowym pracującym w strefie 20-35 km od rubieży styczności wojsk lub dysponowania odpowiednim zapasem częstotliwości rezerwowych.

Najgroźniejsze z punktu widzenia realizacji zadań stojących przed łącznością radioliniową są celowe zakłócenia jej poszczególnych relacji przez środki WRE nieprzyjaciela. Zakłócenia te z zasady nie mają charakteru przypadkowego /choć i takiego faktu nie można wykluczyć/, tzn. realizować będą wypracowaną przez rozpoznanie radioelektroniczne, koncepcję obezwładniania radioelektronicznego relacji radioliniowych wykorzystywanych w istotnych ogniwach /relacjach/ dowodzenia. Nieprzy-

jacieli może skutecznie zakłócać /obezwładniać/ relacje radioliniowe na odległość 30 km od linii styczności - z naziemnych środków zakłócających i na odległość 290 km - z powietrznych środków^{x/}. Przykładem systemu WRE nieprzyjaciela, posiadającego takie możliwości jest samolotowy system obezwładniania RE łączności radioliniowej i troposferycznej "CEFIRE TIGER" /1 komplet w korpusie armijnym/. Jego możliwości przedstawia tabela 23.

Tabela 23

Długość kierunku /odcinka/ radioliniowego	ChKA	Głębokość obezwładniania w zależności od wysokości lotu /km/		
		500 m	3600 m	5000 m
Typ stacji radioliniowej				
1	2	3	4	5
R-404 d = 35 km	liściek główny	105	230	280
	liściek boczny	60	60	60
	liściek tylny	20	20	20
R-404 d = 18 km	liściek główny	100	170	170
	liściek boczny	40	40	40
	liściek tylny	15	15	15
R-409"A" d = 40 km	liściek główny	95	210	280
	liściek boczny	90	200	260
	liściek tylny	70	180	200
R-409"A" d = 20 km	liściek główny	85	200	260
	liściek boczny	80	190	240
	liściek tylny	50	115	115
R-409"B" d = 40 km	liściek główny	110	230	290
	liściek boczny	50	220	270
	liściek tylny	75	190	200

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

1	2	3	4	5
R-409"B" d = 20 km	listek główny	95	220	280
	listek boczny	80	200	250
	listek tylny	65	100	110

R-409"C" d = 40 km	listek główny	110	240	290
	listek boczny	90	220	270
	listek tylny	70	115	115

R-409"C" d = 20 km	listek główny	100	230	280
	listek boczny	80	130	130
	listek tylny	55	55	55

W tym przypadku ilość relacji radioliniowych, które może zakłócić /obezwładnić/ określają nie tylko dane techniczne wykorzystywanego przez niego sprzętu WRE lecz również jego ilość.

Na system łączności radioliniowej frontu mogą radioelektronicznie oddziaływać środki WRE korpusów amerykańskich. Przyjmując, że w początkowym etapie działań wojennych w skład sił lądowych Stanów Zjednoczonych stacjonujących w Europie wchodzi dwa korpusy, na sieć łączności radioliniowej frontu mogą oddziaływać dwa systemy obezwładniania "CEFIRE TIGER", które są w stanie zakłócać jednorazowo /w danym przedziale czasowym/ 2 relacje radioliniowe R-404 i 6 relacji radioliniowych R-409 /w tym relacje radioliniowe R-405/. Dodatkowo do zakłócania relacji radioliniowych mogą być przez nieprzyjaciela wykorzystywane środki WRE przeznaczone do obezwładniania łączności radiowej UKF i systemów radiotechnicznych. W tym miejscu należy wyraźnie zastrzec, że takie ich wykorzystywanie nie jest zgodne z ich przeznaczeniem, a więc będzie sporadyczne /nawet mało prawdopodobne/ i z zasady mało skuteczne.

W związku z powyższym możliwości nieprzyjaciela w zakresie celowego zakłócania łączności radioliniowej frontu trzeba rozpatrywać biorąc praktycznie pod uwagę jedynie system "CEFIRE TIGER". Przyjmując również, że jeden nadajnik zakłócający tego systemu może /stosując manewr częstotliwościami/ obezwładniać jednocześnie od dwóch do czterech relacji radioliniowych, w sieci radioliniowej frontu może być obezwładnianych 4-8 relacji radioliniowych R-404 oraz 12-24 relacji radioliniowych R-409 /R-405/. Można jednak założyć, iż nieprzyjaciel skieruje główny wysiłek na zakłócanie relacji radioliniowych wykorzystywanych w najważniejszych ogniwach dowodzenia, co pozwala przyjmując jako zasadę tezę zakłócenia przez niego, przede wszystkim, relacji radioliniowych R-404 oraz R-409 i to tylko zabezpieczających łączność między stanowiskami dowodzenia związków operacyjnych i taktycznych zaliczanych do pierwszej kategorii ważności.^{x/} Będą to więc przede wszystkim relacje radioliniowe pomiędzy stanowiskami dowodzenia frontu, armii, relacje pomiędzy stanowiskami dowodzenia frontu i armii I rzutu, stanowiskami dowodzenia frontu i podległej mu brygady rakiet operacyjno-taktycznych, stanowiskami dowodzenia armii I rzutu a stanowiskami dowodzenia jej związków taktycznych i brygady rakiet operacyjno-taktycznych. Oczywiście intensywność zakłóceń zależy będzie od znaczenia danego związku w ugrupowaniu operacyjnym oraz od okresu działań /znacznie intensywniejsze zakłócenia wystąpią w takich okresach jak: przełamanie, wprowadzanie drugich rzutów i operacyjnej grupy manewrowej, odparcie przeciwnika itp./.

^{x/} Rozprawa doktorska mjr. dypl. KOPACZA: "Wykorzystanie wojsk łączności armii w maskowaniu operacyjnym", Warszawa 1985 r.

Na tle przeprowadzonej powyżej analizy możliwości nieprzyjaciela w zakresie celowych zakłóceń sieci radioliniowej frontu nasuwa się wniosek iż może on skutecznie zakłócić od 4 do 8% kierunków radioliniowych /odcinków przelotowych/ R-404 oraz od 7 do 14% - kierunków radioliniowych /odcinków przelotowych/ R-409. Przyjmując jednak, że w niektórych relacjach radioliniowych jak: oś frontowa i armijna, kierunki radioliniowe front - armia i armia - dywizja, wykorzystywanych jest po kilka odcinków przelotowych, procent zakłócanych relacji radioliniowych odpowiednio się zwiększa. Oznacza to iż nieprzyjaciel może skutecznie zakłócić /obezwładnić/ radioelektronicznie znaczną ilość ważniejszych relacji radioliniowych.

Cel prowadzonych w pracy badań narzuca obowiązek uwzględnienia tych zakłóceń w programie przydziału częstotliwości dla relacji radioliniowych. Można oczywiście przyjąć, przy założeniu nieuwzględniania możliwości technicznych środków radioliniowych, iż dysponując pulą 8 częstotliwości dla stacji R-404 i 24 dla stacji R-409 /centralnie - ponieważ nie wiemy, które relacje mogą być obezwładniane/ będziemy w stanie skutecznie uchylać się od zakłóceń radioliniowych. Uwzględniając jednak obecne możliwości środków radioliniowych w aspekcie czasu niezbędnego do zmiany częstotliwości /od kilku do kilkunastu minut/ oraz fakt iż dostrojenie się kierunku radioliniowego realizowane jest przy promieniowaniu energii elektromagnetycznej w "eter", należy wykluczyć metodę "ucieczki" od zakłóceń celowych poprzez zmianę fali roboczej, przynajmniej do czasu wprowadzenia zautomatyzowanych linii radioliniowych lub chociażby zawczasu przygotowanych częstotliwości /ZPCz/ na podobnej zasadzie jak w radiostacjach R-137 i R-140.

Odrębną sferę zagadnień w zakłóceniach zewnątrzsystemowych łączności radioliniowej stanowią zakłócenia przemysłowe. Ich źródła można podzielić na następujące grupy:

1/ urządzenia przemysłowe, medyczne i naukowe generujące drgania w.cz. Urządzenia takie powodują zwykle zakłócenia w postaci niemodulowanych sinusoidalnych drgań i mogą oddziaływać na duże odległości;

2/ urządzenia elektryczne, nie generujące drgań w.cz. mechanizmy przełączające elektrycznych środków transportu, linie przesyłowe wysokiego napięcia, elektryczne urządzenia domowego użytku itp. Urządzenia takie powodują zakłócenia o charakterze aperiodycznych impulsów i działają na URŁ znajdujące się w niewielkich odległościach /jednostki, setki metrów/.

Emisja tych zakłóceń może mieć zarówno charakter losowy, jak i deterministyczny; mogą zajmować zarówno szerokie pasma częstotliwości jak i dyskretne - widmowe. Jednostkowe moce emitowane mogą być bardzo różne: od pikowatów do megawatów.

Wyniki prowadzonych pomiarów tych zakłóceń^{x/} wskazują, że najsilniej oddziałują one w zakresie poniżej 400 MHz w obrębie miast i w bezpośrednim sąsiedztwie urządzeń przemysłowych emitujących energię elektromagnetyczną w.cz., linii energetycznych itp. Zagadnienia te nie są jednak jeszcze dostatecznie zbadane, o czym mogą świadczyć różne aktualne programy badawcze.

Najistotniejszymi źródłami przemysłowych zakłóceń sieci radioliniowych, według prowadzonych badań i doświadczeń z ćwiczeń wojsk łączności, będą silniki elektryczne i spalinowe, urządzenia przemysłowe w.cz. /np. piece hutnicze i zgrzewarki/ oraz linie przemysłowe wysokiego napięcia. Wyniki tych badań wskazują

^{x/} "Kompatybilność elektromagnetyczna w radiotechnice", WKŁ
Warszawa, 1978 r.

minimalną odległość stacji radioliniowych od źródeł tych zakłóceń, która powinna wynosić: 300-500 m.

Podsumowując dotychczasowe rozważania z zakresu problematyki kompatybilności elektromagnetycznej zewnętrznej można zaproponować następujące przedsięwzięcia, które należy stosować w trakcie przydziału częstotliwości dla relacji sieci radiolinowej:

1/ ustalić priorytety w zakresie przydziału częstotliwości pomiędzy systemem radioliniowym a innymi systemami radioelektronicznymi wojsk własnych.

Przyjęcie takich priorytetów dla innych systemów radioelektronicznych /np. systemów łączności dowodzenia lotnictwem, radionawigacji lotniczej, radiolokacji i innych/ prowadzi do całkowitego wyłączenia z puli częstotliwości radioliniowych określonej liczby częstotliwości /w przypadku ich niekompatybilności w całym obszarze działań frontu/ lub ich wyłączenia z puli przydziału w określonych rejonach działań frontu /rejonny określone promieniem zakłóceń - $R_{dop.}$ /.

Priorytety powyższe powinny i mogą być ustalone w ramach współdziałania - już w okresie pokoju;

2/ określić w pasie działań frontu i jego sąsiedztwie rejonny funkcjonowania środków radioliniowych systemów łączności przełożonego /naczelnego dowództwa na ZTDW, Sztabu Generalnego WP/ oraz sąsiadów /sąsiednich frontów, rodzajów sił zbrojnych/ i na tej podstawie wyznaczyć obszary, w których nie można wykorzystywać częstotliwości pracy przydzielonych tym środkom;^{x/}

3/ określić, zgodnie z ustalonymi priorytetami, potencjalnie niekompatybilne pozasystemowe URE, wyznaczyć odpowiednio do ich położenia rejonny niekompatybilności z siecią radiolinio-

x/ Granice tych obszarów wyznacza promień zakłóceń dopuszczalnych / $R_{dop.}$ /, którego wielkość scharakteryzowano w następnym podrozdziale

wą frontu oraz częstotliwości radioliniowe, których nie można w obrębie tych rejonów wykorzystywać. W przypadku jeżeli wyznaczone rejonu niekompatybilności obejmują cały pas działania frontu, należy z puli przydziału jakim dysponuje front skreślić częstotliwości niekompatybilne;

4/ w przypadku prowadzenia działań przez front na obszarze własnego kraju lub państw sojuszniczych należy uwzględnić zajętość pasma częstotliwości radioliniowych R-405 i R-409 poprzez nadajniki telewizyjne, nadajniki radiowe UKF, radiosieci UKF resortowe /MSW, PKP/.

Wykorzystanie częstotliwości wspólnokanałowych należy wykluczyć w obszarze o promieniu 100 km od nadajników telewizyjnych i 60 km - od nadajników radiowych UKF;

5/ ze względu na możliwe zakłócenia sieci radioliniowej frontu poprzez środki radioliniowe nieprzyjaciela wyznaczyć pewną pulę częstotliwości rezerwowych dla relacji radioliniowych wykorzystywanych w pasie działania frontu na głębokość do 60 km od rubieży styczności wojsk. Najbardziej prawdopodobnymi będą zakłócenia relacji radioliniowych R-405 i R-409 /ze względu na środki radioliniowe jakimi dysponuje przeciwnik - tabela 22/, natomiast mało prawdopodobne będą zakłócenia relacji R-404 /mniej środków radioliniowych wykorzystujących pasmo od 1,5 GHz do 2 GHz po stronie przeciwnika oraz zakres ich wykorzystania od brygady wzwyż, determinujący zakłócenia tylnym lub bocznym listkami charakterystyki kierunkowej anteny/. W związku z tym jako zasadną należy przyjąć tezę, że podczas planowania łączności radioliniowej trzeba uwzględniać jedynie zakłócenia relacji radioliniowych R-409 i R-405. Skuteczność tych zakłóceń będzie malała wraz ze zwiększaniem się odległości środka radioliniowego od rubieży styczności wojsk. Dlatego szczególną uwagę

należy zwrócić na najważniejsze relacje radioliniowe wykorzystywane blisko rubieży styczności /do 40 km, ponieważ jest to normatywny zasięg relacji radioliniowych/, do których należy zaliczyć:

a/ relacje R-409 pomiędzy stanowiskami dowodzenia armii pierwszego rzutu /SD, ZSD/ a stanowiskami dowodzenia dywizji pierwszego rzutu /SD/,

b/ relacje R-409 ze stanowisk dowodzenia armii pierwszego rzutu /SD, ZSD/ do stanowisk dowodzenia brygad rakiet operacyjno-taktycznych /SD/,

c/ relacje radioliniowe R-409 z zapasowych stanowisk dowodzenia /ZSD/ armii pierwszego rzutu do wysuniętych punktów dowodzenia tych armii,

d/ relacje radioliniowe R-405 ze stanowisk dowodzenia dywizji /SD, WSD/ pierwszego rzutu do stanowisk dowodzenia /SD/ pułków i dywizjonów rakiet taktycznych.

Wymienione relacje powinny być zabezpieczone - obok częstotliwości roboczych - w dodatkową polę częstotliwości zapasowych;

6/ ze względu na możliwość zakłóceń systemu łączności radioliniowej radiowymi środkami UKF nieprzyjaciela /podzakresu metrowego stacji R-405 i części podzakresu "A" radiolinii R-409/ w miarę możliwości wyłączyć z przydziału w strefie do 35 km od rubieży styczności wojsk pasmo od 60 do 80 MHz;

7/ podczas planowania rozmieszczenia stacji radioliniowych w terenie, wyznaczyć na mapie obiekty mogące stanowić źródła zakłóceń przemysłowych, od których należy rozwijać stacje radioliniowe w odległościach co najmniej 500 m.

3. Kompatybilność wewnętrzna sieci radioliniowej frontu w operacji zaczepnej

Warunkiem osiągnięcia kompatybilności wewnętrznej sieci radioliniowej jest zapewnienie odpowiedniego stosunku wybranych parametrów pól elektromagnetycznych: użytecznego i zakłócającego, pochodzących od obiektów tej sieci /stacji radioliniowych/.

Antena odbiorcza o określonej polaryzacji /pionowej, poziomej/ reaguje zarówno na pole elektryczne użyteczne E_u , jak i zakłócające E_z , które jest wywołane przez inne stacje radioliniowe danej sieci. Największe zakłócenia występują w przypadku pracy różnych radiolinii w tych samych kanałach /na tych samych częstotliwościach/, - decydujące więc znaczenie mają zakłócenia wspólnokanałowe. Obok nich trzeba uwzględniać zakłócenia stacji pracujących na sąsiednich częstotliwościach - zakłócenia sąsiedniokanałowe. Pierwsze z nich decydują o najmniejszej dopuszczalnej odległości między dwoma stacjami radioliniowymi danej sieci radioliniowej, natomiast drugie - określają odstęp częstotliwościowy między sąsiednimi kanałami. Odstęp ten determinują takie parametry jak: szerokość pasma zajmowanego przez daną emisję i suma bezwzględnych tolerancji częstotliwości nadajnika i odbiornika rozpatrywanych stacji radioliniowych.

Analiza częstotliwościowa sytuacji zakłóceń w sieci radioliniowej musi również uwzględniać harmoniczne sygnałów użytecznych i zakłócających oraz kombinacje tych harmonicznych, a szczególnie przypadek zakłóceń intermodulacyjnych /powstających w odbiornikach superheterodynowych/.

Instrukcje stacji radioliniowych R-404, R-409 i R-405 odnoszą się w zasadzie do zagadnień kompatybilności elektromagnetycznej jednorodnej sieci radioliniowej /składającej się ze

stacji radioliniowych jednego typu/ i praktycznie w strefie bliskiej /rozmieszczenie stacji radioliniowych na niewielkim terenie, przykładowo w ramach jednego węzła łączności/. Traktują więc sferę zagadnień związanych z zakłóceniami sąsiednio-kanalowymi oraz zakłóceniami na harmonicznych częstotliwościach i ich kombinacjach, tylko dla jednego typu urządzeń radioliniowych.

Zasady przydziału częstotliwości dla poszczególnych typów stacji przedstawiono w załącznikach 12, 13 i 14^{x/}. Analizując zasady doboru częstotliwości dla poszczególnych typów stacji, zawarte w powyższych załącznikach, można dojść do następujących wniosków:

1/ dla stacji radioliniowej R-404:

a/ można ustalić nie więcej niż 23 pary częstotliwości /zestawów nadawczo-odbiorczych/ różniących się między sobą odpowiednio częstotliwościami odbiorczymi i nadawczymi,

b/ przyjmując jako zasadę przydział częstotliwości pracy dla kilku stacji rozmieszczonych na jednym węźle łączności, zgodny z warunkami dla jednej stacji radioliniowej, to na tym węźle można przydzielić zestawy par częstotliwości dla 4-5 relacji radioliniowych. W przypadku gdy na danym węźle wykorzystywanych jest więcej relacji należy stosować uproszczone warunki przydziału fal roboczych /załącznik 12 p.B.3/ oraz minimalną odległość między nimi - nie mniejszą niż 1 km. Sytuacja taka będzie miała miejsce na węzłach łączności stanowisk dowodzenia frontu, a szczególnie skomplikowana będzie w rejo-

^{x/} Załączniki opracowano na podstawie instrukcji "Stacja radioliniowa R-404", "Stacja radioliniowa R-409MA", "Stacja radioliniowa R-405Z" - wyd. MON, Warszawa ; odpowiednio 1967, 1982 i 1968 r.

nie wyjściowym i na rubieży wejścia do bitwy /układ sieci radioliniowej stanowi wówczas kopertę/. Dlatego w powyższych przypadkach należy rozmieszczać stacje radioliniowe R-404 grupami /po 2-3 stacje w grupie/ i przyjmować odległość między nimi nie mniejszą niż 1 km. Stacje pracujące w grupie powinny być tak dobrane aby pracowały w zbliżonych kierunkach /niewielkie różnice w azymucie anten/. Częstotliwości pracy stacji radioliniowych grupy należy dobierać zgodnie z warunkami doboru dla jednej stacji radioliniowej, natomiast między poszczególnymi grupami stacji danego węzła łączności można dopuścić uproszczone uwarunkowanie przydziału fal roboczych /załącznik 12 p.B.3/;

2/ dla stacji R-409:

a/ można ustalić nie więcej niż 600 par częstotliwości /300 w podzakresie "A" i po 150 w zakresach "B" i "C"/ różniących się między sobą odpowiednio częstotliwościami odbiorczymi i nadawczymi,

b/ na jednym węźle łączności można przydzielić kompatybilne zestawy par fal nadawczo-odbiorczych dla co najmniej 260 relacji radioliniowych /co najmniej 100 w podzakresie "A" i po 80 - w podzakresach "B" i "C"/, przyjmując odstęp odbiornik - odbiornik dwa numery fal;

3/ dla stacji radioliniowej R-405:

a/ można ustalić nie więcej niż 67 par częstotliwości /zestawów nadawczo-odbiorczych/ w zakresie metrowym oraz nie więcej niż 50 par częstotliwości - w zakresie decymetrowym, różniących się między sobą odpowiednio częstotliwościami nadawczymi i odbiorczymi,

b/ na jednym węźle łączności można przydzielić zestawy par fal nadawczo-odbiorczych nie więcej niż 16 relacjom radioliniowym w podzakresie metrowym /stosując podstawowy wariant przydziału częstotliwości/ i nie więcej niż 25 relacjom - w zakresie decymetrowym.

W przypadku stosowania "obniżonych" kryteriów przydziału częstotliwości w podzakresie metrowym /mniejszy odstęp nadawanie - odbiór/ dane radioliniowe można przydzielić większej ilości relacji.

Przedstawiona analiza możliwości przydziału kompatybilnych zestawów częstotliwości nadawczo-odbiorczych, oparta tylko i wyłącznie na danych instrukcyjnych poszczególnych typów stacji radioliniowych, daje jeszcze nie precyzyjny ale zbliżony obraz skomplikowanej sytuacji radioelektronicznej w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej wewnętrznej sieci radioliniowej frontu.

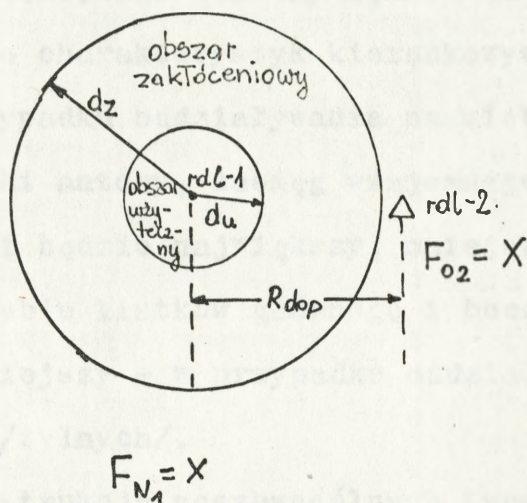
Skonfrontowanie przedstawionych w powyższych wnioskach danych, określających same tylko teoretyczne możliwości wydzielania kompatybilnych zestawów fal poszczególnych typów stacji radioliniowych z potrzebami w tym zakresie /tabela 19/ uwidacznia fakt, iż zapotrzebowanie częstotliwościowe frontu można zabezpieczyć w zależności od jego składu i dnia operacji w następującym zakresie:

- 1/ dla relacji R-404 - w 25-50%;
- 2/ dla relacji R-409 - w 300-560%;
- 3/ dla relacji R-405 - w 14-27%.

Jest więc oczywiste, że najtrudniejsza sytuacja w zakresie kompatybilności przydziału częstotliwości pracy występuje w przypadku relacji R-405, które w pasie działania frontu trzeba będzie powtarzać co najmniej 4-6-krotnie. Częstotliwości dla

relacji R-404 trzeba będzie powtarzać co najmniej dwukrotnie, natomiast wstępna analiza pokrycia potrzeb częstotliwościowych dla relacji radioliniowych R-409 wykazuje pełne ich zaspokojenie, a nawet 3-5-krotny nadmiar par fal nadawczo-odbiorczych.

Konieczność powtarzania częstotliwości roboczych dla różnych relacji radioliniowych danej sieci powoduje potrzebę ustalenia dopuszczalnej odległości pomiędzy stacjami radioliniowymi danego typu, wykorzystującymi częstotliwość wspólnokanałową /" R_{dop} "./. Jest to najmniejsza odległość między stacjami radioliniowymi wspólnokanałowymi, przy której zachowany jest odpowiedni odstęp sygnału użytecznego od sygnału zakłócającego /nadajniki stacji radioliniowych nie zakłócają nawzajem własnych odbiorników/.



Stacja 2 znajduje się poza zasięgiem zakłócającym stacji 1

Rys. 15. Zasięgi i obszary zakłócające oraz użyteczne dla anten dookólnych

Rysunek 15 przedstawia powyższą definicję w przypadku anten dookólnych na tle zasięgu użytecznego / du / i zakłócającego / dz /.

Zasięg użyteczny stacji radioliniowej jest to najmniejsza odległość od stacji do punktu, w którym mediana natężenia pola elektromagnetycznego spada do poziomu odpowiadającego czułości współpracującego odbiornika, natomiast zasięg zakłócający jest

to największa odległość od stacji radioliniowej do punktu, w którym natężenie pola elektromagnetycznego w ciągu ustalonego czasu przekracza poziom czułości obiektu zakłócanego zmniejszony o wartość współczynnika ochronnego.^{x/}

Zasięgi użyteczne dla poszczególnych typów stacji są prawie identyczne i można przyjąć, że wynoszą one 50 km /za wyjątkiem przypadku wykorzystania bloku wzmacniacza mocy podzakresu "M" stacji R-405, kiedy może on osiągać wartość 70 km/. Obszary użyteczne dla stacji radioliniowych nie będą tak jak na rysunku 15 ograniczone okręgiem, lecz na skutek wykorzystywania anten o charakterystyce kierunkowej, linią zamkniętą odpowiadającą tym charakterystykom /załącznik 15/. Podobnie też będą wyglądały obszary zakłóceń, przy czym kształt obszaru zakłóceń zależny będzie od wzajemnego położenia względem siebie charakterystyk kierunkowych stacji sąsiedniokanałowych. W przypadku oddziaływania na siebie głównych listków charakterystyki anteny, zasięg wzajemnego oddziaływania zakłócającego stacji będzie największy, mniejszy - w przypadku oddziaływania na siebie listków głównego i bocznego /bocznego i głównego/, a najmniejszy - w przypadku oddziaływania na siebie listków bocznych /tylnych/.

Instrukcje poszczególnych typów stacji radioliniowych nie podają najmniejszych dopuszczalnych odległości między stacjami wspólnokanałowymi. Jedynym wyjątkiem jest "Podręcznik łącznościowca - część XVII"^{xx/}. Zakłada on /przy zastrzeżeniu, iż

x/ Wyznaczona doświadczalnie lub teoretycznie wartość stosunku natężenia pola użytecznego do zakłócającego, zapewniająca jeszcze prawidłowe przekazywanie wiadomości

xx/ Wydawnictwo MON, Warszawa 1972 r.

zasada - jak często można powtarzać fale robocze - nie jest sprecyzowana/ możliwość powtarzania fal roboczych w osi radioliniowej co 3-4 odcinki przelotowe. Oznacza to, że minimalna dopuszczalna odległość między stacjami wspólnokanałowymi może wynosić 120-160 km. Biorąc pod uwagę komasację relacji radioliniowych frontu w obszarze do 100-150 km od rubieży styczności wojsk, przyjęcie powyższej normy praktycznie uniemożliwiłoby wielokrotne użycie tych samych częstotliwości. Należy więc krytycznie spojrzeć na powyższy warunek. Czy jest możliwe zmniejszenie tej odległości?.

Analiza propagacji fali przyziemnej typu ogólnego /propagacja wykorzystywana w łączności radioliniowej/ wskazuje na silny zanik natężenia fali elektromagnetycznej poza horyzontem radiowym /poza strefą podstawową propagacji fali przyziemnej/. Jest więc możliwość wykorzystania tego zjawiska i zastanowienia się na jakiej odległości natężenie tego pola będzie na tyle niskie, by nie było w stanie zakłócać odbiornika sąsiedniej stacji wspólnokanałowej. Podobne obliczenia - choć dla różnych typów stacji radioliniowych - prowadzono w Sztabie Zjednoczonych Sił Państw - Uczestników Układu Warszawskiego.^{x/} Na ich podstawie, poprzez porównanie wzajemnego oddziaływania na siebie /zakłócanie wzajemne/ stacji podobnych typów /np.: R-400 - R-404; R-409 - R-405/ można przyjąć następujące wielkości dopuszczalnej odległości między stacjami wspólnokanałowymi /tabela 24/.

^{x/} Instrukcja "Zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń radioelektronicznych w czasie wspólnych działań wojsk wydzielonych w skład ZSZ",
Moskwa 1977 r.

Tabela 24

Typ stacji	Położenie ChKA	Wartość dopuszczalnej odległości między stacjami wspólnokanałowymi $R_{dop.}$ /km/
R-404	GG	75
	GB	50
	BG	50
	BB	30
R-409	GG	65
	GB	60
	BG	60
	BB	55
R-405	GG	70
	GB	65
	BG	65
	BB	60

Jak widać z danych zawartych w tabeli 24 stosunkowo niewielkie różnice pomiędzy dopuszczonymi odległościami dla różnych położen charakterystyki kierunkowej anteny /ChKA/ występują dla stacji wspólnokanałowych R-409 i R-405 /około 10 km/. Dlatego też biorąc pod uwagę stosunkowo wysoką częstotliwość zmian położenia tych stacji w terenie podczas operacji zaczepnej, można dla radiolinii R-409 i R-405 przyjąć niezróżnicowane wartości $R_{dop.}$ wynoszące odpowiednio 65 i 70 km. Natomiast dla stacji radioliniowej R-404, biorąc z kolei pod uwagę stosunkowo duże pokrycie procentowe jej potrzeb częstotliwościowych /25-50%/, można przyjąć, że $R_{dop.}$ wynosi 75 km. Przyjęcie takich ustaleń znacznie uprości mechanizm zapisu uwarunkowań przydziału częstotliwości dla potrzeb programowania EMC, a jednocześnie, z punktu widzenia organizacji łączności, zezwoli w razie potrzeby na dokonywanie pewnych korekt w rozmieszczeniu stacji radioliniowych w terenie, bez konieczności przydziału nowych fal roboczych.

Zmieniająca się dynamicznie i niespodziewanie sytuacja operacyjno-taktyczna może wymuszać jednak zmiany w rozmieszczeniu stacji radioliniowych znacznie większe niż dopuszczalne w ramach opisanej wcześniej korekty. Dlatego celowym wydaje się przyjęcie współczynnika "ruchliwości" stacji radioliniowych. Przyjęcie go na poziomie ok. 30% zwiększa dopuszczalne odległości między wspólnokanałowymi stacjami radioliniowymi R-404, R-409 i R-405 odpowiednio do wartości 98, 85 i 91 km.

W celu wprowadzenia uproszczeń dla potrzeb EMC można przyjąć jedną wspólną wartość $R_{dop.}$ dla wszystkich typów radiolinii na poziomie 90 km. Jest to jednak tylko propozycja, ponieważ może się okazać /szczególnie dla stacji R-405/, iż przyjęcie $R_{dop.} = 90$ km, jest warunkiem uniemożliwiającym przydzielenie pełnych danych radioliniowych dla frontu. Jeżeli trudności takie wystąpią, niezbędne stanie się zmniejszenie $R_{dop.}$ do nominalnej wartości.

Rozwiązanie problemu kompatybilności sieci radioliniowej frontu pomiędzy stacjami radioliniowymi jednego typu nie wyczerpuje problematyki kompatybilności wewnętrznej. Koniecznym staje się rozważenie zagadnień kompatybilności w szerszym zakresie, obejmującym problematykę współistnienia w systemie łączności frontu wszystkich stacji radioliniowych jednocześnie.

Na podstawie tylko samych pasm częstotliwości wykorzystywanych przez stacje radioliniowe można stwierdzić, że niekompatybilne względem siebie będą stacje radioliniowe R-405 i R-409. Natomiast stacja radioliniowa R-404 jest pod tym względem kompatybilna obustronnie z wyżej wymienionymi stacjami. Poprawność tego wniosku zarówno w dziedzinie kompatybilności wspóln- jak

i sąsiednikanałowej potwierdzają dane zawarte w opracowaniu nt. "Wstępne zalecenia dotyczące odstępu częstotliwościowo-terytorialnego pomiędzy podstawowymi typami wojskowych urządzeń radioelektronicznych.^{x/} Ono również ustala dopuszczalne wartości odstępu częstotliwościowo-terytorialnego dla tych stacji /tabela 25/.

Biorąc pod uwagę trudną sytuację w możliwości pokrycia potrzeb częstotliwościowych dla relacji R-405 w skali frontu, niezbędnym wydaje się przyjęcie priorytetu w przydziale fal roboczych tym relacjom przed relacjami R-409. Praktycznie oznaczać to może całkowite wyłączenie z puli częstotliwości, jaką dysponuje stacja R-409, pasm wspólnych oraz również, wskazanych w tabeli 25 - pasm kanałów lustrzanych, pasm drugich i trzecich harmonicznych.

Pasma wspólne występują dla zakresu "M" stacji R-405 i podzakresu "A" stacji R-409 oraz dla zakresu "DCM" stacji R-405 i podzakresu "C" stacji R-409. Tak więc ograniczeniami objęte zostaną numery od 1 do 101 podzakresu "A" i od 375 do 451 - podzakresu "C" stacji R-409. Jako dopuszczalną odległość między stacjami wspólnokanałowymi autor proponuje przyjąć wartość nominalną $R_{dop.} = 70$ km, którą po uwzględnieniu 30% "współczynnika ruchliwości" można zwiększyć do 90 km.

Zakłóceń kanału lustrzanego radiolinii R-405 "M" częstotliwościami podzakresu "B" stacji R-409, można się spodziewać jedynie w przypadku rozmieszczenia obydwu stacji na odległościach mniejszych niż 1 km. Mogą one powstawać w przypadku pracy radiolinii R-409 w pasmie 120-133,750 MHz /od 0 do 69 numeru podzakresu "B"/, dlatego należy oddalać ją od stacji R-405 "M" na powyższą minimalną odległość /1 km/.

^{x/} Opracowanie sztabu ZSZ państw-członków UW, Moskwa 1977 r.

Tabela 25

Typ stacji zakłócającej	Typ stacji zakłócającej	Położenie ChKA	Wartość częstotliwości roboczych stacji zakłócającej /MHz/		
			Dopuszczalne odległości między stacjami /R _{dop.} - km/		Inne wartości
1	2	3	I	II	6
R-405"M"	R-409"A"		$f_1 \pm 0,063$		f_2
		GG	65		<1
		GB	60		<1
		BG	60		<1
		BB	55		<1
R-405"M"	R-409"B"		$2f_1 - /6,2-7/$		f_2
			$2f_1 - /19,4-20,2/$		
		GG	<1		<1
		GB	<1		<1
		BG	<1		<1
		BB	<1		<1
R-405 "DCM"	R-409"C"		$f_1 \pm 0,5$	$f_1 - 63,6$	f_2
		GG	65	2	<1
		GB	50	<1	<1
		BG	45	<1	<1
		BB	35	<1	<1
R-409"A"	R-405"M"		$f_1 \pm 0,078$		f_2
		GG	70		<1
		GB	65		<1
		BG	65		<1
		BB	60		<1
R-409"B"	R-405"M"		$f_1 \pm 0,13$	$f_1 \pm 0,2$	f_2
			2	3	
		GG	15	6	<1
		GB	8	4	<1
		BG	4	2	<1
		BB	2	<1	<1

1	2	3	4	5	6
R-409"C"	R-405 "DCM"		$f_1 \pm 0,6$	$f_1 - 72^{x/}$	f_2
		GG	70	3	1
		GB	50	1	1
		BG	55	11	1
		BB	40	1	1

Większe natomiast problemy /tabela 25/ stwarza zakłócające oddziaływanie drugiej i trzeciej harmonicznej nadajnika podzakresu "M" stacji R-405 na odbiornik podzakresu "B" stacji R-409. W związku z tym autorzy proponują oddalenie od siebie stacji R-405 pracującej w podzakresie "M" i R-409 na odległości 15 i 6 km odpowiednio, jeżeli radiolinia R-409 wykorzystuje numery fal od 0 do 101 i od 297 do 453 - w podzakresie "B".

W celu przeciwdziałania wzajemnemu oddziaływaniu na siebie w pasmie kanału lustrzanego, autorzy proponują oddalenie od siebie stacji R-405 pracującej w zakresie "DCM" od stacji radioliniowej R-409 wykorzystującej numery od 195 do 291 na odległość nie mniejszą niż 3 km.

Wyszczególnione powyżej uwarunkowania częstotliwościowo-przestrzenne w rozmieszczaniu wzajemnym stacji R-409 i R-405 ujmuje schematycznie tabela 26.

Wspólnokanałowość podzakresów "M" i "DCM" stacji R-405 odpowiednio z podzakresami "A" i "C" stacji R-409, a z drugiej strony niedobór częstotliwości roboczych dla organizowanych frontowych relacji R-405 powoduje więc praktycznie wyłączenie

x/ W instrukcji ZSZ na podstawie, której opracowano tabelę, podano wartość $f_1 - 76$ MHz. Jest to prawdopodobnie błąd maszynowy, ponieważ wartość częstotliwości lustrzanej dla R-409"C" różni się od sygnału o dwie pośrednie czyli $2 \times 36 = 72$ MHz

z eksploatacji 101 numerów fal podzakresu "A" i 76 - z podzakresu "C" radiolinii R-409, co odpowiada zmniejszeniu zestawu par nadawczo-odbiorczych w podzakresie "A" co najmniej o 33% i w podzakresie "C" - co najmniej o 20%.

Tabela 26

Typ zakłóceń	R-405	R-409	Dopuszczalna odległość między stacjami /km/	Uwagi
	podzakres i numery fal	podzakres i numery fal		
Wspólnokanałowe	"M" 21 - 154	"A" 1 - 101	70	90 km przy założeniu współczynnika ruchliwości 30%
	"DCM" 1 - 101	"C" 375 - 451	70	
Lustrzane	"M" 53 - 154	"B" 0 - 69	1	zakłócenia odbiorników R-405
	"DCM" 1 - 101	"C" 195 - 291	3	zakłócenia wzajemne
Harmoniczne	"M" 21 - 154	"B" 0 - 101	15	zakłócenia odbiorników R-409
		"B" 297 - 453	6	

Trudno będzie jednocześnie się ustrzec od zakłóceń harmonicznymi /drugiej i trzeciej/ podzakresu "M" stacji R-405 relacji radioliniowych R-409 w podzakresie "B". Oddalenie od siebie obu typów stacji na odległość 15 lub 6 km, w ramach węzła łączności, będzie raczej niemożliwe do spełnienia. Dlatego autorzy proponują częstotliwości podzakresu "B" o numerach od 1 do 101 i od 297 do 453 przydzielać odbiornikom stacji R-409 wykorzystywanym w oddaleniu od węzłów łączności stanowisk dowodzenia /SD i ZSD/ frontu i armii. Ponieważ jednak jest to ograniczenie wyłączające z zestawu par fal nadawczo-

-odbiorczych podzakresu "B" prawie 45% zestawów fal, należy w przypadku konieczności przydziału powyższych częstotliwości odbiornikom stacji R-409 rozmieszczonym na węźle łączności stanowiska dowodzenia /SD lub ZSD/ frontu lub armii, dokładnie sprawdzić czy nie będą one zakłócone poprzez nadajniki podzakresu "M" stacji R-405 /w kanale lustrzanym/. Zakłócenie lustrzane /w kanałach lustrzanych/ między stacjami radiolinio- wymi R-405 i R-409 rozmieszczonymi w obrębie jednego węzła łączności, można wykluczyć pamiętając o zachowaniu między nimi odpowiednich odległości, tzn.:

1/ co najmniej 1 km - między stacjami R-405 wykorzystującymi pasmo "M" i pracy ich odbiorników na numerach fal od 53 do 154, a stacjami radiolinio- wymi R-405 pracującymi na falach nadawczych podzakresu "B" o numerach 1-69;

2/ co najmniej 3 km - między stacjami radiolinio- wymi R-405 wykorzystującymi pasmo "DCM" a radiolinio- wymi R-409 wykorzystującymi - w podzakresie "C" - numery fal 159 do 291.

Podsumowując powyższe ustalenia z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej wewnętrznej można zaproponować następujące przedsięwzięcie, które należy stosować w trakcie przydziału częstotliwości dla relacji sieci radiolinio- wej frontu:

1/ między stacjami radiolinio- wymi /tego samego i różnych ty- pów/ pracujących w różnych relacjach a wykorzystujących często- tliwości wspólnokanałowe - przyjąć minimalną odległość dopu- szczalną $R_{dop.}$ równą 70 km bez współczynnika ruchliwości i 90 km ze współczynnikiem ruchliwości;

2/ w przypadku braku możliwości przydziału częstotliwości, przy zapewnieniu $R_{dop.}$ w obszarach ograniczonych promieniowa- niem 70 km, stosować powyższy warunek tylko w jego części wy- znaczonej kierunkiem promieniowania anteny i szerokością wiązki

promieniowania.

Praktycznie, przy obecnie normatywnie planowanych ilościach relacji radioliniowych na szczeblach front - armia - dywizja - pułk, kryterium to może być zasadniczym umożliwiającym pokrycie ich potrzeb częstotliwościowych. Z drugiej strony, konieczność tę można nazwać wyborem "mniejszego zła" ponieważ spowoduje ona obniżenie parametrów łączy radioliniowych /telefonicznych i telegraficznych/ przekazywanych do eksploatacji. Szczególnie dotyczyć to będzie stosunku sygnał/szum, zrozumiałości i zniekształceń telegraficznych;

3/ przyjęcie priorytetu w przydziale częstotliwości dla relacji R-405 /zarówno w zakresie metrowym i decymetrowym/ przed przydziałem częstotliwości dla relacji R-409;

4/ zakazu wykorzystywania na jednym węźle łączności numerów fal od 195 do 291 podzakresu "C" stacji R-409 w przypadku występowania na nim stacji R-405, wykorzystujących podzakres "DCM". Ponieważ w niektórych przypadkach może się to okazać niemożliwe, to w pierwszej kolejności należy ustalić czy i między którymi stacjami R-405 i R-409 występuje wzajemne oddziaływanie w kanałach lustrzanych i następnie zaplanować ich wzajemne rozmieszczenie w odległości co najmniej 3 km /tabela 25/;

5/ w przypadku wykorzystywania na węźle łączności numerów odbiorczych od 0 do 101 i od 297 do 453 podzakresu "B" stacji R-409, należy sprawdzić czy nie są one zakłócane przez drugą i trzecią harmoniczne, wykorzystywanych na węźle stacji R-405 pracujących w zakresie metrowym. Jeżeli taki przypadek ma miejsce, należy zmienić numer fali odbiorczej stacji R-409. Numery fal podzakresu "B" stacji R-409 zakłócanych drugą i trzecią harmonicznymi częstotliwości zakresu "M" stacji R-405 mogą być wykorzystywane odpowiednio w odległościach 15 i 6 km;

6/ w przypadku przydzielenia, na węźle łączności, stacjom R-409 w podzakresie "B" numerów fal nadawczych od 0 do 69, należy je oddalać co najmniej na odległość 1 km od stacji R-405 pracujących w zakresie metrowym, na częstotliwościach odbiorczych o numerach od 53 do 154;

7/ rozwijać maszty stacji radioliniowych jedynie do niezbędnej wysokości /zapewniającej odpowiedni poziom natężenia pola elektromagnetycznego/, a nie maksymalnej.

Przestrzeganie powyższego wymogu wydaje się być bardzo istotne, ponieważ w znacznym stopniu ograniczy zakłócające oddziaływanie na siebie stacji radioliniowych we wszystkich kanałach zakłóceń /wspólnokanałowych, lustrzanych i harmonicznych/ i w pewnym stopniu "zniweluje" uproszczenie przyjęte drugim wnioskiem /drugi pkt/. Jego realizacja jest jednak uwarunkowana koniecznością wykonywania obliczeń odcinków radioliniowych /wykonanie profilu odcinka, obliczenie tłumienia rzeczywistego i porównanie jego wartości z wartością tłumienia dopuszczalnego/ dla kilku wariantów wysokości masztów antenowych. Ponieważ czynności te są bardzo pracochłonne, należałoby wypracować szybką i prostą metodę poszukiwania minimalnej wysokości zawieszenia anteny przy zadanych parametrach odcinka radioliniowego - szczególnie dla stacji R-405, wykorzystywanej w większości w relacjach: dywizja - pułk, charakteryzujących się dużą częstotliwością zmian i krótkim okresem wykorzystania w działaniach zaczepnych.

ROZDZIAŁ III

WYMAGANIA I KONCEPCJA INFORMATYCZNEGO SYSTEMU PRZYDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI

1. Ocena stosowanych metod przydziału częstotliwości radioliniowych

Stosowane obecnie metody planowania łączności radioliniowej bazują na "ręcznych" niezautomatyzowanych metodach "zaopatrywania" relacji radioliniowych w odpowiednie zestawy par fal nadawczo-odbiorczych.

Realizacja tego procesu jest scentralizowana i można w niej wyróżnić dwie metody:

1/ przydziału, polegającą na wyznaczeniu poszczególnym użytkownikom /sztabom, związkom, oddziałom i pododdziałom/ puli częstotliwości;

2/ przydziału, polegającą na wyznaczeniu częstotliwości konkretnym pracującym relacjom radioliniowym.

Wymienione metody stosowane są praktycznie jednocześnie na każdym szczeblu dowodzenia co oznacza, że dany szczebel dowodzenia dokonuje przydziału częstotliwości własnym planowanym relacjom radioliniowym oraz realizuje przydział częstotliwości dla podległych szczebli /związkom, oddziałom i pododdziałom/.

Dokonując przydziału osoba funkcyjna planująca sieć radioliniową, dysponuje pełną bazą danych wstępnych, umożliwiających zapewnienie jej pełnej kompatybilności zewnętrznej i wewnętrznej w ramach własnego systemu łączności. Dokonując z kolei przydziału częstotliwości radioliniowych podległym ogniwom dowodze-

nia, w sytuacji kiedy nie dysponuje podobnymi danymi wyjściowymi ich sieci radioliniowych, przydziela pakiety częstotliwości uwzględniające, w pewnym sensie, potrzeby ilościowe podwładnych, a jedynie z grubsza zagadnienia kompatybilności. Uwzględnienie kompatybilności może jedynie ograniczać się do obszaru działań podległego szczebla oraz zaplanowanego przydziału częstotliwości własnego systemu łączności.

Pakiety częstotliwości radioliniowych rozdzielone podległym ogniwom będą również zawierały szereg częstotliwości wspólnych, co wynika z ograniczonej ilości częstotliwości przeznaczonych do przydziału. Wynika z tego, iż niższy szczebel dowodzenia otrzymujący dany zestaw częstotliwości, aby zrealizować "zaopatrzenie" własnych relacji radioliniowych, w tym i szczebli dowodzenia sobie podległych, zgodnie z zasadami kompatybilności wewnętrznej i zewnętrznej, powinien dysponować danymi wyjściowymi, obejmującymi nie tylko parametry własnej i podległych sieci radioliniowych ale również danymi sieci przełożonego i współdziałających.

Z reguły sytuacja taka w pełni nie zachodzi, gdyż planowanie przydziału częstotliwości, ze względu na ograniczony czas, dokonywane jest równoległe na różnych szczeblach dowodzenia.

Jeżeli przyjąć, że realizacja przydziału i rozdziału częstotliwości na szczeblu związku taktycznego jest w sumie zadaniem prostym, w grę bowiem wchodzi w krańcowym przypadku 27 relacji radioliniowych /i to tylko dla jednego typu radio-

linii R-405/, to na szczeblach dowodzenia /armia, front/ szefostwa wojsk łączności dokonują przydziału częstotliwości dla kilkuset relacji /armia ponad 100, front - ponad 300 relacji/ i dodatkowo przydziału częstotliwości ogniwom podległym /związkom taktycznym, oddziałom i pododdziałom/.

Przytoczone powyżej liczby relacji frontowych i armijnych wskazują iż baza częstotliwości może zostać praktycznie całkowicie wykorzystana już na szczeblu centralnym /frontu/ po realizacji czynności związanych z przydziałem fal własnymi relacjom radioliniowym.

Jak widać z powyższego w metodzie pakietyzacji można iść dwiema drogami:

1/ ograniczyć do minimum ilość relacji radioliniowych, przez co zapewnimy kompatybilność sieci radioliniowych, lecz z drugiej strony - nie zapewnimy wymaganej ilości relacji w sieci;

2/ dopuścić do powtarzania częstotliwości między pakietami, przy założeniu, że pogorszymy kompatybilność.

Postępowanie drugie trzeba z góry wykluczyć jako niewłaściwe, ponieważ przyjęcie dalszego ryzyka może spowodować ogólny chaos częstotliwościowy i brak łączności radioliniowej w ogóle.

Postępowanie pierwsze natomiast, mimo że możliwe w realizacji, nie wykorzystuje wszystkich możliwości przydziału częstotliwości zgodnie z kryterium kompatybilności, ograniczając ilość częstotliwości do stopnia pomniejszającego w istotny

sposób spójność systemu dowodzenia.

Zdając sobie z tego sprawę, osoby planujące przydział częstotliwości, z jednej strony doszły do wniosku o konieczności maksymalnego ograniczenia ilości relacji radioliniowych, a z drugiej strony - dopuszczały powtarzanie częstotliwości radioliniowych w sieci przy zachowaniu szcztankowych warunków selektywności przestrzennej. Postępowanie takie nie prowadziło do zachwiania funkcjonowania realnie działających systemów łączności jedynie dlatego, iż były one ograniczone pod względem ilości użytych węzłów i relacji. Natomiast planowanie systemów radioliniowych tą metodą dla celów operacji zaczepnej frontu należy wyeliminować, tym bardziej, że sprawdzenie jej przydatności w realnych działaniach może być doświadczeniem wykonanym zbyt późno.

Przykładem oszczędnego przydziału częstotliwości radioliniowych w skali sił zbrojnych jest podział dostępnej puli fal na "pakiety". Realizowany on jest na podstawie następujących danych wstępnych:

- 1/ wykazu stacji radiofonicznych UKF FM pracujących na terytorium PRL /zawiera on m.in. wykaz zajętości pasma częstotliwości przez radiostacje służb cywilnych różnych resortów, radionawigację, radioamatorów/;
- 2/ wykazu stacji i przemienników telewizyjnych na terenie kraju;
- 3/ mapy rozmieszczenia stacji telewizyjnych i radiotelefonicznych.

Na podstawie tych danych, z uwzględnieniem zajętości pasma częstotliwości powodowaną przez takie urządzenia jak: radiotelefony K1, radiostacje lotnicze i morskie UKF, radiolokację itp. sporządzany jest "wykaz zajętości częstotliwości z odniesieniem do numerów fal umownych stacji radioliniowych". Jest to końcowy dokument stanowiący podstawę do podziału częstotliwości radioliniowych na "pakiety".

W oparciu o ten dokument, częstotliwości stacji radioliniowych typu R-405 zostały pogrupowane w pary i zapisane w tabeli ze wskazaniem obszaru gdzie nie mogą być wykorzystane. W ten sposób uzyskano:

1/ dla radiolinii typu R-405 w zakresie metrowym - 67 par częstotliwości;

2/ dla radiolinii typu R-405 w zakresie decymetrowym - 51 par częstotliwości.

W podobny sposób została przeprowadzona analiza zajętości fal dla radiolinii typu R-409. Analiza ta wykazała, że praktycznie dla radiolinii typu R-409 w podzakresie A, po uwzględnieniu fal zarezerwowanych dla radiolinii typu R-405, radiostacji UKF lotniczych i morskich, radiotelefonu K1 oraz stacji radiolokacyjnych, istnieje tak duża zajętość tego zakresu, że w miarę możliwości nie powinno się z niego korzystać.

Pełna analiza możliwości przydziału częstotliwości dla radiolinii typu R-409 wykazała, że z całego pasma, w którym może ona pracować, tylko 12,5% fal można używać bez ograniczeń na terenie całego kraju. Nieco lepsza sytuacja jest w przypadku radiolinii typu R-404. W zakresie tej radiolinii pracują tylko niektóre typy stacji meteorologicznych. Częstotliwości robocze dla tego typu radiolinii również zostały pogrupowane i uzyskano w ten sposób

23 pary częstotliwości. Otrzymane w ten sposób pary częstotliwości radioliniowych wykorzystywane są do konstrukcji pakietów.

Można wyróżnić dwa zasadnicze przypadki przydziału częstotliwości:

- 1/ na okres bieżącego szkolenia wojsk;
- 2/ na okres ćwiczeń.

Częstotliwości na okres szkoleniowy rozdzielane są w sposób stały, tzn. istnieje stały podział par częstotliwości na "pakie-ty" dla OW, MW, WL, OPK, MSW z uwzględnieniem częstotliwości za-bronionych na danym terytorium.

Ze względu na małą ilość par częstotliwości stosuje się po-wtarzanie fal. Częstotliwości powtórzone w "pakiecie" są oznako-wane z podaniem dalszych użytkowników tej częstotliwości.

Pozwala to na taki podział "pakietu" fal w ramach OW czy RSZ, aby uniknąć wzajemnych zakłóceń /częstotliwości powtórzone powin-ny być używane możliwie jak najdalej terytorialnie od wymienione-go drugiego użytkownika/.

Przykładowo bilans fal podzielonych na pakiety dla radiolinii typu R-405 w zakresie metrowym jest następujący:

MSW - 5 par,

WL - 10 par,

MW - 5 par,

WOW - 10 par + 5 par powtórzonych,

SOW - 10 par + 5 par powtórzonych,

POW - 10 par + 5 par powtórzonych,

Rezerwa - 10 par + 5 par powtórzonych.

Dalszy przydział częstotliwości dokonywany jest u użytkowni-ków.

Na okres ćwiczeń częstotliwości są dzielone od początku i w promieniu 100 km od rejonu ćwiczeń obowiązuje zakaz używania częstotliwości szkolnych. Przykładowo dla ćwiczącej armii wydziela się ok. 15 częstotliwości R-405M. Dla radiolinii typu R-104 częstotliwości są przydzielane centralnie na szczeblu Szefostwa Wojsk Łączności.

Pomimo tego, że metoda ręcznego przydziału częstotliwości wymaga wysokich kwalifikacji osób dokonujących przydziału, to nie gwarantuje ona uniknięcia zakłóceń wzajemnych w wyniku niewłaściwego przestrzennego rozłożenia przydzielanych częstotliwości.

Interesujący jest dla nas również czas przydziału częstotliwości. Przeanalizujemy go na przykładzie przydziału częstotliwości dla radiolinii typu R-104, dla systemu łączności czynnej /a więc tam, gdzie następowała praktyczna weryfikacja prawidłowości dokonanego rozdziału/.

Czasy przydziału częstotliwości dla systemów na ćwiczeniach przedstawiono w poniższej tabeli

Kryptonim ćwiczeń	Ilość ^x węzłów	Ilość ^x kierunków	Czas przydziału
TARCZA-76	128	316	10 godz.
SOJUZ-81	84	262	8,5 godz.
LATO-82	72	240	7 godz.
LATO-84	68	273	8 godz.
WIOSNA-85	89	284	9 godz.

^x Def. węzłów i kierunków podane są w rozdziale III podrozdział 2.1

Podsumowując dotychczasowe ustalenie należy stwierdzić, że proces podziału częstotliwości na pakiety jest bardzo pracochłon-

ny i nie gwarantuje kompatybilności sieci radioliniowej. Może być jedynie wykorzystywany w okresie pokoju do planowania pierwszej operacji, natomiast przy planowaniu operacji w toku działań w ograniczonym czasie, jest mało przydatny ponieważ okres jego realizacji to ok. 50% czasu na planowanie operacji w ogóle.

2. Sformułowanie modelu matematycznego zagadnienia przydziału częstotliwości radioliniowych

Przystępując do rozwiązywania zagadnienia budowy systemu radioliniowego spotykamy się z kolejno z następującymi problemami:

1/ zebranie danych o potrzebach w zakresie zapewnienia łączności, takich jak:

- a/ położenie punktów, między którymi ma być nawiązywana łączność,
- b/ wykaz relacji,
- c/ przepustowość poszczególnych relacji /ilości kanałów/,
- d/ czas na wykonanie zadania organizacji systemu radioliniowego;

2/ zebranie danych o możliwościach zapewnienia łączności, takich jak:

- a/ ilości i typy środków radioliniowych,
- b/ rozmieszczenie środków radioliniowych w terenie,
- c/ możliwości przemieszczania środków radioliniowych,
- d/ ukształtowanie terenu na obszarze, który ma zajmować system łączności radioliniowej,
- e/ zakres dostępnych częstotliwości;

3/ planowanie łączności radioliniowej:

- a/ określenie położenia poszczególnych stacji radioliniowych w terenie z uwzględnieniem zebranych danych czyli opracowanie systemu łączności radioliniowej,

b/ określenie częstotliwości pracy dla wszystkich środków radioliniowych planowanych do użycia i rozmieszczonych w terenie, czyli ich przydział;

4/ realizacja systemu:

a/ przegrupowanie jednostek łączności, a tym samym nowe rozmieszczenie stacji radioliniowych w terenie,

b/ dystrybucja danych radioliniowych,

c/ nawiązywanie i utrzymywanie łączności.

Celem podjętej pracy było, między innymi, znalezienie metod zautomatyzowanego przydziału częstotliwości radioliniowych dla każdego zaplanowanego systemu łączności radioliniowej /pkt 3b/ w taki sposób aby zapewnić:

1/ maksymalne pokrycie zapotrzebowania na częstotliwości robocze i zapasowe;

2/ niezawodne działanie systemu poprzez:

a/ wybór częstotliwości, które wzajemnie nie będą się zakłócały,

b/ wyeliminowanie z przydziałów częstotliwości zabronionych /zakłóconych lub zarezerwowanych/,

c/ ewentualne zapewnienie niezakłóconych częstotliwości zapasowych.

Z tego względu dane wejściowe do przydziału częstotliwości radioliniowych stanowią:

- dane zmienne {
- 1/ plan systemu łączności radioliniowej zawierający:
 - a/ położenie /współrzędne/ wszystkich stacji radioliniowych,
 - b/ wykaz stacji, które będą ze sobą pracowały z podaniem typu użytego sprzętu,
 - c/ przewidywaną ruchliwość każdego środka radioliniowego w ramach systemu łączności /możliwość jego przemieszcza-

przemieszczenia względem innych elementów systemu łączności radioliniowej/,

2/ wykaz częstotliwości zabronionych /lub dozwolonych/;

3/ charakterystyki techniczne użytych środków radioliniowych:

a/ zakresy częstotliwości pracy,

b/ ilości fal umownych,

c/ zasady przydziału fal dla poszczególnych typów środków radioliniowych.

dane stałe

W wyniku przydziału częstotliwości otrzymujemy wykaz wszystkich par środków radioliniowych, które utrzymują ze sobą łączność z uwzględnieniem odpowiadających im par częstotliwości /nadawczej i odbiorczej/.

Dokonując przydziału częstotliwości dążymy do tego, aby każdej parze środków radioliniowych, utrzymujących ze sobą łączność, przyporządkować co najmniej jedną parę częstotliwości /nadawczą i odbiorczą/.

Aby przystąpić do sformułowania modelu matematycznego zagadnienia przydziału częstotliwości radioliniowych, należy rozpocząć od przyjęcia definicji pojęć podstawowych, używanych w dalszej części rozważań.

2.1. Definicje

Węzeł jest to punkt lub mały obszar w terenie, w którym znajduje się przynajmniej jeden środek radioliniowy /np. węzłem jest również pracująca samodzielnie w terenie pośrednia stacja radioliniowa/.

Kierunek jest to relacja łączności między dwiema stacjami radioliniowymi znajdującymi się na różnych węzłach /definicja powyższa pokrywa się z definicją odcinka przelotowego/.

Zbiór numerów węzłów W jest to zbiór wszystkich numerów węzłów wchodzących w skład systemu /tworzących system/ łączności radioliniowej o liczności $|W|$

$$W = \{w_i : i \in I\}$$

gdzie: $I = \{1, 2, \dots, 1, \dots, |W|\}$

Zbiór numerów typów środków \mathbb{T} jest to zbiór wszystkich numerów typów środków wykorzystywanych w systemie łączności radioliniowej o liczności $|t|$

$$\mathbb{T} = \{t_k : k \in K\}$$

gdzie: $K = \{1, 2, \dots, k, \dots, |t|\}$

W celu uproszczenia opisów w dalszej części pracy określenie "numer typu środka radioliniowego" może być zastępowane określeniem "typ środka radioliniowego".

System łączności radioliniowej S jest to zbiór wszystkich trójek uporządkowanych $s = \langle i, j, t \rangle$ o liczności $|s|$ takich, że:

$$i, j \in W, i < j, P_{ijt} \neq \emptyset, t \in \mathbb{T}$$

gdzie: i - jest numerem węzła początkowego kierunku,
 j - jest numerem węzła końcowego kierunku,

t - jest numerem typu środków radioliniowych pracujących między węzłami o numerach i, j ,

P_{ijt} - jest elementem binarnej macierzy powiązań

$$S = \{s_m : m \in M\}$$

gdzie: $M = \{1, 2 \dots m, \dots |s|\}$

Binarna macierz powiązań P jest to macierz charakteryzująca system radioliniowy

$$P = [P_{ijt}]_{|W| \times |W| \times |T|}$$

gdzie: $P_{ijt} = \begin{cases} 1 & \text{- gdy między węzłami } i, j \text{ istnieje kierunek} \\ & \text{realizowany środkami radioliniowymi typu } t, \\ 0 & \text{- w pozostałych przypadkach} \end{cases}$

$P_{ijt} = 1$ oznacza, że za pomocą środka o numerze typu t możliwe jest nawiązanie łączności między węzłami o numerach i, j /ze względu na odległość, profil terenu itp./.

Częstotliwość jest to numer fali roboczej należącej do zbioru numerów częstotliwości dopuszczalnych C^t

$$c^t \in C^t$$

Zbiór numerów częstotliwości dopuszczalnych C^t jest to zbiór wszystkich numerów częstotliwości, dla których jest możliwa technicznie praca środka radioliniowego typu t . Zbiór C^t zawiera element dodatkowy 0 i liczność jego wynosi $|C^t|$

$$C^t = \{c_m^t : m \in N^t\}$$

gdzie: $N^t = \{0, 1, 2 \dots n, \dots |C^t|\}$

$$c_0^t \equiv \emptyset$$

Zbiór numerów częstotliwości dopuszczalnych C jest to zbiór o liczności $|C|$ wszystkich numerów częstotliwości, dla których jest technicznie możliwa praca środka radioliniowego co najmniej jednego typu $t_k \in T$

$$C = \{c_n : n \in N\}$$

gdzie: $N = \{0, 1, 2, \dots, n, \dots, |c|\}$
 $c_0 \equiv \emptyset$

Dowolny przydział częstotliwości R_B jest to zbiór piętek uporządkowanych $\nu_B = \langle i, j, t, c', c'' \rangle$ takich, że

$$i, j \in W \wedge i < j \wedge t \in T \wedge c', c'' \in C^t \wedge p_{ijt} = 1$$

gdzie: c' - jest numerem częstotliwości nadawczej węzła i /numerem częstotliwości odbiorczej węzła j /,
 c'' - jest numerem częstotliwości nadawczej węzła j /numerem częstotliwości odbiorczej węzła i /.

Częstotliwości c', c'' będące elementami piętki uporządkowanej postaci $\langle i, j, t, c', c'' \rangle$ oznaczamy odpowiednio:

$$c' = c'_{ijt} \equiv c''_{jit}$$

$$c'' = c''_{ijt} \equiv c'_{jit}$$

Dopuszczalny przydział częstotliwości R_D jest to zbiór piętek uporządkowanych $\nu_D = \langle i, j, t, c', c'' \rangle$ takich, że:

$$i, j \in W \wedge i < j \wedge t \in T \wedge c', c'' \in C^t \wedge p_{ijt} = 1$$

oraz każda piętką uporządkowaną $\nu_D \in R_D$ spełnia ograniczenia należące do zbioru G co oznaczamy

$$\nu_D \approx G \quad \text{czyli:} \quad \bigwedge_{\nu_D \in R_D} \nu_D \approx G$$

Zbiór ograniczeń G jest sumą zbiorów ograniczeń dla poszczególnych typów środków radioliniowych

$$G = \bigcup_{t \in T} G^t$$

$$G = \{g_a : a \in A\}$$

gdzie: $A = \{1, 2, \dots, a, \dots, |g|\}$

gdzie: $G^t = \{g_a^t : a \in A^t\}$
 $A^t = \{1, 2, \dots, a, \dots, |g^t|\}$

a ponadto:

$$|g| = \sum_{t_1}^{t_{|t|}} |g^{t_1}|$$

Ograniczenia należące do zbioru G wynikają z przewidywań teoretycznych oraz badań empirycznych i określają zależności liczbowe jakie muszą zachodzić między numerami częstotliwości nadawczych i odbiorczych aby zachowane były warunki kompatybilności elektromagnetycznej.

Maksymalny przydział częstotliwości R_M jest to zbiór WSZYSTKICH piętek uporządkowanych $r_M = \langle i, j, t, c', c'' \rangle$ takich,

te:

$$i, j \in W \wedge i < j \wedge t \in T \wedge c', c'' \in C^t \wedge p_{ijt} = 1 \wedge r_M \approx G$$

Pełny przydział częstotliwości R_P jest to zbiór WSZYSTKICH piętek uporządkowanych $r_P = \langle i, j, t, c', c'' \rangle$ takich,

te:

$$i, j \in W \wedge i < j \wedge t \in T \wedge c', c'' \in C^t \wedge p_{ijt} = 1 \wedge r_P \approx G$$

$$\wedge c', c'' \neq \emptyset \wedge \bigwedge_{p_{ijt}=1} \bigvee_{r_P \in R_P} \text{takie, że } c' \neq 0 \wedge c'' \neq 0$$

Zbiór pełnych przydziałów R jest to zbiór wszystkich pełnych przydziałów częstotliwości dla zadanych S i C

$$R = \{ R_P^v : v \in V \}$$

gdzie: $V = \{ 1, 2, \dots, v, \dots |r| \}$

2.2. Problem przydziału częstotliwości radioliniowych

Już przy istnieniu co najmniej dwóch różnych przydziałów częstotliwości dla tego samego systemu S , pojawia się problem wyboru przydziału lepszego, a tym samym jednoznacznego podania kryterium wyboru.

Na podstawie analizy doświadczeń uzyskanych podczas dokonywania przydziałów częstotliwości w sposób niezautomatyzowany udało się takie kryterium sformułować:

1/ przydział częstotliwości uważa się za dobry jeżeli każdy kierunek w systemie \mathcal{S} otrzyma co najmniej jedną parę częstotliwości /nadawczą i odbiorczą/ spełniającą zasady kompatybilności elektromagnetycznej w stosunku do częstotliwości przydzielonych pozostałym kierunkom systemu.

Jeśli istnieją co najmniej dwa przydziały częstotliwości spełniające podany wyżej warunek można w dalszym ciągu poszukiwać przydziału lepszego, stosując jedno z podanych niżej kryteriów;

2/ przydział częstotliwości powinien zapewniać jak największą liczbę częstotliwości zapasowych, takich, aby przejście z pary częstotliwości głównych na parę zapasową nie powodowało zakłóceń elektromagnetycznych w systemie, a ponadto spełniać jeden z podanych niżej warunków:

a/ nie zakłada się żadnych dodatkowych warunków na sposób przyporządkowania częstotliwości zapasowych do kierunków - wielkością charakteryzującą przydział, według której dokonuje się jego oceny, jest ogólna liczba częstotliwości zapasowych,

b/ za wielkość charakteryzującą przydział przyjmuje się ilość częstotliwości zapasowych na kierunku, który ma ich w całym przydziale najmniej. Za przydział lepszy uważa się w tym wypadku taki przydział, dla którego wielkość ta przyjmuje wartość największą,

c/ za wielkość charakteryzującą przydział przyjmowana jest suma wag wszystkich częstotliwości zapasowych przydziału. Wagi nadawane kolejnym częstotliwościom zapasowym każdego kierunku muszą maleć w miarę wzrostu numeru kolejnego częstotliwości zapasowej. Za przydział lepszy uważa się w tym wypadku taki przydział, dla którego wielkość charakteryzująca go przyjmuje wartość największą,

3/ przydział częstotliwości powinien zapewniać tak dobrane numery częstotliwości, aby prowadziło to do równomiernego obciążenia pasma częstotliwości. Za wielkość charakteryzującą przydział przyjmuje się sumę wag nadawanych numerom, częstotliwości tego przydziału. Wagi nadawane kolejnym powtórzeniom każdego numeru częstotliwości muszą maleć w miarę wzrostu numeru kolejnego powtórzenia. Za przydział lepszy uważa się w tym wypadku taki przydział, dla którego wielkość charakteryzująca go przyjmuje wartość największą;

4/ przydział częstotliwości powinien zapewniać taki dobór numerów częstotliwości, aby uzyskać największą powtarzalność częstotliwości w systemie.

Za wielkość charakteryzującą przydział przyjmuje się ilość różnych numerów częstotliwości użytych w tym przydziale. Za przydział lepszy uważa się taki przydział, dla którego wielkość charakteryzująca go przyjmuje wartość najmniejszą.

Jeśli zaistnieje potrzeba /istnieją co najmniej dwa przydziały o tej samej najmniejszej wartości wielkości charakteryzującej je/ można dokonać wyboru lepszego przydziału posługując się wielkością charakteryzującą z kryterium nr 3. Za przydział lepszy uznaje się ten, dla którego ta wielkość charakteryzująca go osiąga wartość najmniejszą.

Przedstawione kryteria dodatkowe 2, 3 i 4 nie wyczerpują wszystkich możliwości ich formułowania. Dobór tych kryteriów zależy od wymagań jakie, naszym zdaniem, powinien spełniać poszukiwany przydział częstotliwości. Są one pomocą przy podejmowaniu decyzji o wyborze jednego z wielu przydziałów.

Podczas formułowania i rozpatrywania użyteczności tych kryteriów pojawiają się pytania: jak zapisać matematycznie wymienio-

ne kryteria posługując się definicjami podanymi w rozdziale III podrozdział 2.1, i czy możliwe jest znalezienie przydziału optymalnego /najlepszego ze wszystkich możliwych/.

Rozważania na ten temat zostały przedstawione w następnym podrozdziale.

3. Problem znalezienia przydziału optymalnego

W myśl podanych w podrozdziale 2.1 definicji, kryterium nr 1 jest spełniane przez każdy zbiór \mathbb{R}_p - pełnego przydziału częstotliwości.

Jeśli zostanie zbudowanych kilka różnych zbiorów \mathbb{R}_p , to w celu dokonania wyboru jednego z nich można się posłużyć kryteriami 2-4.

Jeśli dysponujemy zbiorem \mathbb{R} - pełnych przydziałów częstotliwości, można przystąpić do poszukiwania zbioru optymalnego \mathbb{R}_p^{v*} według kryteriów 2, 3 lub 4.

W kontekście tego co zostało wcześniej napisane widać, że nie można mówić o przydziale optymalnym dla każdego systemu S w oderwaniu od zastosowanych kryteriów.

Aby znaleźć przydział optymalny /oznaczony jako \mathbb{R}_p^{v*} / dla kryterium nr 2a wystarczy przeszukać zbiór \mathbb{R} w celu znalezienia najliczniejszego zbioru \mathbb{R}_p . Ze spełnienia warunku 1 wynika, że liczność każdego zbioru $\mathbb{R}_p^v \in \mathbb{R}$ jest co najmniej równa liczności zbioru S

$$\bigwedge_{\mathbb{R}_p^v \in \mathbb{R}} |\nu_p^v| \geq |S|$$

Kryterium nr 2 będzie spełnione gdy zostanie znaleziony zbiór

$$\mathbb{R}_p^{v*} = \max_v |\nu_p^v|$$

gdzie: $|\nu_p^v|$ jest licznoscią zbioru \mathbb{R}_p^v .

Otrzymany zbiór \mathbb{R}_p^{v*} gwarantuje największą liczbę częstotliwości zapasowych ale przyporządkowanych do kierunków w sposób przy-

padkowy. Jeśli istotne jest przyporządkowanie tych częstotliwości w sposób równomierny, należy zastosować kryterium 2b.

Każdy zbiór R_p^v dzielimy na $|s|$ rozłącznych podzbiorów $R_{p\alpha}^v$ o licznosciach $|r_{p\alpha}^v|$ takich, że jeśli:

$$r_{p_1}^v \in R_{p\alpha}^v \wedge r_{p_2}^v \in R_{p\alpha}^v \Rightarrow i_1 = i_2 \wedge j_1 = j_2 \wedge t_1 = t_2$$

Dla każdego zbioru R_p^v znajdujemy wartość cechy C_p^v :

$$C_p^v = \min_{\alpha} |r_{p\alpha}^v|$$

Poszukiwany zbiór R_p^{v*} znajdujemy przez wybranie cechy C_p^v o największej wartości:

$$C_p^{v*} = \max_v C_p^v$$

Jeśli chcemy się posłużyć inną metodą wyboru przydziału o równomiernym rozkładzie numerów częstotliwości zapasowych możemy użyć kryterium 2c.

Każdy zbiór R_p^v dzielimy na $|s|$ rozłącznych podzbiorów $R_{p\alpha}^v$ o licznosciach $|r_{p\alpha}^v|$, analogicznie jak dla kryterium 2b.

Dla każdego podzbioru $R_{p\alpha}^v$ obliczamy wartość cechy $C_{p\alpha}^v$

wyrażoną wzorem:

$$C_{p\alpha}^v = \sum_{n=1}^{n=|r_{p\alpha}^v|} \frac{1}{2^n}$$

Waga częstotliwości zapasowej zapisana wzorem $\frac{1}{2^n}$ gdzie: n jest kolejnym numerem porządkowym częstotliwości zapasowej, została przyjęta dla przykładu, ale może zostać tu przyjęta, każda inna waga spełniająca warunek zapisany w kryterium /wagi muszą maleć w miarę wzrostu numeru kolejnego częstotliwości zapasowej/. W zależności od przyjętej wagi, inny przydział może być uznany za optymalny. Po obliczeniu cech $C_{p\alpha}^v$ dla każdego α , obliczamy wartość cechy C_p^v dla całego zbioru R_p^v sumując cechy podzbiorów

$$C_p^v = \sum_{\alpha=1}^{\alpha=|s|} C_{p\alpha}^v$$

Po obliczeniu cech C_p^v dla każdego v , znajdujemy zbiór R_p^{v*} przez wybranie cechy C_p^v o największej wartości

$$C_p^{v*} = \max_v C_p^v$$

Aby znaleźć przydział optymalny R_p^{v*} dla kryterium nr 3, należy każdy zbiór $R_p^v \in R$ podzielić na $|c|$ podzbiorów $R_{p\ell}^v$ licznosciach $|r_{p\ell}^v|$, takich, że jeśli:

$$r_{p1}^v \in R_{p\ell}^v \wedge r_{p2}^v \in R_{p\ell}^v \Rightarrow c_1' = c_2' \vee c_1'' = c_2'' \vee c_1' = c_2'' \vee c_1'' = c_2'$$

Podzbiory te nie są wzajemnie rozłączne, gdyż każdy element $r_{p\ell}^v$ jest przyporządkowany do dwóch różnych podzbiorów. Następnie

dla każdego podzbioru $R_{p\ell}^v$ obliczamy jego cechę $C_{p\ell}^v$ wyrażną wzo-

rem:

$$C_{p\ell}^v = \begin{cases} \frac{|r_{p\ell}^v|}{2^n} & \text{dla } |r_{p\ell}^v| > 0 \\ \emptyset & \text{dla } |r_{p\ell}^v| = 0 \end{cases}$$

Kolejno obliczana jest cecha C_p^v dla całego zbioru R_p^v

$$C_p^v = \sum_{\ell=1}^{|c|} C_{p\ell}^v$$

Po obliczeniu cech C_p^v dla każdego v , znajdujemy zbiór R_p^{v*} przez wybranie cechy C_p^v o największej wartości

$$C_p^{v*} = \max_v C_p^v$$

Aby znaleźć przydział optymalny R_p^{v*} dla kryterium nr 4, należy każdy zbiór $R_p^v \in R$ podzielić na $|c|$ podzbiorów $R_{p\ell}^v$ o licznosciach $|r_{p\ell}^v|$ takich, że jeśli:

$$r_{p1}^v \in R_{p\ell}^v \wedge r_{p2}^v \in R_{p\ell}^v \Rightarrow c_1' = c_2' \vee c_1'' = c_2'' \vee c_1' = c_2'' \vee c_1'' = c_2'$$

Dla każdego zbioru R_p^v obliczamy jego cechę C_p^v według

wzoru:

$$C_p^v = \begin{cases} \sum_{\ell=1}^{|c|} 1 & \text{dla } |r_{p\ell}^v| > 0 \\ \emptyset & \text{dla } |r_{p\ell}^v| = 0 \end{cases}$$

Po obliczeniu cech C_p^v znajdujemy zbiór R_p^{v*} przez wybranie cechy C_p^v o najmniejszej wartości

$$C_p^{v*} = \min_v C_p^v$$

Realizując dalej wybór przydziału według kryterium nr 4, należy analogicznie jak dla kryterium nr 3, znaleźć wartości cech C_p^v dla v takich, że $C_p^v = C_p^{v*}$ i znaleźć zbiór optymalny R_p^{v**} przez wybranie cechy C_p^v o najmniejszej wartości

$$C_p^{v**} = \max_v C_p^v$$

dla v takich, że $C_p^v = C_p^{v*}$

Z przedstawionej analizy wynika, że w celu znalezienia optymalnego przydziału częstotliwości należy:

1/ skonstruować zbiór R - pełnych przydziałów częstotliwości;

2/ dokonać przeglądu otrzymanego zbioru R w celu wybrania $R_p^{v*} \in R$, ze względu na zadane kryteria według jednej z podanych metod.

4. Określenie metod i ograniczeń zastosowanych do rozwiązania problemu przydziału częstotliwości wynikających z możliwości techniki i oprogramowania EMC

4.1. Metody wyznaczania zbioru R - pełnych przydziałów częstotliwości

Metoda 1

1^o - tworzymy zbiór C_p^t wszystkich par częstotliwości dla środka typu t , będący produktem Kartezjańskim $C^t \times C^t$ o liczności $(|C^t|)^2 = |C_p^t|$

2^o - w oparciu o elementy zbioru C_p^t tworzymy zbiory $C_{p^v}^t$ będące kombinacjami elementów zbioru C_p^t o licznosciach od 1 do $|C_p^t|$ elementów,

3^o - ze zbioru wszystkich kombinacji $C_{p^v}^t$ tworzymy wariacje C_z^t o licznosci $|S^t|$ elementów, gdzie dodatkowo

każdy zbiór C_{pv}^t może powtórzyć się od 1 do $|S^t|$ razy,

4° - z podzbioru $S^t \in S$ tworzymy wektor

$$S^t = \langle S_1^t, S_2^t, \dots, S_{|S^t|}^t \rangle$$

5° - dokonując kolejno przyporządkowania każdej wariacji C_2^t /będących zbiorami C_{pv}^t / do odpowiednich elementów wektora S^t tworzymy piątki uporządkowane postaci $\langle i, j, t, c', c'' \rangle$ gdzie każda para $\langle c', c'' \rangle \in C_{pv}^t \subset C_2^t$
 $i \in C_{pv}^t$ - jest n-tym elementem wariacji C_2^t
 $j \in C_{pv}^t$ - jest przyporządkowane do n-tego elementu wektora S^t .

Otrzymujemy w ten sposób wszystkie zbiory R_B dla danego t czyli R_B^t ,

6° - spośród otrzymanych zbiorów R_B^t wybieramy te, które spełniają ograniczenia należące do zbioru ograniczeń $G^t \in G$. Otrzymujemy w ten sposób wszystkie zbiory R_D^t

7° - dokonujemy porównania parami wszystkich otrzymanych zbiorów R_D^t i jeżeli $R_D^t \in R_D^t$ to do dalszych porównań pozostawiamy zbiór R_D^t

8° - po tak dokonanej redukcji zbiorów, zbiory R_D^t , które pozostały są zbiorami R_M^t

9° - aby z otrzymanych zbiorów R_M^t wybrać zbiory R_p^t należy kolejno każdy zbiór R_M^t podzielić na podzbiory R_M^{tv} takie, że jeśli:

$$\langle i_1 j_1 t c_1' c_1'' \rangle \in R_M^{tv} \wedge \langle i_2 j_2 t c_2' c_2'' \rangle \in R_M^{tv} \Rightarrow i_1 = i_2 \wedge j_1 = j_2$$

Liczność tych podzbiorów oznaczymy jako $|R_M^{tv}|$. Jeżeli $|R_M^{tv}| = |S^t|$ to badany zbiór R_M^{tv} jest zbiorem R_p^t - pełnego przydziału częstotliwości,

10° - wykonując punkty algorytmu od 1° do 9° kolejno dla każdego $t \in \Pi$, otrzymamy wszystkie zbiory R_p^t , które utworzą poszukiwany zbiór R - pełnych przydziałów częstotliwości.

Metoda 2

Pozwala ona na znaczne /w porównaniu z poprzednią/ zredukowanie liczności przeszukiwanych zbiorów.

Dla każdego $t \in \mathbb{T}$ utworzymy następujący produkt Kartezjański zbioru S^t oraz zbioru par częstotliwości dopuszczalnych

$$S^t \times (C^t \times C^t) \quad \text{o licznosci } |S^t| \cdot |C^t|^2$$

W wyniku otrzymujemy zbiory R_B^t piątek uporządkowanych postaci $r_B^t = \langle i, j, t, c', c'' \rangle$, zawierający wszystkie możliwe kombinacje relacji z częstotliwościami /dla danego t/. W zbiorze R_B^t pozostawiamy tylko takie elementy, dla których:

1. $c' \neq 0 \wedge c'' \neq 0$
2. $\bigwedge_{r_B^t \in R_B^t} r_B^t \approx G^{t'}$

gdzie: $G^{t'}$ jest podzbiorem zbioru ograniczeń G^t zawierającym ograniczenia dotyczące zależności między c' a c'' dla jednego r_B^t .

Postępowanie takie prowadzi do zmniejszenia ilości elementów zbioru R_B^t

Przyjmujemy, że każda piątka uporządkowana $r_B^t \in R_B^t$ jest wierzchołkiem grafu zależności $G = \langle W, U, P \rangle$

Gałąź grafu G istnieje gdy piątka uporządkowana będące wierzchołkiem grafu incydentnymi do tej gałęzi nie spełniają zbioru ograniczeń G .

Graf zależności $G = \langle W, U, P \rangle$ możemy zapisać jako $G = \langle W, U \rangle$ gdyż w myśl wcześniejszego opisu relacja P jest szczególnym przypadkiem, w którym każdej gałęzi u odpowiada wzajemnie jednoznacznie jedna para uporządkowana $\langle x, y \rangle \in W \times W$ taka, że $\langle x, u, y \rangle \in P$. Wtedy para uporządkowana $\langle x, y \rangle$ określa jednoznacznie tę gałąź u i zbiór U jest izomorficzny z relacją dwuczłonową $R \subset W \times W$ określoną grafem.

Graf G można opisać macierzą incydencji wierzchołków:

$$Z(G) = [z_{ij}]_{|R_B^t| \times |R_B^t|}$$

gdzie: $|V_B^+|$ - jest licznością zbioru R_B^+

$$Z_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{- gdy piątka uporządkowana odpowiadająca} \\ & \text{wierzchołkowi i oraz piątka uporząd-} \\ & \text{kowana - odpowiadająca wierzchołkowi j} \\ & \text{spełniają ograniczenia ze zbioru } G \\ 1 & \text{- w pozostałych przypadkach.} \end{cases}$$

Dla tak opisanego grafu G należy wyznaczyć wszystkie bazy minimalne. Do wyznaczania wszystkich baz minimalnych należy posłużyć się algorytmem MACHOUT-WEISSMANA:

1^o - ponumerować wierzchołki grafu $G = \langle W, U \rangle$ i przyporządkować im zmienne bodowskie x_i , $i = \overline{1, |V_B^+|}$

gdzie: $|V_B^+|$ - jest licznością grafu G,

2^o - ponumerować gałęzie grafu liczbami $j = \overline{1, m}$

gdzie: $m = |U|$ - jest licznością zbioru gałęzi i utworzyć macierz incydencji grafu

$$A(G) = [a_{ij}]_{|V_B^+| \times m}$$

gdzie: $a_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{- gdy wierzchołek i nie jest incydentny z} \\ & \text{gałęzią j,} \\ 1 & \text{- gdy wierzchołek i jest incydentny z gałę-} \\ & \text{zią j} \end{cases}$

3^o - utworzyć wyrażenie bodowskie postaci

$$f(x^{|V_B^+|}) = \prod_{j=1}^m \sum_{i=1}^{|V_B^+|} a_{ij} x_i$$

4^o - przekształcić uzyskane wyrażenie bodowskie do postaci minimalnej formuły alternatywnej:

$$f(x^{|V_B^+|}) = \sum_k \prod^{(k)} (x^m)$$

będącej sumoiloczynem bodowskim o najmniejszej liczbie składników sumy /najmniejszej liczbie iloczynów/.

Każdy składnik /iloczyn/ sumoiloczynu minimalnej formuły

alternatywnej określa odpowiedni wektor minimalny w ten sposób, że zmienne bodowskie występujące w tym iloczynie odpowiadają tym składowym wektora minimalnego, które mają wartość równą jeden. Pozostałe składowe mają wartość zero,

5° - na podstawie uzyskanej minimalnej formuły alternatywnej określić wszystkie bazy minimalne grafu w sposób następujący:

a/ liczba baz minimalnych jest równa liczbie iloczynów występujących w sumoiloczynie minimalnej formuły alternatywnej,

b/ każda baza minimalna jest określona przez odpowiedni iloczyn w ten sposób, że do podzbioru jej wierzchołków wchodzi te wierzchołki grafu, których zmienne bodowskie występują w odnośnym iloczynie.

Na podstawie baz grafu można w prosty sposób wyznaczyć wszystkie zbiory wewnętrznie stabilne wierzchołków grafu. Każdy zbiór wewnętrznie stabilny składa się z tych wierzchołków, które nie tworzą bazy grafu. Każdy zbiór wewnętrznie stabilny tworzy maksymalny podgraf pusty grafu G.

Z definicji grafu zależności G wynika, że każdy maksymalny podgraf pusty tego grafu wskazuje na wszystkie piątki uporządkowane, które spełniają zbiór ograniczeń G^t , a więc tworzą zbiór R_M^t

Wszystkie maksymalne podgrafy puste umożliwiają zbudowanie wszystkich możliwych zbiorów R_M^t dla danego grafu. Aby z otrzymanych zbiorów R_M^t wybrać zbiory R_p^t należy kolejno każdy zbiór R_M^t podzielić na podzbiory R_M^{tv} takie, że:

$$\text{Jeśli } \langle i_1, j_1, t_1, c_1', c_1'' \rangle \in R_M^t \wedge \langle i_2, j_2, t_2, c_2', c_2'' \rangle \in R_M^t \Rightarrow i_1 = i_2 \wedge j_1 = j_2 \wedge t_1 = t_2$$

Liczność tych podzbiorów oznaczymy jako $|R_M^{tv}|$. Jeśli $|R_M^{tv}| = S$ to badany zbiór R_M^t jest zbiorem pełnego przdziału częstotliwości R_p^t .

Dokonanie pełnego przeglądu zbiorów R_M^t daje wszystkie

możliwe dla danego grafu zależności $G = \langle W, U \rangle$ zbiory R_p^t .
Jeśli żaden z otrzymanych zbiorów R_M^t nie jest zbiorem R_p^t oznacza to, że nie istnieje możliwość przydzielenia chociaż jednej pary częstotliwości dla każdego kierunku systemu radioliniowego. Należy wtedy znaleźć $\max |r_M^t|$ co pozwoli na znalezienie zbioru R_M^t , zapewniającego największe pokrycie potrzeb na częstotliwości.

Powtarzając realizację algorytmu dla każdego $t \in T$ otrzymamy wszystkie zbiory R_p^t , tworzące zbiór R .

Metoda 3

Kolejną metodą jest przyporządkowywanie par częstotliwości do elementów systemu łączności radioliniowej $S^t \in \mathcal{S}^t$ w taki sposób, aby powstające piątki uporządkowane $\langle i, j, t, c', c'' \rangle$ spełniały ograniczenia należące do zbioru G :

- 1^o - wyzerować zbiór R_D^t ,
- 2^o - wybrać dowolne $S^t \in \mathcal{S}^t$ $S^t = \langle i, j, t \rangle$
- 3^o - dla wybranego $S^t \in \mathcal{S}^t$ znaleźć parę częstotliwości $\langle c', c'' \rangle \in \mathcal{C}_p^t = \mathcal{C}^t \times \mathcal{C}^t$ takich, żeby piątka uporządkowana $\langle i, j, t, c', c'' \rangle$ spełniała ograniczenia należące do zbioru $G^t \subset G$ wraz ze wszystkimi pozostałymi piątkami uporządkowanymi, zapisanymi w zbiorze R_D^t .
Jeśli w zbiorze \mathcal{C}_p^t brak jest pary $\langle c', c'' \rangle$ takiej żeby piątka uporządkowana spełniała ograniczenia, to do zbioru R_D^t zapisujemy piątkę uporządkowaną postaci $\langle i, j, t, 0, 0 \rangle$.
Jeśli w zbiorze \mathcal{C}_p^t istnieje para $\langle c', c'' \rangle$ taka, że $\langle i, j, t, c', c'' \rangle$ spełnia ograniczenia ze zbioru G^t to do zbioru R_D^t zapisujemy element postaci $\langle i, j, t, c', c'' \rangle$. Ze zbioru usuwamy element S^t ,
- 4^o - jeśli zbiór $\mathcal{S}^t \neq \{\emptyset\}$ to wybrać ze zbioru \mathcal{S}^t kolejny element S^t i skok do punktu 3^o,

5^o - jeśli zbiór $S^t = \{\emptyset\}$, a w zbiorze R_D^t istnieje chociaż jedna piątka uporządkowana taka, że $c' = 0 \vee c'' = 0$ to nie jest możliwe utworzenie zbioru R_p^t . Wykonując dalej algorytm od punktu 6^o zbudujemy zbiór R_M^t , który nie będzie zbiorem R_p^t . Zalecany jest w takim przypadku skok do punktu 1^o algorytmu. Jeśli w zbiorze R_D^t nie istnieje element taki, że $c' = 0$ i $c'' = 0$ to istnieje możliwość znalezienia zbioru R_p^t ,

6^o - zapisać na nowo zbiór S^t ,

7^o - wybrać dowolne $s^t \in S^t$,

8^o - dla wybranego $s^t \in S^t$ znaleźć parę częstotliwości $\langle c', c'' \rangle \in C_p^t = C^t \times C^t$ taką, żeby piątka uporządkowana $\langle i, j, t, c', c'' \rangle$ spełniała ograniczenia należące do zbioru $G^t \subset G$ wraz ze wszystkimi elementami zbioru R_D^t . Jeśli w zbiorze C_p^t brak jest pary $\langle c', c'' \rangle$ takiej, żeby piątka uporządkowana spełniała ograniczenia ze zbioru $G^t \subset G$ to do zbioru R_D^t nie zapisujemy żadnego elementu.

Jeśli w zbiorze C_p^t istnieje para $\langle c', c'' \rangle$ taka, że $\langle i, j, t, c', c'' \rangle$ spełnia ograniczenia ze zbioru G^t , to do zbioru R_D^t zapisujemy tę piątkę. Ze zbioru S^t usuwamy element s^t ,

9^o - jeśli zbiór $S^t \neq \{\emptyset\}$ to wybrać ze zbioru S^t kolejny element s^t i skok do punktu 8^o algorytmu. Jeśli zbiór $S^t = \{\emptyset\}$ a realizacja algorytmu od punktu 6^o spowodowała zapisanie do zbioru R_D^t chociaż jednego elementu to skok do punktu 6^o algorytmu.

W przeciwnym razie $R_D^t = \begin{cases} R_M^t & \text{- jeśli istnieje} \\ & \langle i, j, t, c', c'' \rangle \in R_D^t \\ & \text{także, że } c' = 0 \vee c'' = 0 \\ R_p^t & \text{- w przeciwnym wypadku,} \end{cases}$

10^o - jeśli chcemy znaleźć następny zbiór R_p^t zapamiętujemy uzyskane rozwiązanie i skok do punktu 1^o algorytmu,

11^o - powtarzając realizację algorytmu dla każdego $t \in \Pi$ możemy otrzymać zbiory $R_M = \bigcup_t R_M^t$ oraz $R_p = \bigcup_t R_p^t$

4.2. Omówienie przydatności przedstawionych metod poszukiwania zbioru

Aby dokonać porównania przedstawionych metod pod kątem ich pracochłonności w znajdowaniu pełnego przydziału częstotliwości

R_p , poniżej przyjęto rozmiary typowego zadania, które będzie rozwiązywane przy ich użyciu, a więc licznosci zbiorów.

które odpowiednio wynoszą:

$$|W| = 100$$

$$|S| = 400$$

$$|S_1| = 100$$

$$|S_2| = 100$$

$$|S_3| = 100$$

$$|S_4| = 100$$

$$|C| = 340$$

$$|C_1| = 100$$

$$|C_2| = 100$$

$$|C_3| = 100$$

$$|C_4| = 40$$

$$|t| = 4 \quad \text{gdzie: } t=1 - \text{oznacza radiolinię R-405} \\ \text{zakres M}$$

$$t=2 - \text{oznacza radiolinię R-405} \\ \text{zakres D}$$

$$t=3 - \text{oznacza radiolinię R-409}$$

$$t=4 - \text{oznacza radiolinię R-404}$$

Ocena metody 1. Dla $|S^1| = 100$ i $|C^1| = 100$ licznosc zbioru wynosi 10 000 par częstotliwości.

Po słuując się ograniczeniem G^1 redukujemy liczbę par częstotliwości o dwa rzędy wielkości, a więc licznosc zbioru C_p^1

maleje do 100 par częstotliwości.

Zgodnie z punktem 2^o algorytmu należy utworzyć zbiory C_p^1 będące kombinacjami elementów zbioru C_p^1 o licznosciach od 1 do $|C_p^1|$ elementów. Ilość takich kombinacji wynosi:

$$\sum_{r=1}^{100} C_{100}^r = \sum_{r=1}^{100} \frac{100!}{r!(100-r)!}$$

Biorąc jeden z wyrazów sumy np. dla $r = 50$ otrzymujemy

$$\frac{100!}{50! \times 50!} \gg 50!$$

Zgodnie z punktem 3^o algorytmu utworzenie wszystkich wariacji 100-elementowych /bo $S^1 = 100/$ ze zbioru o licznosci znacznie większej niż $50!$ przekracza wszelkie możliwości wykonawcze.

Jak z powyższego wynika, metoda pełnego przeglądu jest w tym przypadku nieefektywna tak, że mimo zastosowania wstępnej redukcji zbioru C_p^1 nie może być zastosowana nawet w najprostszyc przykładach, chociaż teoretycznie zapewnia znalezienie wszystkich zbiorów R_p^1 .

Ocena metody 2. Dla $|S^1| = 100$ i $|C^1| = 100$ licznosc zbioru wynosi 10 000 par częstotliwości. Ze względu na to, że $t=1$ korzystamy z ograniczenia G^1 i redukujemy liczbę par częstotliwości do 100. Tworzymy zbiór R_B^1 o licznosci $|S^1| \times |C_p^1| = 100 \times 100 = 10\ 000$. Wynika stąd, że graf $G = \langle W, U, P \rangle$ ma 10 tys. wierzchołków. Utworzenie macierzy incydencji wierzchołków $Z(G)$ wymaga sprawdzenia $10^4 \times 10^4 = 10^8$ razy spełniania przez każdą parę piątek uporządkowanych należących do zbioru R_B^1 zbioru ograniczeń G^1 .

Na podstawie macierzy $Z(G)$ o wymiarze $10^4 \times 10^4$ należy utworzyć macierz incydencji grafu $A(G)$ o wymiarze co najmniej $10^4 \times 10^4 - 1$ i na jej podstawie utworzyć wyrażenie boolowskie

o ilości zmiennych 10^4 i ilości czynników większej niż 2×10^4 .

Wyrażenie boolowskie w postaci iloczynów sum przekształcić do postaci minimalnej formuły alternatywnej o trudnej do określenia ilości składników sumy.

Wykonywanie działań na macierzach o ilości elementów 10^8 oraz przekształcanie wyrażen boolowskich tak znacznych rozmiarów sprawia bardzo duże trudności rachunkowe i praktycznie leży poza zasięgiem możliwości wykonawczych. Mimo, że metoda 2 zapewnia uzyskanie wszystkich zbiorów R_p jest dużo efektywniejsza od metody 1, musi zostać odrzucona ze względu na trudności obliczeniowe.

Ocena metody 3. Dla $|s^1| = 100$, $|c^1| = 100$ jedna próba znalezienia zbioru R_p wymaga około $100 \times 100 \times \frac{1+100}{2} \cdot 100 = 505 \cdot 10^5$ operacji sprawdzenia warunków należących do zbioru G^1 . Czynnikiem $\frac{1+100}{2} \cdot 100$ określa wielkość wynikającą z konieczności sprawdzenia wpływu utworzenia każdej nowej piątki $\langle i, j, t, c', c'' \rangle$ na elementy zbioru R_p^1 .

Metoda 3 w odróżnieniu od metod 1 i 2 nie gwarantuje znalezienia nawet jednego zbioru R_p^t przy wielokrotnym zastosowaniu algorytmu. Dużą niedogodnością tej metody jest fakt, że dołączenie do zbioru R_p^t każdej kolejnej piątki uporządkowanej wpływa na możliwość dołączenia do tego zbioru innych "potencjalnie możliwych do dołączenia" piątek uporządkowanych czyli dołączenie każdej piątki jest dokonaniem wyboru fragmentu drogi w grafie mającym postać drzewa, gdzie tylko nieliczne drogi doprowadzają do pożądanego rezultatu - znalezienia zbioru R_p^t . Jednokrotne wykonanie algorytmu pozwala na znalezienie w najlepszym razie jednego zbioru R_p^t . Określenie całego

zbioru \mathbb{R} jest przy tej metodzie możliwe tylko przy bardzo dużej liczbie prób dających w efekcie metodę 1 - pełnego przeglądu. Przy losowym wyborze drogi określenie całego zbioru \mathbb{R} wymaga ilości wykonań algorytmu, zdążającej do nieskończoności.

Przy wszystkich swoich brakach, jako jedyna z przedstawionych, metoda ta leży w zasięgu możliwości obliczeniowych współczesnych maszyn cyfrowych i została praktycznie wykorzystana w systemie informatycznym SIGMA-R.

4.3. Algorytmy przydziału częstotliwości

Wybór metody 3 znajdowania rozwiązania problemu przydziału częstotliwości spowodował konieczność znalezienia efektywnych algorytmów budowania zbioru \mathbb{R}_M i wyszukiwania zbioru \mathbb{R}_p .

Przedstawione algorytmy gwarantują, po jednorazowym wykonaniu, znalezienie zbioru \mathbb{R}_M , ale nie gwarantują znalezienia zbioru \mathbb{R}_p jak również nie dają odpowiedzi czy możliwe jest znalezienie tego zbioru. Ponadto licznosci elementów $N_M = \langle i, j, t, c', c'' \rangle$ takich, że $c' = 0 \wedge c'' = 0$ dla kolejno znajdowanych zbiorów \mathbb{R}_M są zdarzeniami losowymi niezależnymi, a więc wielokrotne stosowanie algorytmu nie gwarantuje poprawy pierwotnie uzyskanych rezultatów.

Ze względu na deterministyczną metodę wyboru kierunków w trakcie dokonywania przydziałów zastosowane algorytmy ograniczają liczbę możliwych do otrzymania różnych zbiorów \mathbb{R}_M do ilości wyrażonej wzorem: $|w^1| \times |w^2| \times \dots \times |w^t|$
gdzie: $|w^1|, |w^2| \dots |w^t|$ - są licznosciami zbioru numerów wierzchołków dla poszczególnych typów środków.

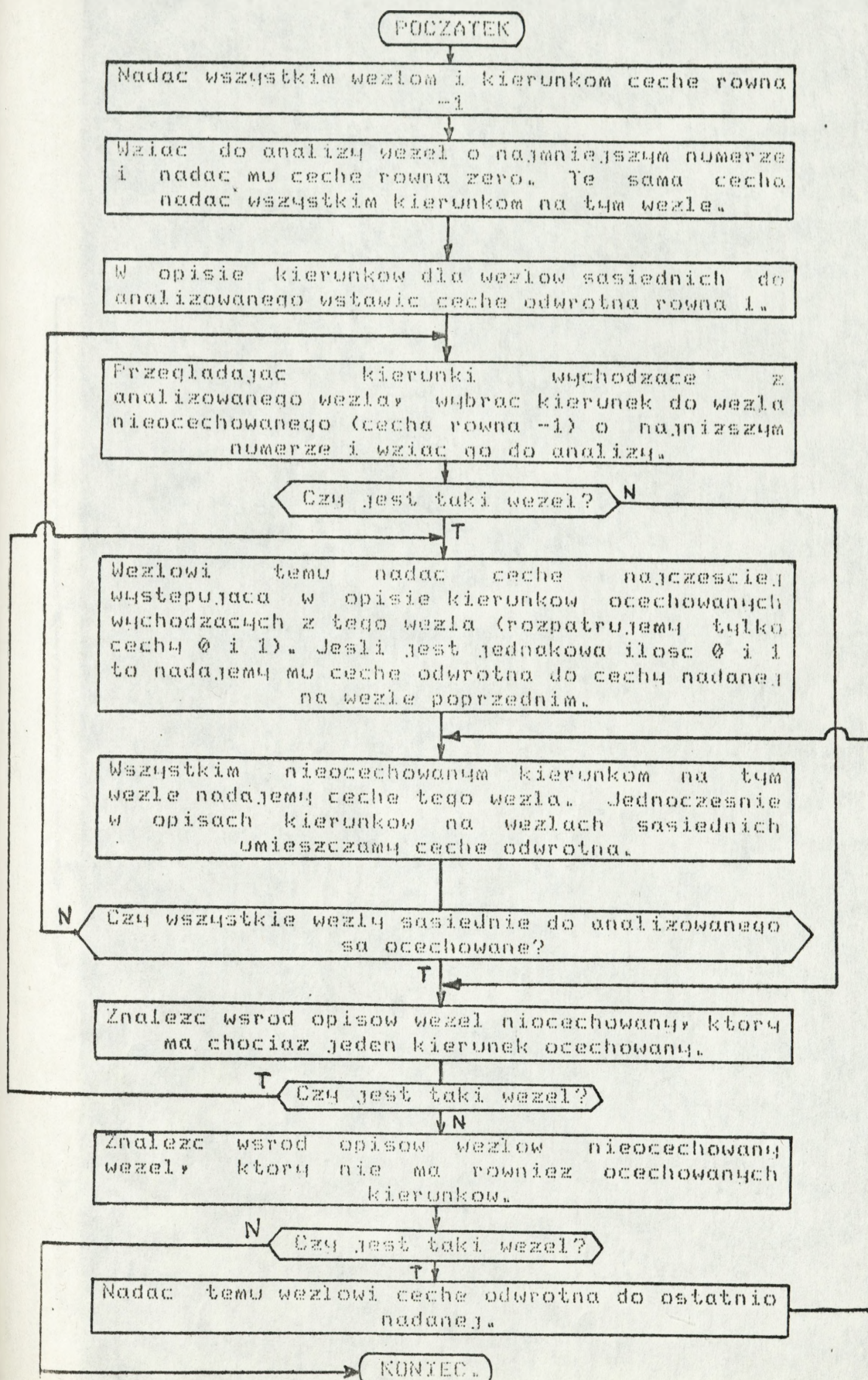
Wynika stąd, że przedstawione algorytmy nie zapewniają zbudowania zbioru \mathbb{R} przy ilości uruchomień zdążającej do nieskończoności. Opisane powyżej odstępstwa od metody 3 znajdowania zbioru \mathbb{R}_p w praktycznym zastosowaniu nie mają istotnego znaczenia gdyż górna granica czasu użytkowania EMC jest określona w taki sposób, że ogranicza o kilka rzędów wielkości, bardziej ilość powtórzeń algorytmu niż ograniczenia wbudowane w te algorytmy.

Algorytm cechowania węzłów wykorzystawny jest jako element algorytmu przydziału częstotliwości dla radiolinii typu R-405 w zakresie metrowym. Wykrywa i minimalizuje ilości kierunków ułożonych w pierścieniach o nieparzystej liczbie przęseł /tzw. kierunków nietypowych/, dla których obowiązują odrębne warunki przydziału częstotliwości.

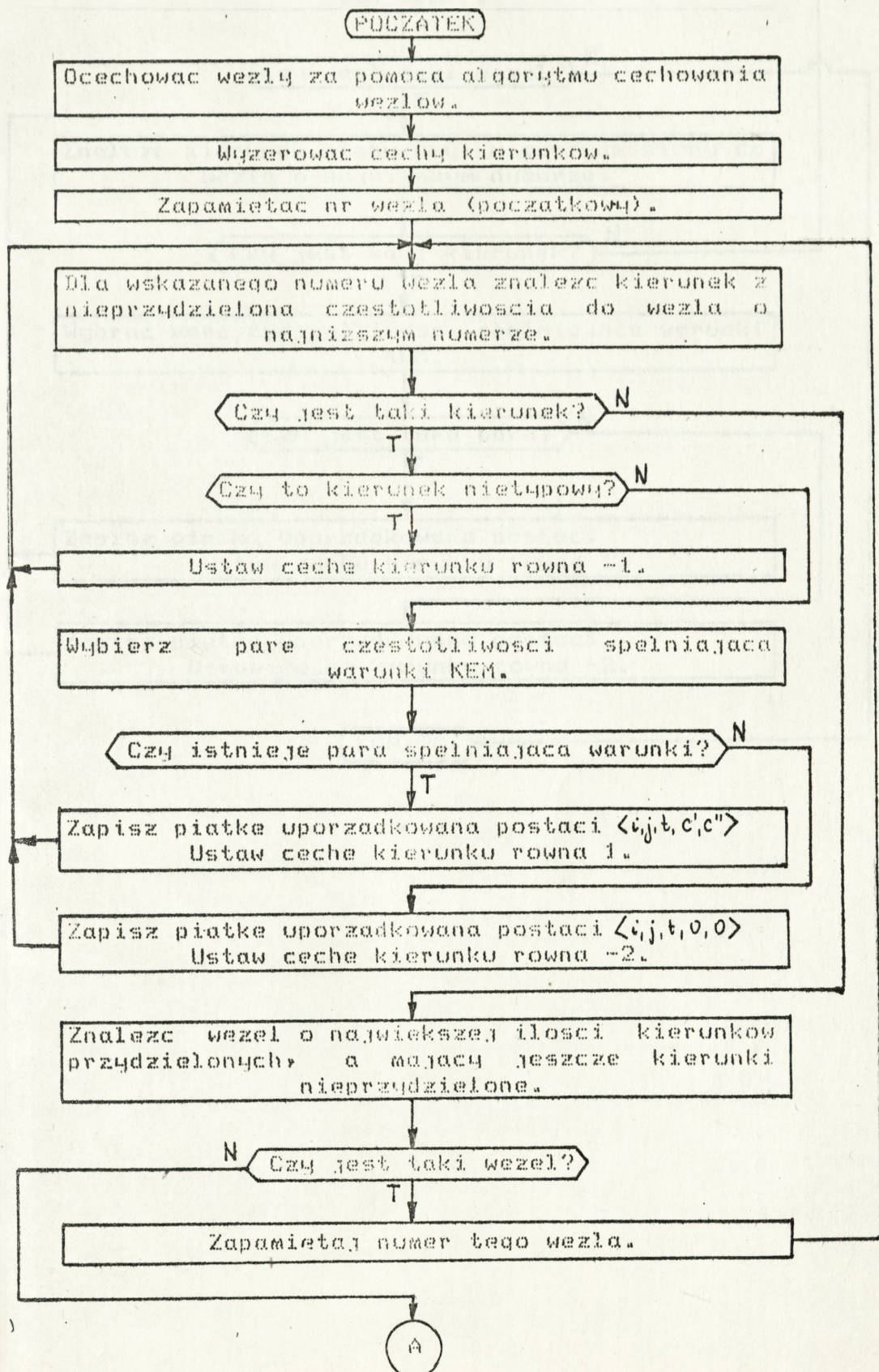
Dla pozostałych typów środków ogólny algorytm przydziału częstotliwości jest jednakowy, a najbardziej istotne różnice zawarte są w warunkach przydziału tych częstotliwości /różne zbiory ograniczeń G^t /.

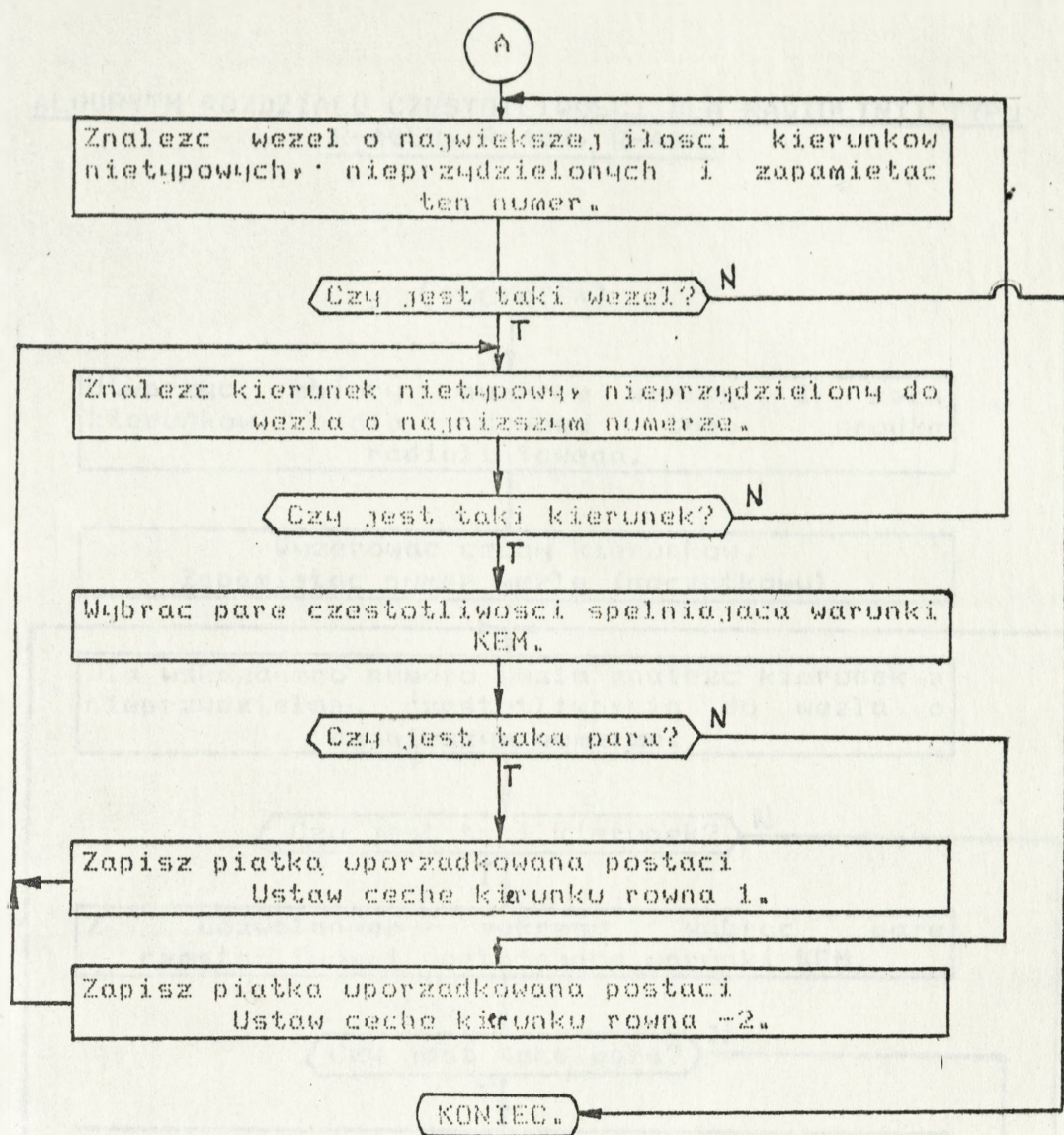
Algorytmy powyższe zostały przedstawione w sposób bardziej szczegółowy w załączniku nr 16:20 do niniejszej pracy.

ALGORYTM POMOCNICZY CECHOWANIA WEZLOW.

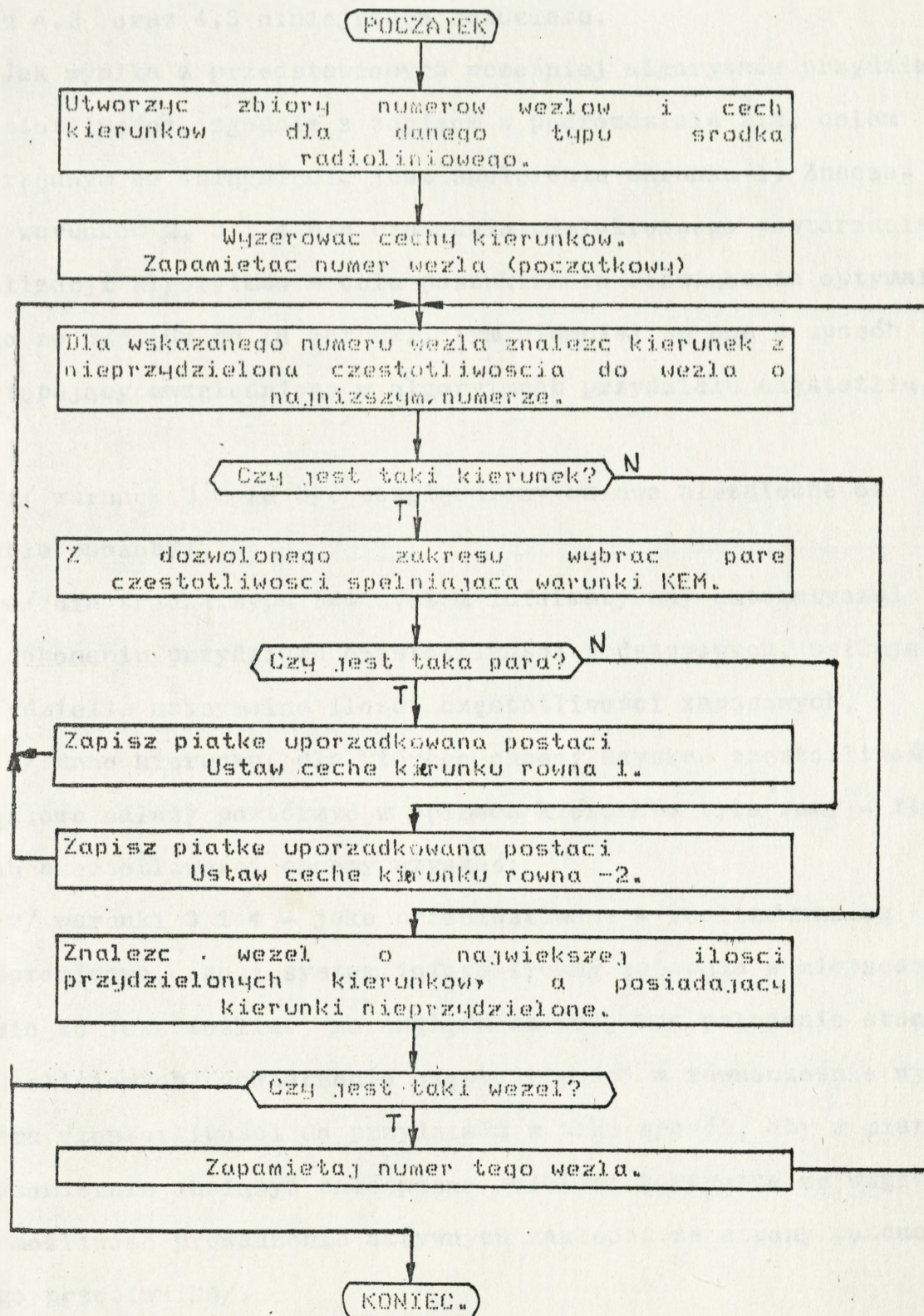


ALGORYTM ROZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOSCI DLA RADIOLINII TYPU R-405M.





ALGORYTM ROZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI DLA RADIOLINII TYPU
R-405D, R-409, R-404.



5. Sformułowanie i uzasadnienie ogólnej koncepcji systemu informatycznego

Uzasadnienie wyboru metody realizacji przydziału częstotliwości w sposób zautomatyzowany zostało przedstawione w podrozdziałach 4.2 oraz 4.3 niniejszego rozdziału.

Jak wynika z przedstawionych wcześniej algorytmów przydziału częstotliwości, zgodnie z zapisem w podrozdziale 2.2, celem nadrzędnym do osiągnięcia jest spełnienie warunku 1. Znaczenie warunków 2, 3 i 4 nie uzasadnia wielokrotnego powtarzania realizacji algorytmów w celu poszukiwania rozwiązania optymalnego ze względu na te warunki, tym niemniej są one w sposób następujący uwzględnione w algorytmach przydziału częstotliwości:

1/ warunek 2 może być uwzględniony na dwa niezależne od siebie sposoby:

a/ dla środka typu $t=4$ system informatyczny automatycznie, po dokonaniu przydziału częstotliwości podstawowych, usiłuje przydzielić maksymalne ilości częstotliwości zapasowych,

b/ dane kierunku, dla którego chcemy uzyskać częstotliwości zapasowe należy powtórzyć w opisach kierunków tyle razy - ile tych częstotliwości chcemy uzyskać;

2/ warunki 3 i 4 - jako przeciwstawane - realizowane są kompromisowo, tzn.: system informatyczny zapewnia w miejscach gdzie to jest możliwe, ze względu na wzajemne położenie stacji radioliniowych, powtarzanie częstotliwości a równocześnie wybiera częstotliwości do przydziału w taki sposób, aby w miarę równomiernie obciążyć całe pasmo /co jest korzystne ze względu na możliwość prowadzenia aktywnych zakłóceń ze strony potencjalnego przeciwnika/.

System informatyczny przydziału częstotliwości powinien zapewniać:

- 1/ zwiększenie bezbłędności przydziałów częstotliwości;
- 2/ uwzględnienie wszystkich kryteriów /warunków/ doboru fal roboczych oraz specyfiki sprzętu;
- 3/ skrócenie czasu wykonania przydziału częstotliwości dla zadanego systemu łączności radioliniowej w porównaniu z metodami tradycyjnymi;
- 4/ możliwość pełniejszego pokrycia potrzeb częstotliwościowych;
- 5/ maksymalne ograniczenie ilości dokumentów źródłowych wypełnianych ręcznie przez użytkownika oraz proste i zbliżone do naturalnego sposoby ich wypełniania;
- 6/ otrzymanie prostej i czytelnej postaci dokumentów wynikowych z wyciągami dla poszczególnych szczebli dowodzenia /do pojedynczego węzła łączności włącznie/.

ROZDZIAŁ IV

ZASADY DZIAŁANIA I MOŻLIWOŚCI SYSTEMU INFORMATYCZNEGO

1. Opis wykonanego systemu informatycznego z podaniem zalet i ograniczeń

1.1. Definicje pojęć używanych w systemie informatycznym

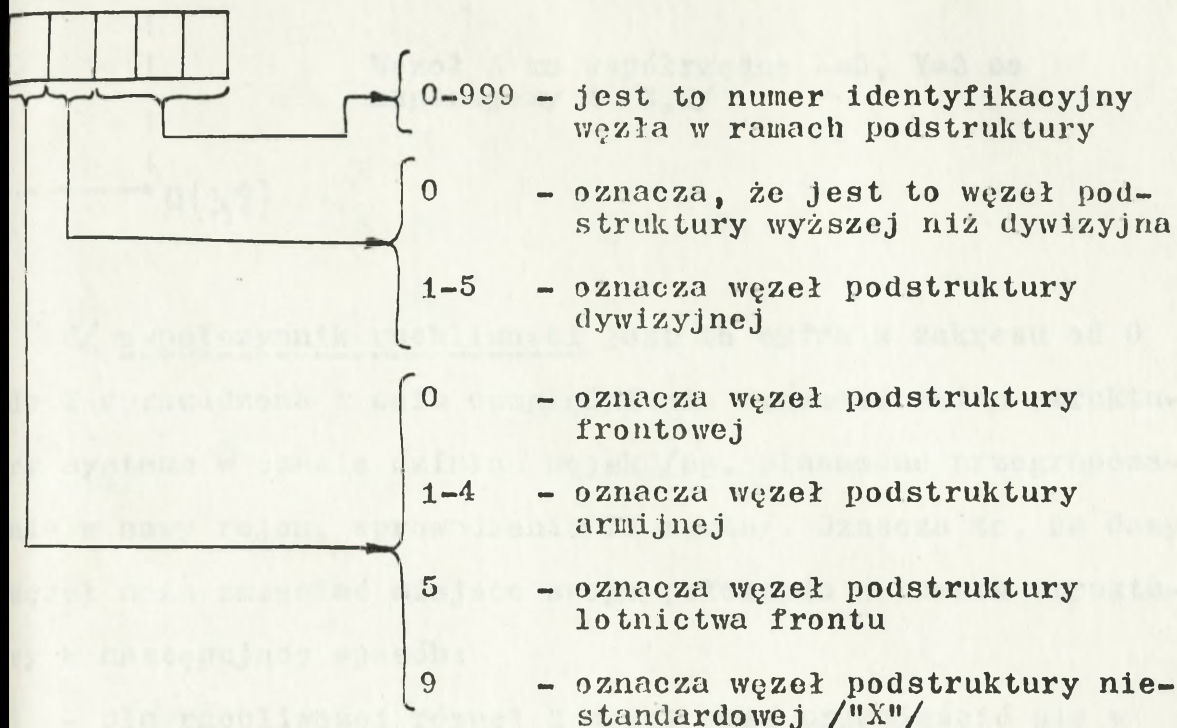
1. Węzeł w SI jest to punkt lub mały obszar w terenie, w którym znajduje się chociaż jeden środek radioliniowy /np. węzłem jest również pracująca samodzielnie w terenie pośrednia stacja radioliniowa/.

2. Kierunek radioliniowy w SI jest to relacja łączności między dwoma stacjami radioliniowymi znajdującymi się na różnych węzłach /definicja powyższa pokrywa się z definicją odcinka przelotowego/.

Zasadniczy zbiór danych wejściowych do SI SIGMA-R stanowią opisy węzłów i kierunków radioliniowych.

3. Opis węzła w SI zawiera następujące informacje składowe:

a/ standardowy numer identyfikacyjny, który jest liczbą pięciocyfrową jednoznacznie określającą /identyfikującą/ węzeł w całym systemie łączności radioliniowej /dwa różne węzły nie mogą mieć tego samego numeru/. Przyjęto następującą strukturę numeru identyfikacyjnego:



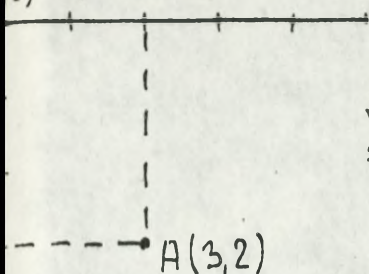
b/ nazwa węzła jest to 20-znakowa dowolna kombinacja liter i cyfr ustalona przez użytkownika, a służąca do określenia węzła w zależności od jego przeznaczenia i szereblia występowania, ułatwiająca posługiwanie się dokumentami wynikowymi /niewykorzystywana przez system informatyczny/,

c/ współrzędne względne są to dwie liczby trzycyfrowe określające jednoznacznie położenie węzła w systemie łączności radioliniowej przez podanie odległości w kilometrach od określonego na mapie umownego punktu początkowego o współrzędnych /0,0/

gdzie: X jest liczbą wyrażającą odległość węzła od punktu początkowego, mierzona w kierunku szerokości ugrupowania w kilometrach,

Y jest liczbą wyrażającą odległość węzła od punktu początkowego, mierzona w kierunku głębokości ugrupowania, w kilometrach.

0) Y →



Węzeł A ma współrzędne $X=3$, $Y=2$ co zapisujemy $A /3,2/$

d/ współczynnik ruchliwości jest to cyfra z zakresu od 0 do 2 wprowadzona w celu uwzględnienia dynamiki zmian struktury systemu w czasie działań wojsk /np. planowane przegrupowanie w nowy rejon, wprowadzenie II rzutu/. Oznacza to, że dany węzeł może zmieniać miejsce swego położenia w ramach struktury w następujący sposób:

- dla ruchliwości równej 2 węzeł może przemieścić się w obszarze koła o promieniu 100 km od swego, pierwotnie w opisie podanego, położenia względnego,

- dla ruchliwości równej 1 węzeł może przemieścić się w obszarze koła o promieniu 50 km od swego, podanego w opisie, położenia względnego,

- dla ruchliwości równej 0 węzeł zajmuje niezmiennie położenie względem położenia początkowego i pozostałych węzłów systemu;

4/ opis kierunku w SI zawiera następujące informacje:

- a/ numer węzła nadrzędnego i podrzędnego - są to numery identyfikacyjne węzłów, między którymi utworzona jest bezpośrednia relacja łączności. Nadrzędność i podrzędność węzłów jest określana zgodnie z regułą odpowiedzialności za nawiązanie łączności i w SI jest sprawą umowną,

- b/ typ środka radioliniowego jest opisany cyfrą z zakresu od 0 do 4 określającą jakim sprzętem radioliniowym będzie realizowany kierunek:

- typ = 0 oznacza, że kierunek będzie realizowany w oparciu o aparaturę radioliniową R-405 w podzakresie metrowym lub decymetrowym,

- typ = 1 oznacza, że kierunek będzie realizowany w oparciu o aparaturę radioliniową R-405 w podzakresie metrowym,

- typ = 2 oznacza, że kierunek będzie realizowany w oparciu o aparaturę radioliniową R-405 w podzakresie decymetrowym,

- typ = 3 oznacza, że kierunek będzie realizowany w oparciu o aparaturę radioliniową R-409 w podzakresach B i C /podzakres A w razie zastosowania procedury awaryjnej/,

- typ = 4 oznacza, że kierunek będzie realizowany w oparciu o aparaturę radioliniową R-404.

Innych typów stacji radioliniowych system informatyczny w aktualnej wersji nie uwzględnia;

c/ priorytet określa znaczenie /stopień ważności/ kierunku łączności w całym systemie łączności radioliniowej. Jest to cyfra z zakresu 1-5 wykorzystywana w procedurze awaryjnej, umożliwiająca dokonywanie przydziałów częstotliwości tylko dla kierunków o priorytecie wyższym od zadanego.

5/ częstotliwości zabronione. Zwykle przy dokonywaniu przydziału częstotliwości radioliniowych zachodzi potrzeba wyeliminowania zawczasu pewnej ich liczby. Jest to równoznaczne z zakazem przydziału tych częstotliwości na kierunki w całej strukturze systemu radioliniowego;

6/ strefy zakłóceń. Każdy środek radioliniowy, pracując na nadawanie, emituje w przestrzeń falę elektromagnetyczną skierowaną w stronę odbiornika. Fala ta tworzy w przestrzeni strefę zakłóceń o dużej powierzchni w płaszczyźnie poziomej. Jeśli w strefie tej znajdzie się odbiornik innego kierunku niż

ten, do którego ta fala była przeznaczona, to wystąpią zakłócenia pracy tego odbiornika, a tym samym kierunku łączności, jeżeli pracuje on na tej samej lub zbliżonej częstotliwości. W SI przyjęto, że nadajnik wytwarza kierunkową strefę zakłóceń dla częstotliwości, na której pracuje. Strefa ta ma kształt wycinka koła o promieniu równym 100 km. Kąt rozwarcia strefy /wycinka koła/ jest zależny od typu środka radioliniowego i wynosi:

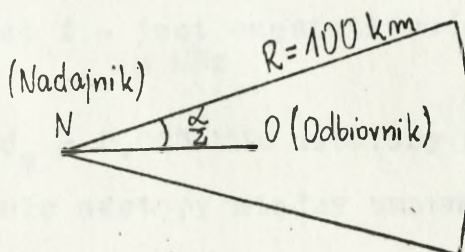
R-405M $\alpha = 80^\circ$

R-405D $\alpha = 50^\circ$

R-409A,B $\alpha = 80^\circ$

R-409C $\alpha = 50^\circ$

R-404 $\alpha = 10^\circ$



SI uwzględniając strefy zakłóceń nie dopuszcza przydziału tej samej częstotliwości na kierunki, w których odbiorniki znajdują się w strefie zakłóceń. Zapewnia to tzw. selektywność przestrzenną w procesie przydziału częstotliwości. Kształt, położenie i wymiary strefy zakłóceń zależą dodatkowo od współczynników ruchliwości węzłów tworzących kierunek;

7/ systemowe numery fal. W celu unormowania opisu częstotliwości i ujednoczenia numeracji fal, dla potrzeb algorytmizacji zasad doboru częstotliwości, niezbędne jest wprowadzenie systemowych numerów fal oznaczonych jako n_s . Numery te są używane jedynie w SI, a poprzez przeliczenia w programach użytkownik będzie miał możliwość posługiwania się numerami fal umownych właściwych dla każdego typu sprzętu oraz odpowiadającymi im częstotliwościami.

Stosowany w wojsku sprzęt radioliniowy charakteryzuje się różnymi odstępami między częstotliwościami roboczymi w różnych

zakresach. Dla wyrażenia tych różnych odstępów jako wielokrotności standardowych odstępów częstotliwości, przyjęto jednostkowy przedział częstotliwości równy $d_s = 0,025$ MHz.

Konsekwencją wprowadzenia standardowego odstępu d_s jest podział ciągłego zakresu częstotliwości na zbiór systemowych numerów częstotliwości n_s :

$$n_s = 40 \cdot f$$

$$f = 0,25 n_s \quad \text{gdzie: } f \text{ - jest częstotliwością wyrażoną w MHz}$$

Standardowy odstęp $d_s = 0,025$ MHz ustalony został tak, by jego wielokrotność wyrażała odstęp między umownymi falami roboczymi dla wszystkich typów sprzętu i tak:

R-405M	$d_M = 0,075$ MHz	$= 3 d_s$
R-405D	$d_D = 0,3$ MHz	$= 12 d_s$
R-409A	$d_A = 0,1$ MHz	$= 4 d_s$
R-409B	$d_B = 0,4$ MHz	$= 16 d_s$
R-409C	$d_C = 0,8$ MHz	$= 32 d_s$
R-404	$d_{404} = 10$ MHz	$= 400 d_s$

1.2. Ogólny opis wykonanego systemu informatycznego

System informatyczny o nazwie SIGMA-R ma za zadanie praktycznie realizować algorytmy przydziału częstotliwości opisane w podrozdziale 4.3 oraz spełniać warunki podane w podrozdziale 5 rozdziału III.

System SIGMA-R jest zbiorem programów dokonujących przydziału fal dla środków radioliniowych wojsk operacyjnych od szczybla frontu do dywizji.

Algorytmy systemu pozwalają wyznaczyć zbiór R_M^+ dla $t \in \hat{\Pi}$ przy uwzględnieniu struktury wojsk, ich dynamiki działań, pełnych zasad doboru fal, oddziaływania stref zakłóceń oraz często-

tliwości zabronionych. System umożliwi rozdzielenie fal pasowych tak dobranych, że ich użycie nie powoduje zakłócenia pracy innych kierunków radioliniowych w systemie łączności.

W pracy systemu SIGMA-R można wyróżnić dwa zasadnicze etapy:

1/ tworzenia opisu podstruktury systemu łączności radioliniowej;

2/ dokonywania przydziału częstotliwości dla utworzonej struktury.

W etapie pierwszym system SIGMA-R ma za zadanie zebrać, skontrolować i skorygować dane wejściowe zmienne dotyczące struktury systemu łączności.

Aby zmniejszyć ilość danych wejściowych, które musi wprowadzić użytkownik za każdym razem przy uruchomieniu systemu, opracowano możliwość przygotowania zawnazu tzw. "podstruktur standardowych", które są typowymi, powtarzalnymi schematami łączności radioliniowej poszczególnych szczebli dowodzenia.

Użytkownik systemu posługując się strukturą standardową, przygotowuje ją do aktualnych potrzeb jedynie przez wprowadzenie poprawek i uzupełnień. Skraca to znacznie czas przygotowania danych wejściowych oraz zmniejsza możliwości popełnienia błędu.

Przy posługiwaniu się podstrukturami standardowymi istnieje możliwość dopisania dodatkowego fragmentu struktury, oznaczonego jako podstruktura X integralnie połączonego z użytymi podstrukturami standardowymi. Możliwe jest również przygotowanie zawnazu całego zestawu zvariantowanych podstruktur standardowych. Użytkownik systemu może nie korzystać z podstruktur standardowych, ale w takim przypadku musi wprowadzić do SI wszystkie

niezbędne dane o systemie łączności radioliniowej /opisy wszystkich węzłów i kierunków/.

W etapie drugim następuje uaktualnienie zakresu częstotliwości dozwolonych /przez usunięcie częstotliwości zabronionych/, a następnie dokonanie przydziału częstotliwości.

W tej fazie pracy systemu wykorzystywane są wcześniej przygotowane dane zmienne dotyczące struktury systemu i zakresu częstotliwości zabronionych oraz dane stałe dotyczące warunków przydziału częstotliwości i charakterystyk sprzętu, zapisane w programach.

Po dokonaniu przydziału następuje wydruk danych wynikowych w postaci i ilości ustalonej przez użytkownika.

Do podstawowych wad systemu należy zaliczyć:

1/ brak możliwości etapowej rozbudowy systemu tzn. dokonywania przydziału częstotliwości dla dołączonych nowych fragmentów systemu z zachowaniem ważności wcześniej dokonanych przydziałów. W razie wystąpienia potrzeby rozbudowy systemu /wcześniej nie planowanej/ przydział musi być dokonany ponownie dla całego systemu;

2/ brak zależności między rozmiarami strefy zakłóceń, a ukształtowaniem terenu;

3/ brak możliwości obliczania profili terenu w sposób zautomatyzowany.

Do głównych zalet systemu należy zaliczyć następujące jego właściwości:

1/ możliwość dokonywania przydziału częstotliwości dla dowolnej struktury systemu łączności radioliniowej;

2/ korzystanie ze zvariantowanych podstruktur standardowych;

3/ sprawne przygotowanie wielu wariantów przydziału częstotliwości;

4/ zapewnienie pełnej kontroli warunków przydziału częstotliwości;

5/ zapewnienie dodatkowej kontroli /w porównaniu z metodami tradycyjnymi/ występowania zakłóceń między środkami radioliniowymi, rozmieszczonymi na różnych węzłach;

6/ otrzymywanie wyników w postaci drukowanej /bez błędnie/ umożliwiającej ich bezpośrednią dystrybucję do poszczególnych elementów systemu łączności.

Wady systemu wynikają głównie z założeń przyjętych przy jego tworzeniu - miał on być przeznaczony do wykorzystania w fazie planowania operacji - oraz z ograniczeń sprzętowych /zakładano, że system powinien pracować przy wykorzystaniu maszyny cyfrowej typu ODRA-1325/.

Oprócz wad systemu występują również następujące ograniczenia systemowe, wynikające z pojemności pamięci operacyjnej i przyjętej struktury oprogramowania:

1/ ilość węzłów we wszystkich podstrukturach standardowych nie może być większa niż 500. Wliczone są w tę liczbę również węzły łącznikowe;

2/ ilość kierunków we wszystkich podstrukturach standardowych nie może być większa niż 600;

3/ ilość węzłów w pełnej strukturze nie może być większa niż 500;

4/ ilość kierunków w pełnej strukturze nie może być większa niż 700;

5/ ilość kierunków w pełnej strukturze, typu 0 i 1 łącznie nie może być większa niż 550;

6/ ilość kierunków w pełnej strukturze, typu 0 i 2 łącznie nie może być większa niż 550;

7/ ilość kierunków w pełnej strukturze, typu 3, nie może być większa niż 450;

8/ ilość kierunków w pełnej strukturze, typu 4, nie może być większa niż 250.

2. Metody współpracy użytkownika z systemem w poszukiwaniu najlepszego rozwiązania problemu przydziału częstotliwości

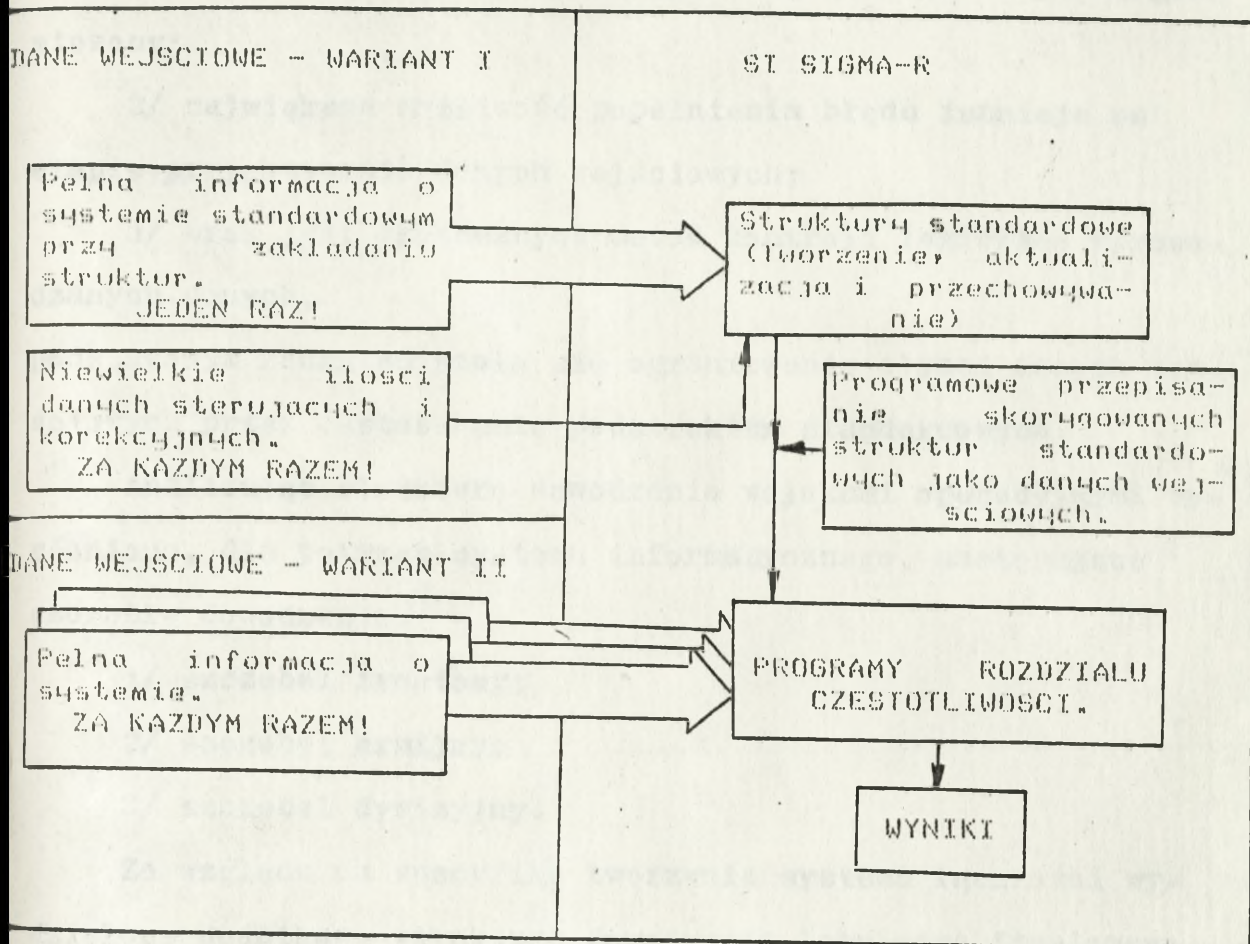
2.1. Opis wariantów pracy systemu informatycznego SIGMA-R

Aby uzyskać przydział częstotliwości należy wprowadzić do SI dane wejściowe w postaci sformalizowanych opisów wszystkich węzłów i kierunków oraz wykazu częstotliwości zabronionych w systemie. Dane te muszą być przygotowane, opracowane i kilkakrotnie sprawdzone przez użytkownika systemu w kolejnych etapach przetwarzania. Istnieją dwa podstawowe warianty wprowadzania danych do systemu SIGMA-R.

Wariant I - do systemu wprowadza się jednorazowo dużą porcję danych opisujących podstruktury standardowe. Dane te po kontroli i weryfikacji zapisywane są w stałej bibliotece systemu.

Gdy zachodzi potrzeba dokonania przydziału częstotliwości użytkownik dostarcza jedynie dane korygujące struktury standardowe oraz podaje, które struktury mają być użyte. Pozostałe czynności wykonuje system SIGMA-R.

Wariant II - gdy zachodzi potrzeba uruchomienia systemu zgodnie z wariantem II użytkownik musi za każdym razem dostarczyć opisy wszystkich węzłów i kierunków systemu. Dostarczane ilości danych mogą mieć 10 razy większą objętość niż dane opisujące podstruktury standardowe.



Wariant II powinien być stosowany w przypadku konieczności dokonania przydziału w systemach łączności o organizacji daleko odbiegającej od przyjętej w strukturach standardowych /np. gdy ilość niezbędnych korekt przy wykorzystaniu wariantu I jest porównywalna z ilością danych jakie trzeba wprowadzić do systemu przy wykorzystaniu wariantu II.

2.2. Zasady tworzenia i użycia podstruktur standardowych

Ze względu na to, że:

1/ czas na wykonanie przydziału częstotliwości jest ograniczony;

2/ największa możliwość popełnienia błędu istnieje na etapie przygotowania danych wejściowych;

3/ brak jest skutecznych metod kontroli logicznej wprowadzanych danych,

podstawowym zadaniem stało się ograniczenie ilości danych wejściowych przez zastosowanie podstruktur standardowych.

Analizując strukturę dowodzenia wojskami operacyjnymi wyróżniono, dla potrzeb systemu informatycznego, następujące szczeble dowodzenia:

1/ szczebel frontowy;

2/ szczebel armijny;

3/ szczebel dywizyjny.

Ze względu na specyfikę tworzenia systemu łączności wydzielono dodatkowo strukturę dowodzenia lotnictwa frontowego.

Można zatem dokonać na tej podstawie podziału struktury systemu łączności na podstruktury, tzn. określić dla każdego węzła i kierunku jego bezpośrednie przyporządkowanie organizacyjne do jednej z czterech podstruktur:

1/ frontowej "F";

2/ armijnej "A";

3/ lotnictwa "L";

4/ dywizyjnej "D".

Dla potrzeb SI uznano, że strukturę systemu radioliniowego pełnego działającego frontu można podzielić dokonując pewnej standaryzacji na:

- 1/ jedną podstrukturę frontową "F";
- 2/ jedną podstrukturę lotnictwa "L";
- 3/ trzy lub cztery podstruktury armijne "A";
- 4/ 15-20 podstruktur dywizyjnych "D".

Podział lub wydzielenie innych podstruktur nie jest bezwzględnie konieczne dla systemu radioliniowego i nadmiernie skomplikowałoby system informatyczny.

Powyższy podział struktury działających wojsk pociąga za sobą następujące konsekwencje:

1/ wymaga określenia standardowych podstruktur uwzględniających różnice w organizowaniu łączności, różnice w etatowym wyposażeniu w środki radioliniowe oraz manewrowość podstruktury w czasie działań bojowych;

2/ ze względu na powiązania organizacyjne takie jak: łączność przełożony - podwładny oraz organizowanie łączności współdziałania między podstrukturami tych samych typów należy uwzględnić tzw. "węzły łącznikowe", czyli węzły występujące równocześnie w dwóch lub więcej podstrukturach.

Z tych względów należy bardzo starannie i dokładnie określić podstruktury w systemie informatycznym gdyż będzie to decydowało o ich praktycznej użyteczności.

Aby umożliwić użytkownikowi wprowadzenie własnej podstruktury, oprócz wymienionych wcześniej standardów, stworzona została możliwość opisania dodatkowej podstruktury typu X. Budowę, skład i zastosowanie tej podstruktury określa użytkownik w zależności od własnych potrzeb /można w ten sposób np. dodatkowo opisać strukturę systemu radioliniowego, budowanego dla potrzeb kierownictwa ćwiczeń/.

Zaletą wyżej wymienionego podziału na podstruktury jest:

a/ możliwość określenia niepełnej struktury działających wojsk, składającej się z kombinacji podstruktur /np. w czasie przygotowywania ćwiczeń armijnych/ w zakresie od pełnego składu frontu do pojedynczej dywizji,

b/ uwolnienie użytkownika od pracochłonnego wprowadzania danych o strukturze przy każdym korzystaniu z SI - minimalizowana jest w ten sposób ilość danych wejściowych /wyjątkiem jest tu podstruktura typu X wprowadzana za każdym razem od nowa na etapie korekty podstruktur standardowych/,

c/ znaczne zmniejszenie ilości błędów powstałych w danych wejściowych z winy użytkownika i zapewnienie dostosowania technologii przetwarzania SI do możliwości i potrzeb użytkownika,

d/ umożliwienie wykorzystania SI przez użytkownika o niewielkiej wiedzy i doświadczeniu z zakresu informatyki,

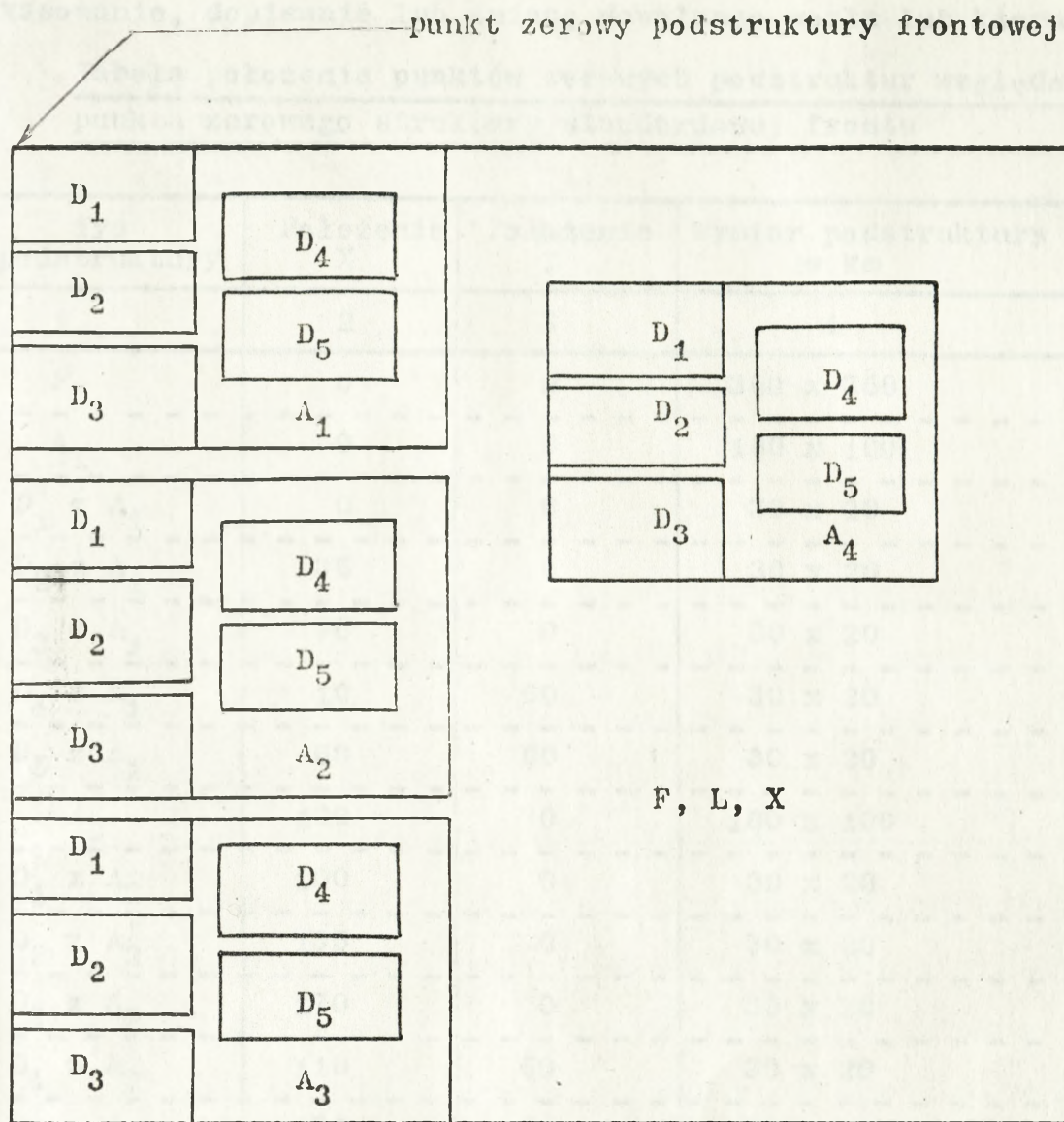
e/ zagwarantowanie łatwego wdrożenia i eksploatacji SI zarówno u użytkownika jak i w ośrodkach obliczeniowych.

Reasumując, w SI mamy do czynienia ze strukturą systemu radioliniowego, która jest pewną ustaloną kombinacją i wielokrotnością podstruktur typu F, A, L, D oraz X.

Każda z podstruktur standardowych zajmuje określony obszar:

Typ podstruktury	Obszar zajmowany przez podstrukturę
F	300x350 km
L	300x350 km
X	300x350 km
A	100x100 km
D	30x20 km

Pełna struktura frontu, przyjęta w SI, ma postać:



SI SIGMA-R w razie uruchomienia zgodnie z wariantem I i tworzenia struktury umożliwia następujące działania na podstrukturach, za pomocą danych sterujących i korekcyjnych:

1/ wybór dowolnych podstruktur, które mają znaleźć się w pełnej strukturze;

2/ przemieszczenie wybranych podstruktur w obszarze 1000x1000 km;

3/ zmianę współczynnika ruchliwości dla całej podstruktury;

4/ korektę składu każdej powołanej podstruktury przez skasowanie, dopisanie lub zmianę dowolnego węzła lub kierunku.

Tabela położenia punktów zerowych podstruktur względem punktu zerowego struktury standardowej frontu

Typ podstruktury	Położenie X	Położenie Y	Wymiar podstruktury w km
1	2	3	4
F	0	0	300 x 350
A ₁	0	0	100 x 100
D ₁ z A ₁	0	0	30 x 20
D ₂ z A ₁	35	0	30 x 20
D ₃ z A ₁	70	0	30 x 20
D ₄ z A ₁	10	60	30 x 20
D ₅ z A ₁	60	60	30 x 20
A ₂	100	0	100 x 100
D ₁ z A ₂	100	0	30 x 20
D ₂ z A ₂	135	0	30 x 20
D ₃ z A ₂	170	0	30 x 20
D ₄ z A ₂	110	60	30 x 20
D ₅ z A ₂	160	60	30 x 20
A ₃	200	0	100 x 100
D ₁ z A ₃	200	0	30 x 20
D ₂ z A ₃	235	0	30 x 20
D ₃ z A ₃	270	0	30 x 20
D ₄ z A ₃	210	60	30 x 20
D ₅ z A ₃	260	60	30 x 20
A ₄	50	180	100 x 100
D ₁ z A ₄	50	180	30 x 20
D ₂ z A ₄	85	180	30 x 20

1	2	3	4
D ₃ z A ₄	120	180	30 x 20
D ₄ z A ₄	60	240	30 x 20
D ₅ z A ₄	110	240	30 x 20
L	0	0	300 x 350
X	0	0	300 x 350

2.3. Zasady użycia systemu SIGMA-R

2.3.1. Przygotowanie danych źródłowych

Przy każdym uruchomieniu systemu należy posłużyć się taśmą magnetyczną z zapisanym na niej zbiorem o nazwie "ZB PODSTRUK". W zbiorze tym znajdują się pojedyncze podstruktury typu F, L, A, D.

Tworzenie potrzebnej użytkownikowi struktury polega na zwielokrotnieniu podstruktur standardowych i umieszczeniu ich w odpowiednim miejscu planowanej struktury organizacyjno-przestrzennej wojsk. Dane do wykonania tego zadania dostarczane są przez użytkownika, który wypełnia dokument źródłowy typu 3. Zadaniem użytkownika jest nadanie każdej podstrukturze, która ma zostać powołana i umieszczona w tworzonej pełnej strukturze, dwuznakowej nazwy identyfikacyjnej /cyfrowej lub literowej/.

Dokument źródłowy typu 4 umożliwia przesunięcie podstruktur armijnych i dywizyjnych w żądane położenie oraz nadanie tym podstrukturom wymaganej ruchliwości.

Posługując się dokumentem źródłowym typu 5 i 6 użytkownik może korygować skład dowolnie wybranej podstruktury oraz zbudować podstrukturę typu X.

Częstotliwości zabronione /lub dozwolone/ podawane są przez użytkownika, który wypełnia dokument źródłowy typu 7.

Wypełnianie dokumentów źródłowych systemu należy do obowiązków użytkownika. Odpowiada on za poprawne merytorycznie i czytelne wypełnienie dokumentów. Spięty komplet formularzy obowiązany jest on dostarczyć operatorowi SI w ośrodku obliczeniowym i ustalić harmonogram obliczeń.

Operator SI ma obowiązek, przed oddaniem dokumentów źródłowych do perforacji, sprawdzić pobieżnie poprawność i czytelność ich wypełnienia.

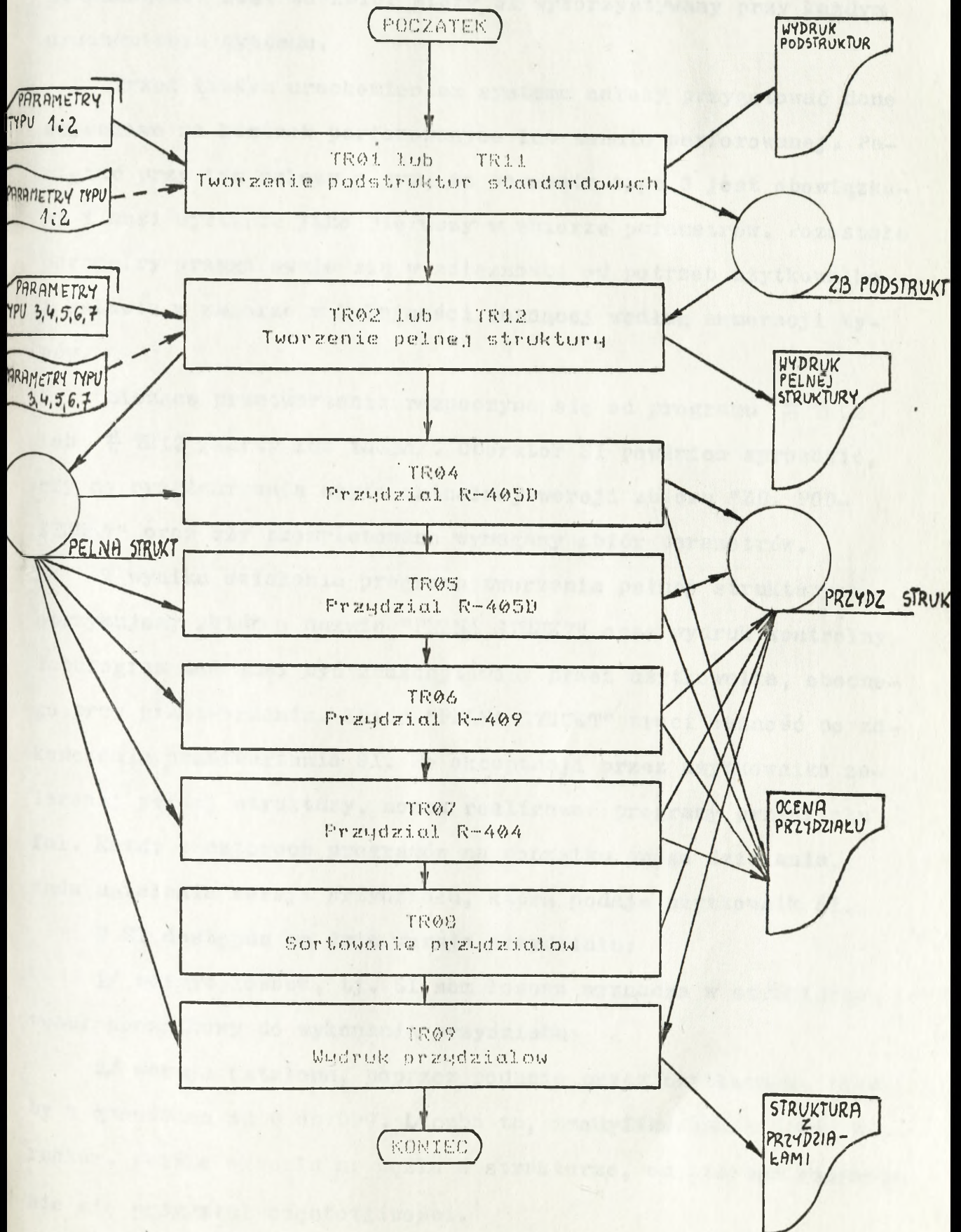
Dokumenty źródłowe użytkownik SI odbiera po uruchomieniu systemu wraz z wydrukami. O dalszym przechowywaniu lub zniszczeniu dokumentów źródłowych decyduje użytkownik SI.

2.3.2. T e c h n o l o g i a p r z e t w a r z a n i a SI SIGMA-R

System SIGMA-R składa się z 10 programów. Są one połączone w tzw. "łańcuch programów", tzn., że każdy program po prawidłowym zrealizowaniu zadania ściągą z biblioteki następny, ułatwiając w ten sposób obsługę operatorską systemu. Każdy z programów po wprowadzeniu do pamięci komputera sam się uruchamia.

W technologii SI przyjęto, że w trakcie przetwarzania danych w ośrodku obliczeniowym będzie obecny użytkownik. Musi on akceptować dokonywane przydziały częstotliwości na poszczególne typy środków r/l oraz podejmować decyzje dotyczące sposobu i kolejności zastosowania procedur awaryjnych w przypadku gdy brak jest pełnego pokrycia częstotliwości.

Ogólny schemat przetwarzania SI SIGMA-R.



Programy #TR01 lub #TR11 używane są jedynie do zakładania zbioru o nazwie ZB PODSTRUKT zawierającego podstruktury standardowe. Jest to zbiór stały SI wykorzystywany przy każdym uruchomieniu systemu.

Przed każdym uruchomieniem systemu należy przygotować dane wejściowe na kartach perforowanych lub taśmie perforowanej. Pamiętać przy tym należy o tym, że parametr typu 3 jest obowiązkowy i musi wystąpić jako pierwszy w zbiorze parametrów. Pozostałe parametry przygotowuje się w zależności od potrzeb użytkownika i ustawia w zbiorze w kolejności rosnącej według numeracji typów.

Bieżące przetwarzanie rozpoczyna się od programu #TR02 lub #TR12 /karty lub taśma/. Operator SI powinien sprawdzić, czy do przetwarzania użyto aktualnej wersji zbioru "ZB. PODSTRUKT" oraz czy skompletowano wymagany zbiór parametrów.

W wyniku działania programu tworzenia pełnej struktury otrzymujemy zbiór o nazwie "PELNA STRUKT" oraz wydruk kontrolny. Tabulogram ten musi być zaakceptowany przez użytkownika, obecnego przy przetwarzaniu. Zbiór "PELNA STRUKT" traci ważność po zakończeniu przetwarzania SI. Po akceptacji przez użytkownika założonej pełnej struktury, można realizować programy przydziału fal. Każdy z czterech programów na początku swego działania, żąda ustalenia wersji przydziału, którą podaje użytkownik SI.

W SI dostępne są dwie wersje przydziału:

1/ wersja losowa, tj. SI sam losowo wyznacza w strukturze węzeł początkowy do wykonania przydziału;

2/ wersja ustalona, poprzez podanie przez użytkownika liczby w granicach od 0 do 999. Liczba ta, zmodyfikowana o ilość kierunków, ściśle określa nr węzła w strukturze, od którego rozpocznie się przydział częstotliwości.

Zgodnie z warunkami początkowymi, w oparciu o dane wejściowe, SI dokonuje przydziału częstotliwości radioliniowych. Na zakończenie swojej pracy program podaje procentową ocenę dokonanego przydziału. Użytkownik na tej podstawie powinien zdecydować:

1/ o zakończeniu obliczeń dla danego typu środka jeśli uzyskano 100% pokrycia potrzeb na częstotliwości lub otrzymany procent pokrycia uznaje za zadowalający;

2/ o ponowieniu przydziału dla innych warunków początkowych lub też o włączeniu do algorytmu przydziału częstotliwości jednej lub kilka procedur awaryjnych w przypadku gdy uzyskany przydział jest niezadowalający.

W SI przyjęto jednakową procedurę decyzyjną użytkownika w czterech kolejnych programach przydziału # TR04, # TR05, # TR06, # TR07.

Akceptując przydziały czterech kolejnych programów uzyskuje się przydział częstotliwości dla całej struktury.

Program # TR08 sortuje przydzielone kierunki struktury, przygotowując dane do wydruku. Program # TR09 drukuje przydzieloną strukturę, dając pełną informację dla użytkownika oraz informację skróconą - dla każdego szczebla dowodzenia w strukturze.

Wydruki zostały tak zorganizowane, że zawierają /na każdym szczeblu dowodzenia/ pełną informację o dokonanych przydziałach. Użytkownik może nakazać ponowne uruchomienie programów SI SIGMA-R w celu uzyskania innego wariantu przydziału dla tej samej struktury wojsk.

Jeżeli użytkownik nie nakaże inaczej, to należy skasować zbiory wyjściowe SI, przechowując jedynie zbiory "ZB PODSTRUKT"

oraz bibliotekę systemu "PROGRAM PRTR". Zalecane jest kilkuniedniowe archiwowanie parametrów wejściowych w uzgodnieniu z użytkownikiem.

2.3.3. D a n e w y n i k o w e i i c h d y s t r y b u c j a

Powstałe w czasie działania SI dokumenty wynikowe mają charakter niejawnny. Wyjątek stanowią jedynie jawne tabulogramy ocen przydziału. Wynika stąd ustalony sposób postępowania z dokumentami wynikowymi.

Należy zwrócić uwagę na to, że większość wydruków jest wyprowadzana na polecenie użytkownika SI, dlatego nie można z góry określić ich ilości przed rozpoczęciem działania SI. Ponieważ użytkownik musi być obecny przy każdym uruchomieniu SI, do niego należy kontrola i ocena poprawności dokumentów wynikowych.

Po akceptacji wydruków przez użytkownika operator SI dopilnowuje jedynie poprawności ich zarejestrowania oraz przekazuje do kancelarii OPI. Użytkownik kwituje odbiór wydruków oraz ewentualnie dokumentów źródłowych.

Dalsza dystrybucja dokumentów wynikowych należy do użytkownika SI.

3. Procedury awaryjne

Skupienie dużej ilości węzłów na małym obszarze lub dużej ilości środków na jednym węźle może powodować trudności w osiągnięciu pełnego przydziału częstotliwości.

Jeśli po kilku próbach uruchomienia programu dla różnych warunków początkowych uzyskane rezultaty są niezadowalające istnieje możliwość zastosowania tzw. procedur awaryjnych.

Procedury te powodują złagodzenie ograniczeń w przydziałach częstotliwości zwiększając możliwość przydziału ale za to obniżając ich jakość. Procedury awaryjne mogą być stosowane niezależnie od siebie, tzn. użytkownik może polecić użycie kilku procedur równocześnie.

Użytkownik może polecić operatorowi zastosowanie jednej lub kilku procedur łącznie i zobaczyć jaki jest ich wpływ na końcowy przydział. W razie niezadowolających rezultatów może nakazać ponowny przydział dla innych warunków początkowych. Dowolność wyboru procedur awaryjnych pozwala użytkownikowi na elastyczne dopasowanie warunków przydziału w celu uzyskania najlepszego wyniku obliczeń.

Ze względu na to, że programy przydziału częstotliwości dokonują tego przydziału kolejno dla poszczególnych typów środków radioliniowych, procedury awaryjne mogą być stosowane niezależnie dla każdego programu. Każdą z procedur można uruchomić dopiero w momencie gdy program dokona przydziału częstotliwości i wypisze na monitorze operatora uzyskany rezultat w procentach. Wtedy użytkownik, obecny przy przetwarzaniu, poleca operatorowi zastosowanie wybranej przez siebie procedury awaryjnej. Przed zastosowaniem procedur awaryjnych użytkownik powinien dokonać kilku prób uruchomienia programu dla różnych warunków początkowych i stosować procedurę awaryjną dla warunków początkowych, dających najwyższy procentowy przydział częstotliwości.

W SI opracowano następujące procedury awaryjne:

1/ przydział częstotliwości tylko dla kierunków o najwyższych priorytetach;

W przydziale częstotliwości uwzględnia się tylko kierunki o priorytetach wyższych od podanego przez użytkownika. Program wyłącza z przydziału kierunki o niższych priorytetach i dokonuje ponownie przydziału częstotliwości dla całej struktury /dla danego typu środków radioliniowych/. Najwyższy priorytet równy jest 1 a najniższy - równy jest 5;

2/ przydział częstotliwości z granicznymi odstępami fal.

Program dokona przydziału na kierunki nie przydzielone, dopuszczając zastosowanie granicznych odstępów między falami. Zastosowanie tej procedury może poprawić przydział na węzłach o dużej ilości środków radioliniowych. Odstępy graniczne są dopuszczane przez instrukcję, ale nie zalecane do stosowania;

3/ przydział częstotliwości przy zmniejszeniu ruchliwości węzłów z 2 na 1.

Program dokonuje przydziału na kierunki nie przydzielone przy założeniu, że węzły, między którymi się te kierunki znajdują, mają zmniejszoną ruchliwość z 2 na 1. Ograniczenie takie może poprawić przydział gdyż zastosowanie ruchliwości 2 powoduje, że szereg fal jest praktycznie wyłączonych z powtórnego przydziału w innym miejscu struktury;

4/ przydział częstotliwości przy wyeliminowaniu ruchliwości węzłów.

Program dokonuje przydziału na kierunki nie przydzielone przy założeniu, że węzły, między którymi się te kierunki znajdują, mają ruchliwość równą 0. Kierunki tak przydzielone SI zaznacza na wydrukach gwiazdką;

5/ przydział częstotliwości przy skróceniu stref zakłóceń.

Program usiłuje dokonać przydziału częstotliwości na kierunki nie przydzielone przy założeniu, że strefy zakłóceń będą miały nie 100 a 75 km zasięgu;

6/ przydział częstotliwości z wykorzystaniem podzakresu A radiolinii R-409.

Procedura może być użyta tylko do programu dokonującego przydziału częstotliwości dla radiolinii typu R-409. Program usiłuje dokonać przydziału częstotliwości na kierunki nie przydzielone wykorzystując częstotliwości z podzakresu A.

Pierwszych 5 procedur przydziału wymienionych jest w kolejności ich rosnącego wpływu na całość sytuacji radioelektronicznej.

4. Zastosowanie opracowanego systemu informatycznego do realizacji zadań innych niż przydział częstotliwości

Podstawowym przeznaczeniem systemu SIGMA-R jest dokonywanie przydziału częstotliwości dla zaplanowanego systemu łączności radioliniowej.

Dodatkowo SI SIGMA-R może zostać użyty do:

1/ zbadania różnych wariantów systemu łączności radioliniowej pod kątem możliwości zapewnienia pełnych przydziałów częstotliwości;

2/ określenia praktycznej ilości środków radioliniowych różnych typów, które mogą być wykorzystane na jednym węźle łączności;

3/ określenia możliwości zapewnienia częstotliwości oraz zasad wykorzystania dla nowych typów środków radioliniowych, przeznaczonych do zakupu lub produkcji licencyjnej /po określeniu zasad przydziału częstotliwości i napisaniu dodatkowego programu/.

WNIOSKI KOŃCOWE I PROPONOWANA TEMATYKA DALSZYCH BADAŃ

Łączność radioliniowa jest podstawowym rodzajem łączności na szczeblu frontu i armii w operacji zaczepnej. Na niższych szczeblach dowodzenia stanowi ona jedynie uzupełnienie kompleksowego systemu łączności.

Wraz ze wzrostem ilości informacji przesyłanych w poszczególnych ogniwach dowodzenia oraz skuteczniejszym oddziaływaniem nieprzyjaciela na systemy łączności lawinowo wzrasta ilość relacji radioliniowych w systemach łączności poszczególnych szczebli. Problemem więc staje się sprostanie tym uwarunkowaniom w aspekcie zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej rozbudowywanych sieci radioliniowych.

Przeprowadzone w pracy badania wykazały dużą czaso- i pracochłonność ręcznej metody rozdziału i przydziału częstotliwości radioliniowych i jako jedyną drogę wyjścia wskazały przyjęcie matematycznych metod przydziału.

Wybrany i zaproponowany w pracy model matematyczny problemu przydziału częstotliwości radioliniowych w założeniu miał uwzględnić wszystkie opisane /w rozdziale II/ uwarunkowania kompatybilnego przydziału częstotliwości i potrzeb częstotliwości /rozdział I/.

Spełnienie wszystkich wymagań okazało się w praktyce niemożliwe, głównie z powodu ograniczeń technicznych, wynikających z typu maszyny cyfrowej, stanowiącej bazę funkcjonowania systemu informatycznego i polegających na:

- 1/ ograniczonej pamięci operacyjnej;
- 2/ małej szybkości obliczeń;
- 3/ braku szybkich pamięci zewnętrznych;
- 4/ małej niezawodności technicznej jednostki centralnej i urządzeń zewnętrznych komputera.

W przykładzie praktycznego uruchomienia systemu SIGMA-R, przedstawionego w rozdziale IV podrozdział 5, autorzy pracy aby spełnić ograniczenia narzucone przez ten system zmuszeni byli do:

- 1/ zrezygnowania z częstotliwości rezerwowych;
- 2/ ograniczenia ilości relacji radioliniowych wykorzystywanych do zdalnego sterowania radiostacjami;
- 3/ zaplanowania w poszczególnych ogniwach dowodzenia relacji radioliniowych zgodnie z minimalnymi potrzebami;
- 4/ realizacji obliczeń w ogniwach: front, armia, wojska lotnicze, front-armia, armia - wyłącznie SD dywizji;
- 5/ ograniczenia zakładanej ruchliwości węzłów względem struktury systemu łączności radioliniowej oraz ruchliwości podsystemów łączności względem tej struktury.

Jak z tego wynika wadą podstawową wykorzystywanego systemu SIGMA-R funkcjonującego w oparciu o maszynę cyfrową ODRA-1325 jest brak możliwości zapewnienia opracowania przydziału częstotliwości dla pełnej struktury systemu radioliniowego, zaproponowanego w rozdziale I pracy.

Drugim istotnym niedomaganie systemu SIGMA-R jest przyjęty w założeniach /z powodów podanych powyżej/ wsadowy tryb pracy użytkownika z systemem informatycznym. Powoduje on brak możliwości uzyskania dynamiki narastania systemu łączności radiolinio-wej w kolejnych dniach operacji. Niedomaganie to można zrekompen-

sować w pewnym stopniu podejmując, między innymi, następujące przedsięwzięcia organizacyjne:

1/ przewidywanie rozbudowy relacji radioliniowych w zależności od rozwoju sytuacji operacyjno-taktycznej;

2/ przesuwanie obszarów działań związków taktycznych do przodu i nadawaniem im podwyższonego stopnia ruchliwości.

Z góry jednak należy zastrzec, że metody te wpływają na zmniejszenie możliwości pełnego pokrycia potrzeb częstotliwościowych i dlatego można je stosować w ograniczonym zakresie.

W związku z przedstawionymi niedoskonałościami systemu, niemożliwymi do usunięcia w czasie pisania pracy, autorzy zaproponowali następujące niezbędne kierunki dalszych badań i przedsięwzięć organizacyjno-technicznych:

1/ zastosowanie komputera nowej generacji /skrócenia czasu obliczeń, złagodzenia ograniczeń dotyczących ilości danych wejściowych;

2/ zmianę trybu współpracy użytkownika z systemem ze wsadowego na dialogowy /pełne uwzględnienie dynamiki działań/;

3/ wprowadzenie danych dotyczących komputerowej mapy terenu /realne zasięgi i kształty stref zakłóceń/ w pasie działania frontu;

4/ wprowadzenie obszarów częstotliwości zabronionych;

5/ rozpatrzenie efektywności przyjętego w pracy modelu matematycznego i zbadanie możliwości jego usprawnienia;

6/ krytyczną weryfikację przyjętych warunków zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej w systemie łączności radioliniowej;

7/ rozwiązanie problemu zbierania danych wejściowych o sieciach radioliniowych podwładnych i współdziałających wojsk oraz dystrybucji danych wyjściowych.

Szybki w ostatnich latach rozwój techniki mikrokomputerowej rokuje nadzieje na to, że w najbliższym okresie do rozwiązywania problemu rozdziału częstotliwości można będzie wykorzystać przewoźny komputer osobisty o parametrach technicznych przewyższających możliwość maszyn cyfrowych serii ODRA, jak również stacjonarne komutery o dużej mocy obliczeniowej /np. typu 1243/. Wykorzystanie tej możliwości pozwoli na wyeliminowanie szeregu wymienionych wcześniej wad systemu SIGMA-R oraz umożliwi dalszy rozwój i podwyższanie walorów użytkowych informatycznego systemu rozdziału częstotliwości.

Wymienione wcześniej kierunki badań problematyki przydziału częstotliwości radioliniowych objęte zostały tematem pracy naukowo-badawczej pk. SIGMA-1 prowadzonej w Instytucie Badań Strategiczno-Obronnych Akademii Sztabu Generalnego WP, zleconej przez Szefa Sztabu Generalnego WP, w której autorzy niniejszej pracy biorą czynny udział wykorzystując doświadczenie nabyte podczas przygotowywania rozprawy doktorskiej.

