

Grey Scale #13



DANES-PICTA.COM

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19



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

ol. u. z

~~Do użytku
służbowego~~

~~TAJNE~~

Egz. Nr 1

Kpt. mgr inż. Stanisław SALWOWSKI

**STRUKTURA SIECI TRANSMISJI DANYCH
POLOWEGO ZAUTOMATYZOWANEGO
PODSYSTEMU DOWODZENIA
OGÓLNOWOJSKOWEGO ZWIĄZKU
TAKTYCZNEGO W NATARCIU**

Rozprawa doktorska



11823

WARSZAWA 1978





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

ol. u. z

~~Do użytku
służbowego~~

~~TAJNE~~

Wz. Nr. 1

Kpt. mgr Inż. Stanisław SALWOWSKI

**STRUKTURA SIECI TRANSMISJI DANYCH
POLOWEGO ZAUTOMATYZOWANEGO
PODSYSTEMU DOWODZENIA
OGÓLNOWOJSKOWEGO ZWIĄZKU
TAKTYCZNEGO W NATARCIU**

Rozprawa doktorska



11823

8

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

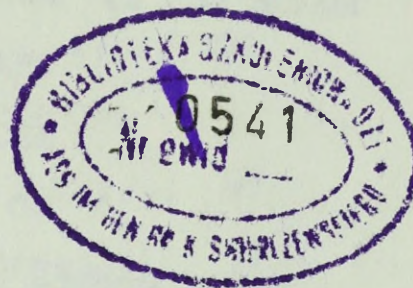
im. gen. broni Karola Świerczewskiego

~~Do użytku
służbowego~~

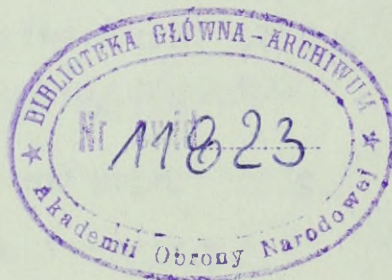
~~T A C H E~~
Egz. Nr... 1

Przeł. Prot. 320/21.03.95 JHS

kpt. mgr inż. Stanisław Salwowski



STRUKTURA SIECI TRANSMISJI DANYCH POLOWEGO
ZAUTOMATYZOWANEGO PODSYSTEMU DOWODZENIA
OGÓLNOWOJSKOWEGO ZWIĄZKU TAKTYCZNEGO
W NATARCIU



Rozprawa doktorska

PROMOTOR

płk doc. dr Bogusław BIDZIŃSKI

W a r s z a w a - 1 9 7 8

| | |
|---|----|
| WYKAZ PODSTAWOWYCH OZNACZEŃ | 4 |
| ROZDZIAŁ 1. WPROWADZENIE | 9 |
| 1.1. Wstęp | 9 |
| 1.2. Ogólna koncepcja realizacji rozprawy | 11 |
| ROZDZIAŁ 2. ANALIZA WARUNKÓW FUNKCJONOWANIA SIECI TRANSMISJI DANYCH POŁOWEGO ZAUTOMATYZOWA- NEGOPODSYSTEMU DOWODZENIA OGÓLNOWOJSKOWE- GO ZWIĄZKU TAKTYCZNEGO | 15 |
| 2.1. Ogólna charakterystyka założeń wymagań i stru- ktury funkcjonalnej POŁOWEGO ZAUTOMATYZOWANEGO SYSTEMU DOWODZENIA ZWIĄZKU TAKTYCZNEGO /PZSDZT/ | 15 |
| 2.2. Charakterystyka Połowego Zautomatyzowanego Podsystemu Dowodzenia Ogólnowojskowego Związku Taktycznego /PZPDO ZT/ | 19 |
| 2.2.1. Struktura organizacyjno-funkcjonalna PZPDO ZT | 19 |
| 2.2.2. Struktura sieci transmisji PZPDO ZT | 22 |
| 2.2.2.1. Charakterystyka źródeł informacji w sieci | 25 |
| 2.2.2.2. Charakterystyka obiegu informacji w sieci podczas natarcia | 30 |
| 2.2.2.3. Charakterystyka wymuszeń oddziały- wujących na sieć | 36 |
| 2.2.3. Wskaźniki oceny efektywności sieci transmisji danych | 41 |
| 2.2.4. Perspektywy rozwoju struktury sieci tran- smisji podsystemu ogólnowojskowego | 44 |

| | |
|--|-----|
| ROZDZIAŁ 3. FORMALNY OPIS SIECI TRANSMISJI DANYCH PODSYSTEMU DOWODZENIA OGÓLNOWOJSKO- WEGO ZWIĄZKU TAKTYCZNEGO | 51 |
| 3.1. Opis struktury sieci | 53 |
| 3.2. Emisja informacji w sieci | 59 |
| 3.3. Przesyłanie informacji w sieci | 61 |
| ROZDZIAŁ 4. BADANIE SIECI TRANSMISJI DANYCH METODĄ SYMULACJI CYFROWEJ | 67 |
| 4.1. Charakterystyka metody symulacji cyfrowej ... | 67 |
| 4.2. Uzasadnienie wyboru metody symulacji | 71 |
| 4.3. Charakterystyka modelu symulacyjnego sieci .. | 73 |
| 4.4. Uwagi o adekwatności modelu | 83 |
| 4.5. Analiza wyników badania sieci w oparciu o model symulacyjny | 85 |
| ROZDZIAŁ 5. PODSUMOWANIE | 105 |
| DODATEK - Ogólna charakterystyka sieci teleinformaty- cznych | 112 |
| LITERATURA | 119 |
| ZAŁĄCZNIK 1. Oszacowanie informacji przekazywanych w relacjach ZT - ZO oraz ZT - Oddział ... | 129 |

WYKAZ PODSTAWOWYCH OZNACZEŃ

- A - zbiór dystrybuant prawdopodobieństwa przebywania urządzeń transmisji w wyróżnionych stanach,
- A_u/S_u^1 - dystrybuanta prawdopodobieństwa przebywania urządzenia transmisji w wyróżnionych stanach,
- B - zbiór dystrybuant prawdopodobieństwa czasu przebywania urządzeń transmisji w wyróżnionych stanach,
- B_u^s - dystrybuanta prawdopodobieństwa czasu przebywania urządzenia transmisji w stanie s ,
- C - cel działania sieci,
- C - zbiór dystrybuant prawdopodobieństwa przebywania urządzeń konwersji w wyróżnionych stanach,
- CI - centrum informatyczne,
- $C_u(s_u^3)$ - dystrybuanta prawdopodobieństwa przebywania urządzeń konwersji w wyróżnionych stanach,
- D - zbiór dystrybuant prawdopodobieństwa czasu przebywania urządzeń konwersji w wyróżnionych stanach,
- D_u^s - dystrybuanta czasu przebywania urządzeń konwersji w stanie s ,
- $E_{u,w}(t)$ - liczba pakietów informacji o w - tej pilności oczekujących na konwersję w elemencie u w chwili t ,
- F - zbiór dystrybuant opisujących emisję informacji w sieci,
- $F_r^1(t)$ - dystrybuanta odstępu czasu między kolejnymi emisjami pakietów informacji w r - tej relacji,
- $F_r^2(q)$ - dystrybuanta objętości informacji emitowanej w postaci pakietu w r - tej relacji,
- $F_r^3(w)$ - dystrybuanta pilności emitowanych pakietów informacji,

- G_u - para określająca stan konwersji w elemencie u ,
- $H_{u,w t}$ - liczba pakietów informacji o w - tej pilności oczekujących na transmisję w elemencie u w chwili t ,
- I_u - para określająca stan transmisji w u - tym elemencie,
- K_r - pakiet informacji emitowany w r - tym źródle,
- M_u - zbiór określający stan kolejki pakietów oczekujących na konwersję w elemencie u ,
- N - całkowita długość informacji,
- N_u - zbiór określający stan kolejki pakietów informacji oczekujących na transmisję w elemencie u ,
- n - długość informacji użytkowej,
- P - zbiór parametrów technicznych określających warunki współpracy elementów w sieci,
- P_0 - graniczne prawdopodobieństwo realizacji zadania przez sieć,
- q - objętość informacji,
- R - zbiór relacji zachodzących między elementami zbioru U ,
- R_1 - zbiór relacji dopuszczających współpracę elementów ze zbioru U_1 z elementami zbioru U_2 i odwrotnie,
- R_2 - zbiór numerów relacji dopuszczonych w sieci,
- r - numer relacji w sieci,
- r_p - ilość powtórzeń przesyłania informacji w przypadku występowania błędów,
- R - maksymalny numer relacji w sieci,
- S - zbiór informacji o stanie elementów w sieci,
- S_u - wektor informacji o stanie u - tego elementu sieci,

- S_u^1 - stan sprawności technicznej urządzenia transmisji u - tego elementu,
- S_u^2 - czas przebywania urządzenia transmisji u - tego elementu w stanie S_u^1 ,
- S_u^3 - stan sprawności technicznej urządzenia konwersji u - tego elementu,
- S_u^4 - czas przebywania urządzenia konwersji u - tego elementu w stanie S_u^3 ,
- ST - sieć transmisji ,
- STR - struktura sieci,
- t - czas,
- t_p - moment czasu, w którym generowany jest pakiet informacji,
- t_k - moment czasu, w którym rozpoczęto konwersję pakietu informacji,
- t_t - moment czasu rozpoczęcia transmisji pakietu informacji,
- t_1 - moment czasu, w którym informacja jest wyemitowana w źródle,
- t_2 - moment czasu, w którym zakończono przesyłanie informacji,
- T - oczekiwany czas przesyłania informacji w sieci,
- T_{max} - maksymalny czas przesyłania informacji w sieci,
- T_d - dopuszczalny czas przesyłania informacji w sieci,
- $T_{u,w,i}^3$ - czas oczekiwania na transmisję pakietu o w - tej pilności na i - tej pozycji w kolejce u - tego elementu,
- $T_{u,w,i}^1$ - czas oczekiwania na konwersję pakietu o w - tej pilności na i - tej pozycji w kolejce u - tego elementu,
- T_u^s - czas przebywania urządzenia transmisji w stanie s,

- T_u^s - czas przebywania w stanie s. urządzenia konwersji u - tego elementu,
- T_c - czas cyklu decyzyjnego,
- T_D - czas podejmowania decyzji,
- T_P - czas przetwarzania informacji dla potrzeb podejmowania decyzji,
- U - zbiór elementów realizujących zadanie ogólne. Z sieci,
- U_1 - zbiór elementów sieci współpracujących bezpośrednio z systemem liczącym,
- U_2 - zbiór zdalnych elementów sieci,
- U - maksymalny numer elementu w zbiorze U ,
- u - numer elementu realizującego przesyłanie informacji w sieci,
- w - kategoria pilności informacji,
- V_{ef} - efektywna szybkość transmisji,
- V_m - szybkość modulacji,
- V_p - szybkość przesyłania informacji,
- V_{uz} - szybkość pracy urządzeń zewnętrznych,
- Z - zbiór zadań sieci,
- Z_1 - zadanie konwersji,
- Z_2 - zadanie transmisji,
- z - zakłócenia oddziałujące na sieć,
- Z_n - ilość bitów w znaku,
- ZPI - zdalny punkt informatyczny,
- η - niezawodność sieci,

- Φ - zbiór sterowań dopuszczalnych,
- Φ - sterowanie siecią,
- Φ^* - optymalne sterowanie siecią,
- Φ_* - zadawalające sterowanie siecią,
- φ - funkcja przyporządkowująca relacjom zbioru \mathbb{R}_1
numery,
- φ_1 - sterowanie strukturą sieci,
- φ_2 - sterowanie realizacją procesu konwersji,
- φ_3 - sterowanie realizacją procesu transmisji.

ROZDZIAŁ 1

WPROWADZENIE

1.1. Wstęp

Rozwój technicznych środków walki decyduje o sposobach prowadzenia działań bojowych. Wprowadzenie do uzbrojenia związków taktycznych klasycznych środków walki o większej sile i skuteczności rażenia oraz broni jądrowej powoduje, że wraz ze wzrostem ich możliwości bojowych, jak również wraz ze wzrostem skali skutków jakie może spowodować ich użycie, działania bojowe charakteryzować będzie wzrastająca różnorodność sposobów prowadzenia walki, gwałtowność zmian ich rodzaju i formy, wzrastające zespolenie obronnych i zaczepnych form walki, kompleksowe użycie posiadanych sił i środków walki oraz ciągle skracanie przedziału czasu przeznaczanego na planowanie i organizację działań.

Wzrastające możliwości ogniowe i manewrowe środków walki oraz szybkie zmiany jej charakteru stawiają coraz wyższe wymagania wobec dowodzenia wojskami, powodują konieczność ciągłego doskonalenia dowodzenia w celu dostosowania jego metod i środków do nowych rosnących wymagań pola walki. Doskonalenie systemu dowodzenia związku taktycznego wymaga głębokiego zrozumienia istoty dowodzenia i współzależności występujących w dowodzeniu.

Iwanow i inni [21] istotę dowodzenia wojskami określa ją jako celową działalność dowódcy, sztabu i innych organów dowodzenia

w zakresie przygotowania działań bojowych i kierowania wysiłków wojsk na pomyślne wykonanie zadania bojowego, w efekcie uzyskiwania i studiowania danych o sytuacji, podejmowania decyzji stosownie do tej sytuacji, oraz przekazywania zadań wykonawcom.

Przedstawiona definicja u innych teoretyków nie budzi głębszych sprzeciwów, określa dowodzenie jako złożony proces informacyjno-decyzyjny.

Najbardziej istotnym elementem dowodzenia jest decydowanie o odpowiednim do sytuacji sposobie prowadzenia walki i właściwym wykorzystaniu dysponowanych sił i środków. Podjęcie uzasadnionej decyzji uwarunkowane jest posiadaniem wystarczających informacji. Oznacza to konieczność ciągłej realizacji procesu informacyjnego obejmującego: napływ informacji, odpowiednie ich gromadzenie, selekcję i przetwarzanie oraz rozpowszechnianie.

Ścisła współzależność procesów informacyjnych i decyzyjnych w dowodzeniu w świetle wprowadzania do uzbrojenia wojsk doskonalszej techniki bojowej oraz skracanie czasu planowania i organizacji walki w miarę doskonalenia techniki bojowej - w okresie drugiej wojny światowej wynosił on na szczeblu dywizji 2 - 3 doby, natomiast obecnie przyjmuje on wielkość rzędu 4 - 12 godzin [8] - narzuca konieczność doskonalenia dowodzenia w zakresie organizacji, metod i środków realizacji wymienionych procesów. Najefektywniejszą formą doskonalenia dowodzenia jest automatyzacja jego wybranych procesów, możliwych do zautomatyzowania przy aktualnym

poziomie wiedzy i techniki. Polega ona na wprowadzaniu do systemu dowodzenia komputerów cyfrowych oraz nowoczesnych urządzeń końcowych połączonych siecią transmisji danych, umożliwiającą komunikację człowieka poprzez te urządzenia z komputerem w procesie realizacji dowodzenia. Aktualny poziom wiedzy i techniki pozwala automatyzować procesy informacyjne dowodzenia.

Skuteczność automatyzacji procesów informacyjnych uwarunkowana jest opracowaniem optymalnej, z punktu widzenia minimalizacji czasu ich realizacji, struktury systemu realizującego przesyłanie informacji.

Celem przedstawionej rozprawy jest opracowanie metody badania systemów przesyłania informacji, umożliwiającej dokonanie wyboru struktury sieci transmisji danych Polowego Zautomatyzowanego Podsystemu Dowodzenia Ogólnowojskowego Związku Taktycznego, zapewniającej przesłanie ilości informacji niezbędnej do sprawnego dowodzenia dywizją w natarciu.

1.2. Ogólna koncepcja realizacji rozprawy.

Konieczność badania funkcjonowania sieci transmisji danych w warunkach możliwie bliskich warunkom przewidywanego pola walki stwarza znaczne trudności przy wyborze odpowiedniej metody badania.

Sieć transmisji danych podsystemu ogólnowojskowego charakteryzuje między innymi wielofazowość realizowanych

procesów, losowość charakterystyk informacji napływających do sieci oraz występujących niesprawności jej elementów jak również wzajemna zależność strumieni informacji.

Uwzględnienie wymienionych czynników prowadzi do powstania modeli, których analityczne rozwiązanie jest bardzo trudne. Stosowane zwykle w tych przypadkach uproszczenia nie zawsze pozwalają uzyskać rozwiązania przy zachowaniu dostatecznej dokładności opisu zachodzących zjawisk. Wymienione względy oraz fakt iż sieć transmisji danych PZPDO ZT jest systemem hipotetycznym, wykluczającym możliwość przeprowadzenia eksperymentów dla oceny jej funkcjonowania, skłaniają do zastosowania w badaniach sieci metody symulacji komputerowej. Metoda ta pozwala ująć, możliwie dokładnie, przewidywane warunki funkcjonowania sieci transmisji danych, umożliwia analizę jej funkcjonowania w szerokim zakresie zmian parametrów oraz ocenę efektywności funkcjonowania w różnych warunkach w oparciu o wybrane kryteria oceny. A zatem pozwoli dokonać wyboru struktury zadawalającej.

Przedstawiona metoda może stanowić dla użytkowników systemu podstawę oceny skuteczności funkcjonowania sieci transmisji danych w różnych warunkach oraz wpływu obiegu informacji na jakość dowodzenia. Natomiast projektantom zautomatyzowanych systemów dowodzenia umożliwia przeprowadzenie kompleksowych badań wpływu struktury technicznej i przestrzennej sieci na efektywność realizacji obiegu informacji oraz na efektywność dowodzenia, natomiast podczas eksploatacji użytkowej umożliwia bieżącą korekcję struktury sieci dostosowującą ją

do występujących sytuacji.

Temat rozprawy stanowi element programu badawczego z zakresu automatyzacji systemu dowodzenia ZT realizowanego w Instytucie Dowodzenia ASG WP oraz programu z zakresu kierunków usprawniania procesów dowodzenia dywizją w polu realizowanego przez Katedrę Służby Sztabów.

Przedstawiona praca zawiera pięć rozdziałów. Wstęp i ogólną koncepcję realizacji rozprawy przedstawiono w rozdziale pierwszym.

W rozdziale drugim scharakteryzowano warunki funkcjonowania sieci transmisji danych PZPDO ZT. Przedstawiono strukturę oraz podstawowe założenia i wymagania stawiane Polowemu Zautomatyzowanemu Systemowi Dowodzenia Związku Taktycznego /PZSD ZT/ wpływające na organizację i funkcjonowanie podsystemu ogólnowojskowego i jego sieci transmisji danych. Scharakteryzowano elementy podsystemu, jego strukturę organizacyjno-funkcjonalną i informacyjną. Przedstawiono strukturę sieci transmisji danych podsystemu przyjętą do badań symulacyjnych. Dokonano analizy źródeł informacji oraz obiegu informacji w sieci. Scharakteryzowano wskaźniki oceny jej efektywności oraz podano tendencje rozwoju sieci w podsystemie ogólnowojskowym.

W rozdziale trzecim na podstawie charakterystyki warunków funkcjonowania sieci dokonano formalnego opisu celu i zadań realizowanych w sieci, jej struktury, emisji i przesyłania informacji. Przedstawiono opis zasadniczych paramet-

trów charakteryzujących stan urządzeń oraz stan realizacji zadań sieci.

Rozdział czwarty poświęcony jest problematyce badań sieci za pomocą symulacji cyfrowej. W rozdziale dokonano ogólnej charakterystyki metody symulacji cyfrowej jako metody badawczej, omówiono ogólne zalecenia jej stosowania oraz uzasadnienie celowości jej stosowania do badań podsystemu ogólnowojskowego.

Przedstawiono model symulacyjny sieci, przyjęte założenia i ograniczenia modelu oraz zasadę jego funkcjonowania. Dokonano oceny adekwatności przedstawionego modelu oraz analizy wyników badań, przeprowadzonych w oparciu o przedstawiony model.

W rozdziale piątym zamieszczono uogólnione wnioski dotyczące zastosowanej metody i oceny możliwości wykorzystania wyników badań.

Autor w tym miejscu pragnie gorąco podziękować promotorowi płk.doc. dr. Bogusławowi BIDZIŃSKIEMU za trud kierowania pracą oraz za pomoc okazaną podczas realizacji niniejszej rozprawy.

Dziękuję serdecznie Kolegom z Katedry Służby Sztabów za życzliwe uwagi i pomoc okazaną w czasie wykonywania pracy.

ROZDZIAŁ 2

ANALIZA WARUNKÓW FUNKCJONOWANIA SIECI TRANSMISJI DANYCH POLOWEGO ZAUTOMATYZOWANEGO PODSYSTEMU DOWO- DZENIA OGÓLNOWOJSKOWEGO ZWIĄZKU TAKTYCZNEGO

2.1. Ogólna charakterystyka założeń, wymagań i struktury funkcjonalnej Polowego Zautomatyzowanego Systemu Dowodzenia Związku Taktycznego /PZSD ZT/.

Budowa zautomatyzowanych systemów dowodzenia wojskami stała się koniecznością. Wzrastającej dysproporcji między rozwojem technicznych środków walki, a rozwojem technicznych środków dowodzenia nie da się zlikwidować bez wprowadzenia na wyposażenie sztabów zautomatyzowanych systemów.

Zmniejszenia dysproporcji można dokonać między innymi poprzez doskonalenie metod dowodzenia. Jednak doskonalsze metody będą tylko łagodzić występującą rozbieżność lecz jej nie zlikwidują. Wprowadzenie do sztabów jakościowo nowych środków jakimi są zautomatyzowane systemy dowodzenia budowane w oparciu o najnowsze rozwiązania techniczne informatyki i nowoczesne metody dowodzenia wojskami pozwoli wyeliminować występujące dysproporcje.

W 1971 roku rozpoczęto w ID ASG prace nad budową, dla potrzeb sił zbrojnych PRL, polowego zautomatyzowanego systemu dowodzenia związkiem taktycznym /PZSD ZT/.

Zasadniczym celem budowy systemu jest zapewnienie

dowódcy i sztabowi warunków do uzyskania takiej efektywności użycia oddziałów i pododdziałów dywizji, która zapewni spełnienie wymagań stawianych przez przyszłe pole walki [64]. Cel ten będzie osiąganym w efekcie realizacji przez system procesów zbierania, gromadzenia, przetwarzania, wydawania, utajniania i przesyłania informacji o nieprzyjacielu, wojskach własnych i terenie. W [64] [65] [59] zawarte są wymagania stawiane budowanemu systemowi. W myśl głównych z nich, powinien on być:

- systemem modułowym; tzn. powinien mieć możliwość wchodzenia jako względnie samodzielny moduł do systemu dowodzenia armii lub do systemu dowodzenia frontu oraz sam winien składać się z modułów podsystemów,
- systemem mobilnym; przez co rozumie się możliwość poruszania się systemu w różnych warunkach terenowych oraz możliwość pracy w ruchu,
- systemem elastycznym umożliwiającym:
 - w przypadku awarii systemu informatycznego przejście do dowodzenia metodami tradycyjnymi,
 - dowodzenie dywizją z jednego ze stanowisk dowodzenia pułku,
 - proste dostosowanie systemu do zmian zachodzących w organizacji wojsk i zasadach ich działania,
- systemem operatywnym; przez operatywność systemu rozumie się zdolność do terminowego reagowania sztabu /posługującego się systemem/ na bieżące zmiany sytuacji.

Operatywność mierzona jest tu czasem pełnego cyklu decyzyjnego szacowanego na około:

- 3 - 5 minut dla rakiet taktycznych
- 30 minut dla dowodzenia ogólnowojskowego
- 40 - 60 sekund dla OPL [58],
- systemem niezawodnym. Prawdopodobieństwo nieprzerwanej pracy systemu powinno wynosić nie mniej niż 0,98 przy średnim czasie nieprzerwanej pracy 3-4 godziny i czasie przerwy rzędu 3-5 minut.

Polowy zautomatyzowany system dowodzenia związkiem taktycznym jest systemem złożonym, składającym się z czterech względnie samodzielnych podsystemów:

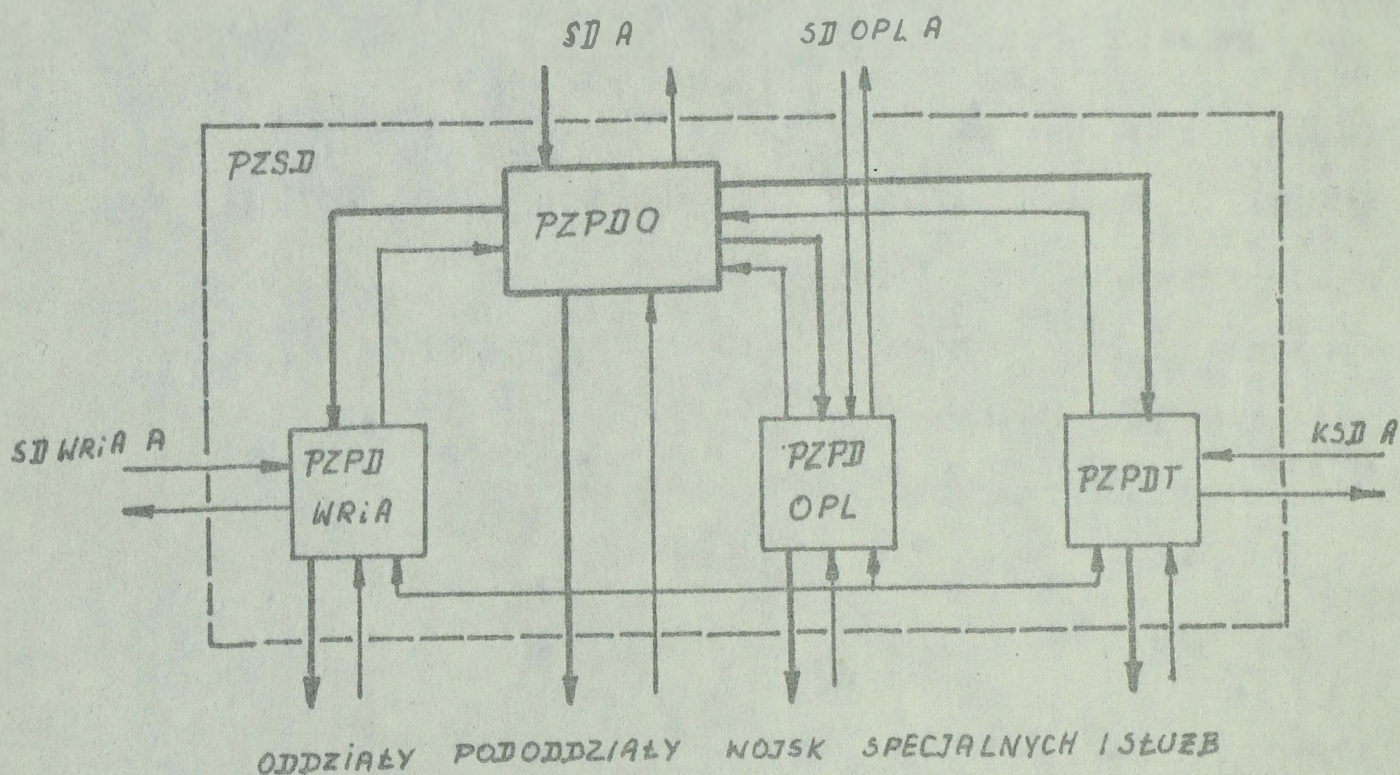
- podsystemu dowodzenia ogólnowojskowego,
- podsystemu dowodzenia WR i A,
- podsystemu dowodzenia OPL,
- podsystemu dowodzenia tyłami.

Strukturę systemu ilustruje rys. 1.

Spośród wymienionych podsystemów, podsystem ogólnowojskowy /PZPDO/ spełnia rolę szczególną. Jest on podsystemem integrującym podsystemy: artyleryjski /PZPD WR i A/, obrony przeciwlotniczej /PZPD OPL/ i tyłowy /PZPD T/ w jednolity polowy zautomatyzowany system dowodzenia. Integracja ta realizowana jest w efekcie koordynowania działania podsystemów przez podsystem ogólnowojskowy /działania ukierunkowanego na realizację celu systemu/, zapewnienie im niezbędnego dopływu informacji oraz wykorzystywanie produktów ich dzia-

łania.

W podsystemie dowodzenia ogólnowojskowego w oparciu o wpływające doń zadania z systemu nadrzędnego, informacje o pozostałych podsystemach oraz informacje o oddziałach i pododdziałach wojsk specjalnych i służb przydzielane są podsystemom określone zadania, nadzorowany jest przebieg ich działania i zbierane są wyniki ich realizacji oraz realizowane jest kierowanie działaniem podległych mu oddziałów i pododdziałów.



Rys. 1 Schemat struktury funkcjonalnej PZSD
gdzie:

————— strumień informacji decyzyjnych
- - - - - strumień informacji sytuacyjnych

PZPDO - polowy zautomatyzowany podsystem dowodzenia ogólnowojskowego.

PZPD WR i A - polowy zautomatyzowany podsystem dowodzenia WRiA

PZPD OPL - polowy zautomatyzowany podsystem dowodzenia OPL

PZPDT - polowy zautomatyzowany podsystem dowodzenia tyłami.

Podsystem dowodzenia wojsk raketowych i artylerii realizuje funkcje zbierania i opracowywania danych z rozpoznania artyleryjskiego, obliczeniowe z zakresu planowania i przygotowania danych do uderzeń jądrowych oraz funkcję bieżącego kierowania ogniem pododdziałów rakiet taktycznych i artylerii dywizji.

Podsystem dowodzenia obrony przeciwlotniczej realizuje zbieranie i przetwarzanie informacji o obiektach powietrznych oraz kierowanie taktyczne i ogniowe siłami i środkami OPL dywizji.

Podsystem dowodzenia tyłami realizuje funkcje zbierania i przetwarzania informacji o stanie tyłów oraz ich możliwościach materiałowego, technicznego i medycznego zabezpieczenia i obsługi walczących wojsk dywizji.

Przedmiotem dalszych rozważań w pracy będzie tylko podsystem dowodzenia ogólnowojskowego.

2.2. Charakterystyka Polowego Zautomatyzowanego Podsystemu Dowodzenia Ogólnowojskowego Związku Taktycznego /PZPDO ZT/.

2.2.1. Struktura organizacyjno-funkcjonalna PZPDO ZT.

Istota dowodzenia [8] [18] [21] wyraża się w ciągłym i zorganizowanym oddziaływaniu dowódcy i sztabu na podległe wojska w celu wykonania zadania bojowego w ustalonym czasie

i przy minimalnych stratach. Oddziaływanie to jest realizowane w efekcie uzyskiwania i studiowania danych o sytuacji, podejmowania decyzji stosownie do zaistniałej sytuacji, przygotowania działań oraz przekazywania zadań wykonawcom. Stanowi ono złożony proces informacyjno-decyzyjny realizowany podczas dowodzenia.

Budowa PZPDO ZT ma na celu zwiększenie efektywności realizacji procesów dowodzenia. Cel ten zamierza się osiągnąć w efekcie automatyzacji procesów informacyjnych. Polega ona na wprowadzeniu do systemu dowodzenia komputerów cyfrowych - odpowiednio oprogramowanych - wraz z nowoczesnymi urządzeniami końcowymi, zapewniającymi wykorzystanie komputera do wspomagania człowieka w procesie dowodzenia.

Przyjęta w podsystemie struktura organizacyjno-funkcjonalna zapewnia automatyzację informacyjnych procesów dowodzenia na szczeblu dywizji. Za podstawę tworzonej struktury przyjęto aktualną strukturę ogólnowojskowych związków taktycznych.

Dla zapewnienia realizacji w PZPDO ZT, procesów informacyjnych organizuje się w podsystemie centrum informatyczne /CI/ oraz zespół zdalnych punktów informatycznych /ZPI/.

Centrum informatyczne rozmieszczone jest na SD dywizji i spełnia rolę ośrodka zbierania, selekcji, gromadzenia /w banku danych/, przetwarzania i dystrybucji informacji niezbędnych w procesie dowodzenia dywizją. Na zasadach abonenckich CI świadczy usługi z wymienionego zakresu zdalnym

punktom informatycznym oraz uprawnionym lokalnym użytkownikom centrum. Pozostali oficerowie sztabu dywizji wykorzystują ogólnodostępny punkt informatyczny /PI/ organizowany przy CI i ze środków centrum.

CI wyposażone jest w komputer typu WMD Rodan, zestaw dysków magnetycznych zawierających bank danych systemu, zestaw monitorów ekranowych zapewniających dowódcy i podstawowym osobom funkcyjnym SD kontakt z komputerem, drukarkę wierszową oraz czytniki i perforator taśmy papierowej.

WMD Rodan może współpracować z czterema liniami transmisji danych.

Zdalne punkty informatyczne rozmieszczane są na SD pułków ogólnowojskowych oraz na KSD i WSD /ZSD/ dywizji. Spełniają one rolę elementów zapewniających ciągły kontakt stanowisk dowodzenia pułków ze stanowiskami dowodzenia dywizji. ZPI pułków są podstawowymi źródłami informacji dla systemu, zapewniającymi napływ do CI danych niezbędnych do dowodzenia oddziałami i pododdziałami dywizji oraz przyjmują i dokumentują informacje przesyłane ze sztabu dywizji. Ponadto ZPI zapewniają możliwość zdalnego korzystania z mocy obliczeniowej komputera znajdującego się w CI.

Wyposażenie ZPI stanowi zestaw urządzeń zapewniających przygotowanie informacji do wprowadzania, wprowadzanie i wyprowadzanie informacji z /do/ komputera. Są nimi dalekopis, czytnik taśmy papierowej oraz wierszowa drukarka znakowo-mozaikowa.^x

x/ Propozycję wyposażenia ZPI w RPKU bs wraz z UTD-3C

Docelowo ZPI wyposażone zostaną w punkt abonencki typu UPD 305 - 20/1, który dysponować będzie następującym zestawem urządzeń wejścia - wyjścia: czytnik taśmy, czytnik kart, perforator taśmy, drukarka znakowo-mozaikowa, monitor ekranowy, pamięć kasetowa oraz elektryczna maszyna do pisanania.

2.2.2. Struktura sieci transmisji PZPDO ZT.

Scharakteryzowane elementy funkcjonalne PZPDO rozmieszczone na poszczególnych stanowiskach dowodzenia połączone są między sobą liniami transmisji danych tworząc sieć transmisji o strukturze przestrzennej jak na rys. 3. Połączenie zdalnych punktów informatycznych z centrum informatycznym liniami transmisji danych pozwala na dwustronną wymianę informacji między stanowiskami dowodzenia pułków i stanowiskami dowodzenia dywizji w obiegu zautomatyzowanym za pośrednictwem komputera, który stanowi element sterujący przesyłaniem informacji w sieci. Sieć wraz ze wszystkimi jej urządzeniami spełnia rolę technicznego realizatora obiegu informacji w podsystemie dowodzenia ogólnowojskowego, zapewniającego podniesienie efektywności procesów dowodzenia. Zastosowane w sieci urządzenia transmisji typu UTD-3a na CI oraz typu UTD-3C na ZPI /a w perspektywie lat 80-tych wyposażenie ZPI w urządzenia typu UPD 305-20/1 / pozwalają na

i wymienionymi urządzeniami peryferyjnymi przedstawiono na konsultacji zorganizowanej dla pracowników ID ASG WP przez WIŁ w Zegrzu w lutym 1976 roku.

półdupleksową wymianę informacji z szybkością 200, 600 i 1200 bodów. Transmisja informacji odbywa się w postaci depesz krótkich lub długich. Wynoszą one odpowiednio dla relacji

| | | |
|------------------|----|-----|
| UTD 3A -- UTD 3A | 36 | 111 |
| UTD 3A -- UTD 3C | 51 | 111 |

znaków pięciobitowych z możliwością rozbudowy depeszy do długości 200 znaków. Podane długości depesz dotyczą znaków informacji użytkowej przesyłanej w depeszy, która zawiera ponadto elementy synchronizacyjne, adresu odbiorcy depeszy oraz elementy zabezpieczenia kodowego informacji użytkowej przed przekłamaniami w kanale.

Strukturę techniczną poszczególnych relacji sieci przedstawiono na rys. 2.

Szybkość V_p przesyłania informacji w poszczególnych relacjach uzależniona jest od efektywnej szybkości transmisji oraz od szybkości urządzeń końcowych relacji

$$V_p = \min \{ V_{ef}, V_{uz} \}$$

gdzie:

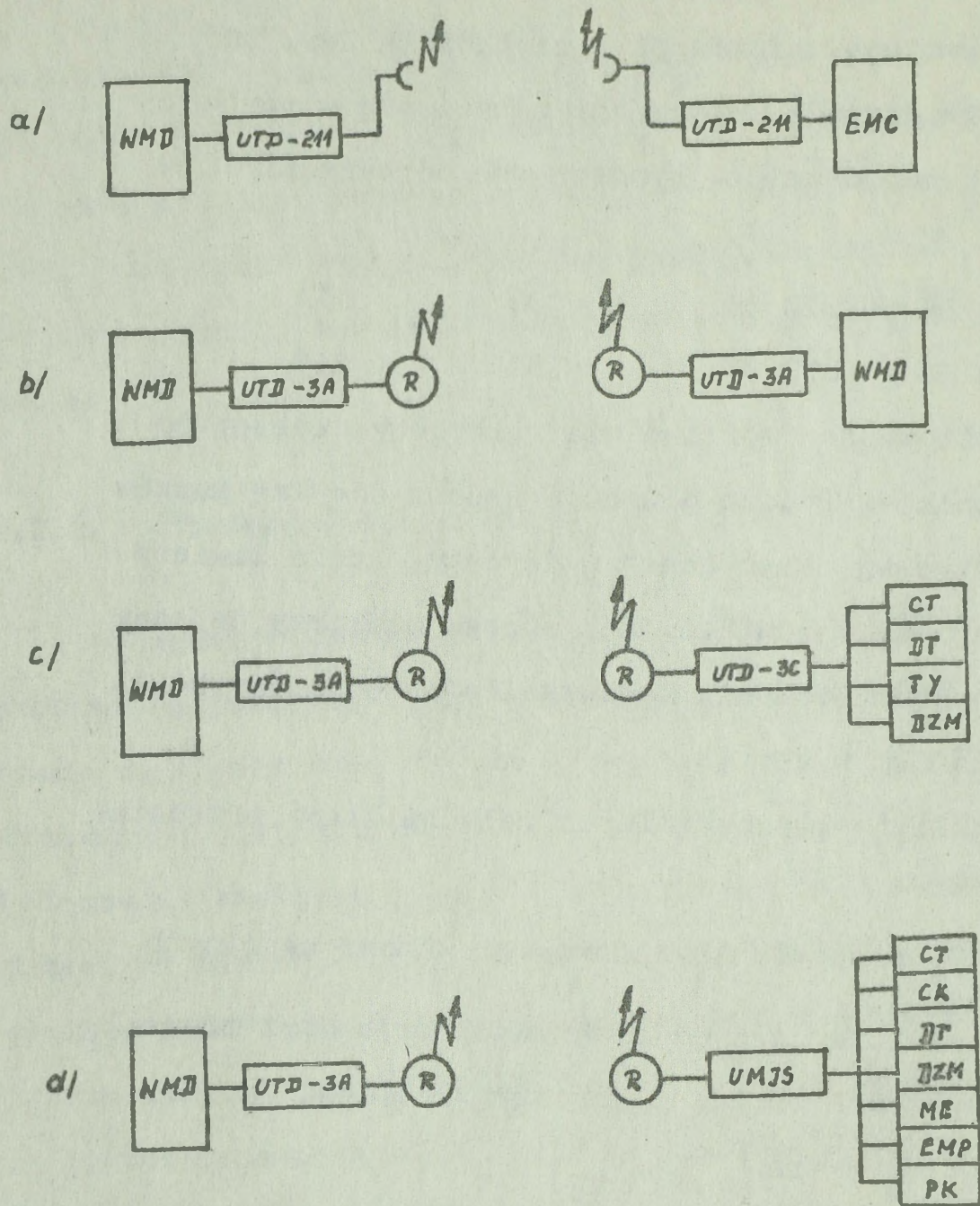
V_{ef} - efektywna szybkość transmisji

V_{uz} - szybkość wprowadzania /wyprowadzania/ informacji przez urządzenie zewnętrzne.

Efektywna szybkość transmisji określona jest zależnością

$$V_{ef} = \frac{n}{N} \times \frac{1}{r_p} \times \frac{V_m}{Z_n}$$

gdzie:



Rys. 2 Struktury techniczne relacji występujących w sieci transmisji

- a/ relacja między stanowiskiem dowodzenia dywizji a stanowiskiem dowodzenia armii,
- b/ relacja łącząca SD i KSD dywizji przy funkcjonującym PZPDT. Jeśli PZPDT nie będzie uruchomiony relacja przyjmie postać relacji c lub d,
- c/ relacja między CI SD dywizji a ZPI WSD /KSD/ dywizji oraz stanowiskami dowodzenia pułków,
- d/ docelowa postać relacji c po wyposażeniu ZPI w punkt abonencki typu UPD 305-20/.

V_m - szybkość modulacji,

n - długość informacji użytkowej,

N - całkowita długość informacji /informacja użytkowa + nadmiary informacji związane z zabezpieczeniem kodowym informacji użytkowej, adresem itp/,

r_p - ilość powtórzeń przesyłanej informacji w przypadku występowania błędów,

Z_n - ilość bitów w znaku.

Strukturę informacyjną sieci transmisji podsystemu ogólnowojskowego charakteryzuje zbiór źródeł i odbiorców informacji oraz jej obieg w sieci, który określa ilość i zakres informacji przekazywanych między źródłami i odbiorcami oraz sposoby i formy jej przekazywania.

Realizowany przez sieć obieg informacji w systemie dowodzenia dywizją winien zapewnić poprawną i terminową realizację procesów informacyjno-decyzyjnych w złożonych sytuacjach pola walki. Warunkiem ich poprawnej realizacji jest wysoka efektywność funkcjonowania sieci transmisji. Powinna ona zachować wysoką efektywność funkcjonowania w szczególnie trudnych i dynamicznych warunkach działania na przewidywanym polu walki mimo oddziaływania na nią wielu negatywnych czynników.

2.2.2.1. Charakterystyka źródeł informacji w sieci.

Źródłami informacji w sieci są stanowiska dowodzenia wyposażone w urządzenia informatyczne, zapewniające możliwość

dwukierunkowej wymiany informacji. Są nimi:

- SD armii /w perspektywie będzie dysponować PZSD ZO/,
- SD dywizji /wyposażone w CI/,
- WSD /ZSD/ dywizji /dysponuje ZPI/,
- KSD dywizji /dysponuje ZPI bądź PZPDT/,
- SD pułków ogólnowojskowych /dysponują ZPI/.

Wymienione organa dowodzenia są jednocześnie źródłami i odbiorcami informacji bowiem każdy z nich prowadzi dwukierunkową wymianę informacji z właściwym mu podległym bądź nadrzędnym organem.

Tak rozumiane źródła informacji charakteryzuje zmiana położenia w czasie, konieczność pracy w ruchu, zmienna w czasie intensywność emisji oraz zróżnicowany zakres tematyczny emitowanych informacji wysyłanych do odbiorców jak również różny sposób formowania informacji podlegających przesłaniu w sieci.

Intensywność emisji informacji w źródłach jest procesem losowym uwarunkowanym takimi czynnikami jak:

- warunki prowadzenia działań bojowych,
- miejsce i rola oddziału /związku/ w ugrupowaniu bojowym,
- oddziaływanie przeciwnika,
- zakres tematyczny przekazywanych informacji.

Rodzajem działań stwarzającym wiele trudnych sytuacji na polu walki wymagającym w krótkim czasie podejmowania wielu złożonych decyzji jest natarcie.

Natarcie obfituje w wiele różnorodnych i szybko zmieniających się niezwykle trudnych dla nacierającego sytuacji. Zarówno z chwilą rozpoczęcia działań jak również podczas rozwijania

natarcia w głębi obrony przeciwnika walczące wojska będą napotykać określone obiekty w jego ugrupowaniu, wychodzące z nieprzewidzianych kierunków kontrataki oraz drugie rzuty i odwody. Powodować to będzie gwałtowne wywiązywanie się walki i radykalne zmiany sytuacji. Zmiany sytuacji uwarunkowane są tempem prowadzenia natarcia. Powoduje to, że wraz ze wzrostem tempa i gwałtowności działań dane o sytuacji bojowej będą się szybciej dezaktualizować i trzeba będzie je częściej odnawiać, gdyż w przeciwnym przypadku decyzje podejmowane przez dowódcę nie będą odpowiadały rzeczywistości.

W sytuacjach kiedy walczące oddziały realizują zadania zgodnie z planem - co uwarunkowane jest trafnym przewidywaniem zachowania przeciwnika bądź jego biernym zachowaniem - strumień informacji wymienianych między stanowiskami dowodzenia jest ustabilizowany i stosunkowo niewielki.

Zaskakujące, zaciekle i uporczywe działanie przeciwnika powodujące częste powstawanie sytuacji trudnych i kryzysowych, powoduje intensyfikację wymiany informacji - konieczność częstego informowania sztabów o zaistniałej sytuacji i częstej ich interwencji dla zapewnienia realizacji postawionego zadania.

Oczywistym jest, że intensywność emisji informacji zależna jest od miejsca i roli oddziału /związku/ w ugrupowaniu bojowym. Oddziały walczące na głównym kierunku będą przysyłać znacznie większe ilości informacji niż oddziały drugorzutowe bądź walczące na pomocniczym kierunku.

Podczas rozwijania natarcia w głębi, zachodzi potrzeba.

przesunięcia drugich rzutów /odwodów/ oraz punktów dowodzenia. Ponadto w toku walki dywizja może otrzymać nowe zadanie co stwarza konieczność wypracowania nowych decyzji, przekazania ich podległym i wspierającym oddziałom, zameldowania przełożonemu oraz poinformowania sąsiadów. Ten nowowyemitowany potok informacji nałoży się na strumień informacji związanych z realizacją dotychczasowego zadania.

Szczególnej pilności nabierają, w złożonej sytuacji ogólnej, problemy przesyłania informacji dotyczących użycia i zwalczania środków rakietowo-jądrowych przeciwnika. Wiadomo bowiem, że czas przebywania na stanowiskach startowych /ogniowych/ większości wyrzutni rakiet taktycznych armii zachodnich wynosi 20 - 25 minut, a artylerii atomowej rzędu 7 - 10 minut. Aby w tych warunkach uprzedzić przeciwnika w wykonaniu uderzeń, sztaby muszą otrzymać, opracować i przesłać szereg informacji zapewniających możliwość podjęcia decyzji i postawienia zadań własnym środkiem rażenia w takim czasie aby mogły one wykonać uderzenie przed zmianą położenia wykrytych obiektów.

Powyższe czynniki powodują, że przekazywany strumień informacji jest strumieniem o intensywności gwałtownie zmieniającej się w czasie, odzwierciedlającej zaistniałe sytuacje. Jest on w istotny sposób uzależniony od zakresu przekazywanych informacji. Przy nakazanym regulaminowym obowiązku przekazywania określonych informacji sytuacyjnych i decyzyjnych, szczególnego znaczenia nabiera właściwe formułowanie przekazywanych informacji. Winno ono zapewnić eliminację

nadmiarów informacji przekazywanych między organami dowodzenia, zachowując pełną ich jasność i dokładność. Likwidacja nadmiarów informacji nie wnoszących nowych, istotnych treści spowoduje zmniejszenie objętości przekazywanych informacji, ułatwi i przyspieszy ich przekazywanie i właściwą obróbkę.

W tym celu oraz dla zapewnienia ich komputerowej identyfikacji i obróbki wprowadza się w podsystemie ogólnowojskowym sformalizowane dokumenty bojowe. Charakteryzują się one jednolicie ustalonym układem treści przekazywanych informacji, dopuszczają stosowanie tylko niezbędnych w danej sytuacji zwrotów jednoznacznie opisujących zachodzące zjawiska.

Budowę i zasady wykorzystania sformalizowanych dokumentów bojowych omówiono w pracach [67] [68] [69].

Wprowadzenie sformalizowanych dokumentów bojowych pozwoli przy tym samym zakresie tematycznym zmniejszyć o około /25 - 40/ % wielkości emitowanych strumieni informacji.

Przekazywanie informacji w sieci realizowane za pomocą urządzeń transmisji wymaga konwersji informacji źródłowych na postać binarną wymaganą przez te urządzenia. Proces formowania wymaganej postaci informacji na SD dywizji /dysponującym CI/ odbywa się półautomatycznie, natomiast na stanowiskach dowodzenia dysponujących ZPI realizowany jest ręcznie. Podczas ręcznego formowania wymaganej postaci dokumentu przy pomocy dalekopisu wytwarzany jest binarny nośnik informacji, z którego informacje wprowadzane są do sieci i przekazywane właściwemu odbiorcy.

Półautomatyczne formowanie wymaganej postaci dokumentu odbywa się przy wykorzystaniu programów redagujących. Stanowią one część oprogramowania WMD i pozwalają zestawiać odpowiednie dokumenty korzystając z danych zawartych w banku danych oraz danych dostarczanych przez uruchamiającego program. Tak zredagowany dokument przechowywany jest w pamięci komputera i program automatycznie przekazuje go wskazanemu odbiorcy w sieci.

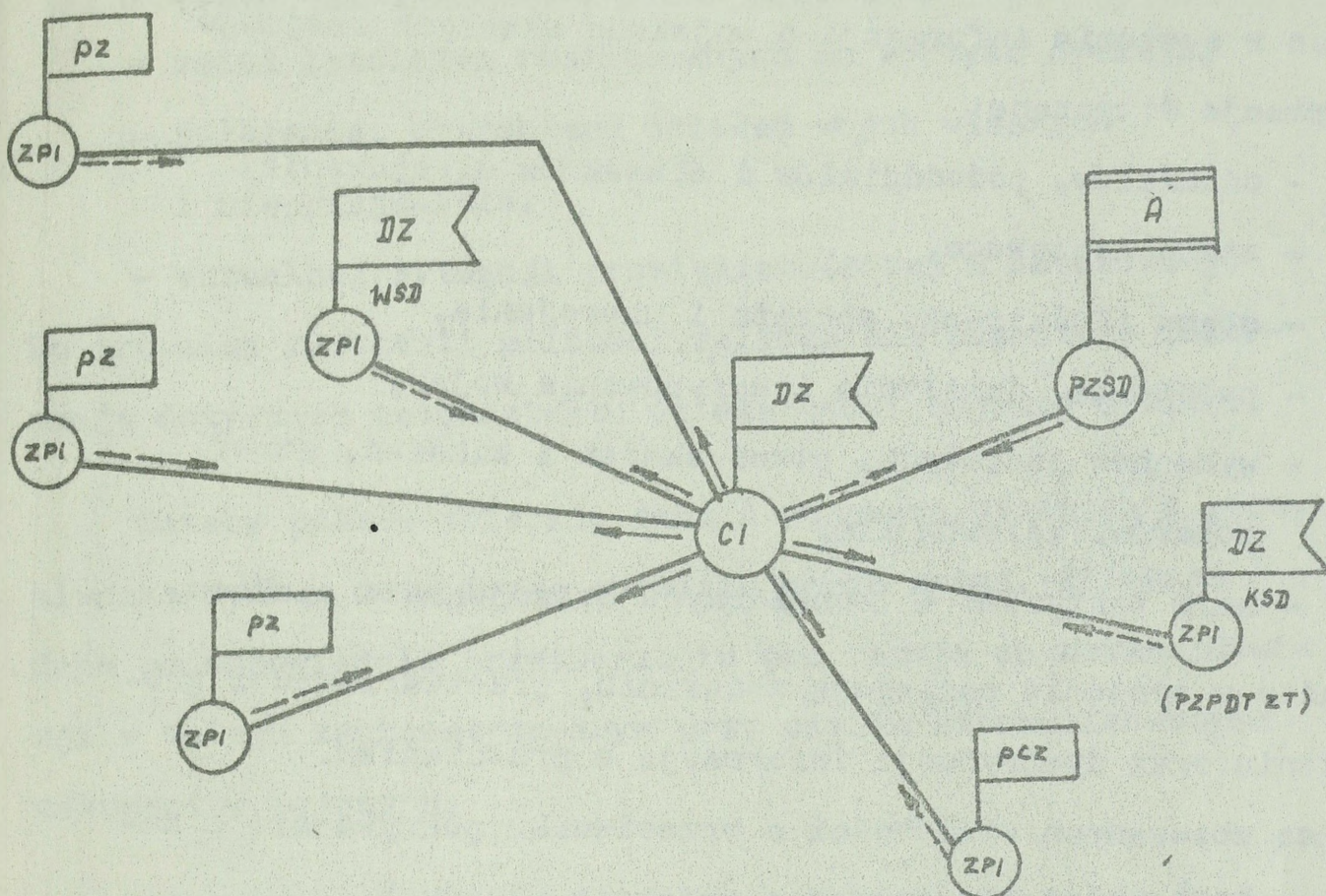
2.2.2.2. Charakterystyka obiegu informacji w sieci podczas natarcia.

Obieg informacji w systemie dowodzenia określony jest jej zakresem i ilością oraz formą i sposobem jej przekazywania między współpracującymi z sobą punktami dowodzenia. Spośród strumieni informacji przekazywanych w systemie można wyodrębnić strumienie informacji sytuacyjnych oraz strumienie informacji decyzyjnych.

Strumień informacji sytuacyjnych tworzą informacje dotyczące stanu, położenia i warunków działania wojsk własnych oraz informacje odnoszące się do nieprzyjaciela. Jest to strumień przekazywany na ogół od organów dowodzenia niższego szczebla do organów dowodzenia szczebla wyższego w formie meldunków i sprawozdań.

Strumień informacji decyzyjnych stanowią informacje przekazywane z wyższego do niższego szczebla dowodzenia w formie rozkazów, zarządzeń i wytycznych.

Schemat obiegu informacji w sieci zautomatyzowanego podsystemu dowodzenia ogólnowojskowego przedstawiony jest na rys. 3.



Rys. 3 Uproszczony schemat zautomatyzowanego obiegu informacji w PZPDO ZT

gdzie: — radiowe /radioliniowe/ łącza transmisji danych

—> strumień informacji decyzyjnych

- -> strumień informacji sytuacyjnych

Wymiana informacji w sieci podsystemu dowodzenia ogólnowojskowego realizowana jest przy pomocy urządzeń transmisji danych pod kontrolą systemu zarządzania WMD.

Informacje przesyłane są w postaci znakowej przy wykorzystaniu sformalizowanych dokumentów bojowych.

Zakres zbieranych, przetwarzanych, gromadzonych i wydawanych w systemie informacji o wojskach własnych obejmuje informacje dotyczące:

- oddziałów, pododdziałów i elementów ugrupowania,
- stanu osobowego,
- stanu ilościowego sprzętu i uzbrojenia,
- położenia, działania i ugrupowania wojsk,
- wybuchów jądrowych, stref skażeń i zakażeń, stref pożarów, zalewów itp,
- norm taktyczno - technicznych uzbrojenia i sprzętu.

Ponadto w systemie podlegają zbieraniu, przetwarzaniu i gromadzeniu oraz dystrybucji informacje o przeciwniku.

Zakres zbieranych wiadomości o przeciwniku pokrywa się z zakresem wiadomości zbieranych o wojskach własnych.

Przekazywane w systemie informacje dzieli się na trzy kategorie pilności [8] [9] [59] .

Do pierwszej kategorii pilności zalicza się informacje dotyczące:

- położenia środków przenoszenia broni jądrowej przeciwnika,
- wybuchów jądrowych,
- zagrożenia powietrznego,
- gotowości wojsk raketowych,
- działalności środków OPL,
- decyzji o zwalczaniu środków przenoszenia broni maso-

wego rażenia i zwalczania obiektów powietrznych.

Druga kategoria pilności obejmuje informacje dotyczące:

- decyzji dowódcy do walki,
- zadań dla oddziałów, wojsk OPL, artylerii,
- zadań lotnictwa realizowanych na korzyść dywizji,
- położenia, charakteru działań wojsk własnych i nieprzyjaciela,
- aktualnej sytuacji promieniotwórczej i chemicznej.

Do trzeciej kategorii pilności zalicza się pozostałe informacje dotyczące całokształtu działalności bojowej dywizji.

Sztaby pułków zbierają dane o wojskach własnych i przeciwnika według dotychczas obowiązujących zasad. Zbierane dane po odpowiednim przetworzeniu przekazują do sztabu dywizji w obiegu zautomatyzowanym przy użyciu sformalizowanych dokumentów bojowych.

Dowódcy organicznych i przydzielonych oddziałów /pododdziałów/ rodzajów wojsk wymieniają informacje ze sztabem dywizji według dotychczas obowiązujących zasad. Szefowie rodzajów wojsk wprowadzają te informacje - w odpowiednim zakresie - do systemu za pomocą dostępnych im urządzeń abonenckich bądź też przy pomocy PI.

Wymiana informacji między stanowiskami dowodzenia armii i dywizji odbywa się w obiegu zautomatyzowanym za pośrednictwem komputerów znajdujących się na SD dywizji i armii.

Ocena ilościowa informacji przekazywanych w systemie dowo-

dzenia związku taktycznego jest problemem trudnym. Problem ten dotychczas nie był szczegółowo badany i nie doczekał się właściwego opracowania. Podawane przez różnych autorów [44] [73] ilości informacji przetwarzanych na poszczególnych szczeblach dowodzenia, podawane są na podstawie doświadczeń własnych i obserwacji w czasie ćwiczeń i manewrów, a często na podstawie subiektywnych poglądów ludzi odpowiedzialnych za organizację dowodzenia i łączności. Ujmują one na ogół globalną ilość informacji wymienianych na poszczególnych szczeblach dowodzenia bez rozbicia na określone relacje i kierunki. Z pracy [44] zaczerpnięto zestawienie ilości informacji /tabela 1/ wymienianych przez poszczególne szczeble dowodzenia. Podane charakterystyki odnoszą się do jednej godziny w okresie najintensywniejszych działań bojowych.

Tabela 1

| Szczebel dowodzenia | Ilość informacji wchodzących znaków / godz. | Ilość informacji wychodzących znaków / godz. | Sumaryczna ilość informacji znaków / godz. |
|---------------------|---|--|--|
| dywizja | 66 000 | 54 000 | 120 000 |
| pułk | 18 000 | 12 000 | 30 000 |
| batalion | 4 200 | 3 000 | 7 200 |
| kompania | 1 800 | 1 200 | 3 000 |

Autor uczestniczył w wycinkowych badaniach obiegu informacji w 4 DZ dotyczących wymiany na szczeblu pułk - dywizja - - armia prowadzonych przez ID ASG.

Na podstawie przeprowadzonych badań dokonano /tabela 2/

oceny ilościowej przekazywanych strumieni informacji decyzyjnych i sytuacyjnych w podstawowych relacjach.

Przedstawione oceny dotyczą wymiany informacji w podsystemie dowodzenia ogólnowojskowego związku taktycznego podczas prowadzenia natarcia.

Tabela 2

| Relacja wymiany informacji | Ilość informacji | | Ilość dokumentów przekazywanych w relacji | Średnia ilość infor. w dok. | |
|----------------------------|------------------|----------|---|-----------------------------|---------|
| | zn/dobę | str/dobę | | zn/dok | str/dok |
| armia - dywizja | 46500 | 31 | 10 | 4650 | 3,1 |
| dywizja - armia | 60600 | 41 | 22 | 2750 | 1,85 |
| pułk - dywizja | 52350 | 35 | 22 | 2380 | 1,58 |
| dywizja - pułk | 98250 | 66 | 22 | 4460 | 3 |

SUMARYCZNIE

| | | | |
|-----------------|--------|-----|----|
| armia - dywizja | 107100 | 72 | 32 |
| dywizja - pułk | 150600 | 101 | 44 |

Zawarte w tabeli 2 oszacowania ilości informacji dotyczą okresu jednej doby^x. Oceny ilości wymienianej informacji

x/ Uzasadnienie przedstawionej oceny ilości informacji zawarte jest w załączniku Nr 1.

w poszczególnych relacjach dokonano przy założeniu, że w wymianie informacji uczestniczą wszystkie osoby funkcyjne sztabu w ilościach niezbędnych do pełnienia swych obowiązków oraz, że w okresie wypracowywania decyzji i planowania działań, sztab posiada wszystkie niezbędne informacje o stanie, położeniu i działaniu oddziałów i pododdziałów /z ich poprzednich meldunków/ a ponadto nie uwzględniono możliwej sytuacji, w której dywizja w trakcie realizacji uprzednio otrzymanego zadania może otrzymać nowe zadanie.

Przedstawione w tabelach dane szacujące średnią dobową intensywność wymiany informacji oraz szczytową intensywność wymiany informacji /w godzinie najbardziej intensywnych działań/ pozwalają dla potrzeb badania efektywności funkcjonowania sieci transmisji podsystemu dowodzenia ogólnowojskowego oszacować wielkość strumienia informacji z dokładnością dostateczną na tym etapie.

2.2.2.3. Charakterystyka wymuszeń oddziaływujących na sieć.

Sieć, funkcjonując w warunkach pola walki narażona jest na szereg oddziaływań i wymuszeń, które będą powodować powstawanie różnorodnych warunków ograniczających bądź całkowicie uniemożliwiających przekazywanie informacji.

Są nimi wymuszenia związane z:

- warunkami prowadzenia działań bojowych,
- oddziaływaniem przeciwnika,
- zmianą warunków propagacji fal elektromagnetycznych,

- występowaniem niesprawności urządzeń sieci,
- zakłóceniami wzajemnymi i przypadkowymi radiostacji sieci,
- stresami i zmęczeniem załóg.

Zapewnienie ciągłości i terminowości dowodzenia /obiegu informacji/ przy występowaniu tego typu wymuszeń, jest podstawową troską dowódcy i sztabu w czasie prowadzenia działań bojowych.

Wymienione czynniki w sposób istotny, aczkolwiek różnorodny, oddziałują na ciągłość i terminowość wymiany informacji między stanowiskami dowodzenia.

Efektywne funkcjonowanie sieci będzie szczególnie trudne podczas prowadzenia działań zaczepnych. Przewidywane wysokie tempo natarcia implikuje konieczność częstego przesuwania stanowisk dowodzenia. Nie ulega wątpliwości, że wzrost tempa natarcia wojsk powoduje wzrost niebezpieczeństwa przekroczenia praktycznego zasięgu dysponowanych środków łączności i oderwania się organów dowodzenia od walczących wojsk.

A zatem zachodzi potrzeba częstych zmian stanowisk dowodzenia i wynikająca stąd konieczność pracy w ruchu. W oparciu o doświadczenia z ćwiczeń ocenia się, że przy tempie natarcia rzędu 40 - 60 km/dobę SD dywizji zmienia miejsce 2 - 3 razy na dobę a SD pułku 4 - 6 i więcej razy.

Powoduje to, że stanowiska dowodzenia dywizji i pułków przez /50 - 60/ % czasu działań będą znajdować się w ruchu, aby nie utracić szeroko rozumianej łączności z wojskami.

Konieczność częstej zmiany stanowisk dowodzenia tzn. częstego przesuwania, zwijania, rozwijania punktów dowodzenia powo-

dować będzie utrudnienie wykorzystania aparatury, oraz zmęczenie załóg a tym samym i wzrost możliwości popełnienia błędów.

W toku prowadzenia działań bojowych należy liczyć się ze szczególnie istotnym oddziaływaniem przeciwnika na funkcjonowanie systemu dowodzenia. Według poglądów specjalistów wojskowych USA i NATO, walka z systemami dowodzenia przeciwnika odbywać się będzie w dwu zasadniczych formach oddziaływania; w formie ogniowego niszczenia punktów i środków dowodzenia oraz w formie zakłócania pracy środków i systemów radioelektronicznych /w tym szczególnie łączności dowodzenia/. Przewidują oni, że zastosowanie wymienionych oddziaływań winno doprowadzić do naruszenia dowodzenia u przeciwnika.

Do niszczenia punktów dowodzenia przewiduje się szerokie stosowanie broni raketowo-jądrowej, lotnictwa i artylerii. Szczególnie korzystne efekty uzyskuje się - ich zdaniem - w przypadku jednoczesnego obezwładnienia bronią jądrową szeregu punktów dowodzenia. W ćwiczeniach połączonych sił zbrojnych NATO do uderzeń na punkty dowodzenia związków taktycznych stosowano ładunki o mocy 3 - 10 kt. Najczęściej planowano wykonanie niskich powietrznych wybuchów jądrowych. Niszczenie stanowisk dowodzenia i środków radioelektronicznych jest najskuteczniejszym sposobem naruszenia dowodzenia. Sposób ten wymaga jednak zaangażowania dużej ilości środków ogniowych /raket, artylerii, lotnictwa/, oraz zużycia dużej ilości pocisków, stąd też nie zawsze może być stosowany.

Większość środków radioelektronicznych stanowi cele punktowe. Ocenia się [42], że dla zniszczenia jednej stacji radiolinio-
wej trzeba zaangażować baterię artylerii 122 mm i zużyć 80
pocisków.

Z tych powodów zakłócenia stanowią będą podstawowy spo-
sób walki ze środkami i systemami radioelektronicznymi prze-
ciwnika, ponieważ nie angażując środków ogniowych mogą również
przynieść znaczne efekty w dezorganizacji systemu dowodzenia
przeciwnika.

Specjaliści wojskowi NATO przewidują stosowanie zakłóceń
i innych przedsięwzięć wojny elektronicznej we wszystkich ro-
dzajach działań bojowych od szczebla grupy armii do batalionu
piechoty włącznie. Jeśli uwzględnić będące w składzie KA i DP
USA bataliony i kompanie armijnej służby bezpieczeństwa /ASB/,
to na podstawie doświadczeń z ćwiczeń, ocenia się [41], że
przeciwnik może dysponowanymi siłami i środkami rozpoznać
w ciągu 30 - 40 minut system dowodzenia naszej dywizji, oraz
skutecznie zakłócić w dywizji, podczas realizacji zadania:
bliższego, około 35%, następnego rzędu 25% i zadania dnia
około 20% środków łączności KF i UKF.

Istotny wpływ na funkcjonowanie sieci wywierają warunki
propagacji fal elektromagnetycznych. Jak wcześniej wykazano
radiostacje pracujące w sieci znaczną część czasu pracy
znajdować się będą w ruchu. Przemieszczanie się radiostacji
w różnorodnych warunkach terenowych powodować będzie powsta-
wanie zaników łączności, głównie związanych z ukształtowa-

niem terenu oraz z przeszkodami naturalnymi. Znane są również zjawiska fluktuacji warstw jonosfery powodujące, mimo doboru częstotliwości, kłopoty z utrzymaniem stabilnej łączności o świcie i zmroku. Warunki propagacji fal mogą nabrać, w niektórych sytuacjach, decydującego znaczenia. Jak wykazują doświadczenia przeprowadzone w USA, wybuchy jądrowe na dużych wysokościach powodują powstanie jonosfery z podwyższoną koncentracją elektronów, która szybko rozprzestrzeniając się i utrzymując przez wiele godzin tłumi decymetrowe i centymetrowe fale oraz powoduje odbijanie fal średnich i krótkich. Wybuchy te powodują wielogodzinne przerwy w łączności KF na falach odbitych /zależnie od wysokości i mocy wybuchu/ oraz wielkie przepięcia niszczące aparaturę i rażące obsługę, stanowią więc skuteczną broń w walce ze środkami łączności /radioelektronicznymi i przewodowymi/ przeciwnika.

Urządzenia sieci pracujące w znacznej mierze w ruchu w terenie o różnorodnym ukształtowaniu, pod ogniem i uderzeniami jądrowymi przeciwnika ulegać będą rozregulowaniu, uszkodzeniom a nawet zniszczeniu w stopniu znacznie większym niż to wynika z ich charakterystyk niezawodnościowych. Niesprawności te mieć będą znaczący wpływ na efektywność funkcjonowania sieci tym większy, że nakładać się będą na nie błędy wynikające z przemęczenia załóg długotrwałą utrudnioną pracą w ruchu, koniecznością częstego przesuwania stanowisk pracy w ślad za wojskami. Dodatkowo występujące napięcia i stresy personelu obsługowego wywołane stosowaniem broni jądrowej,

długotrwałych zakłóceń i dezinformacji przez przeciwnika, powodować będą wzrost popełnianych błędów lub okresową niezdolność obsług do wykonywania swoich obowiązków. Powstałe błędy w planowaniu łączności powodować będą wzajemne zakłócenie urządzeń radiowych.

Scharakteryzowane czynniki, których oddziaływanie jest w pełni przypadkowe, działają bądź na pojedyncze elementy bądź na całą sieć, wywierają decydujący wpływ na efektywność jej funkcjonowania, a tym samym i efektywność systemu dowodzenia. Trudności związane z ilościowym oszacowaniem oddziaływania niektórych z nich na sieć nie mogą stanowić wystarczającego powodu by je pomijać. W takich przypadkach korzystne jest przybliżone ich oszacowanie i uwzględnienie w toku badań funkcjonowania sieci.

2.2.3. Wskaźniki oceny efektywności sieci transmisji danych.

Ocena efektywności funkcjonowania systemów przesyłania informacji jest problematyką złożoną, będącą źródłem wielu niejednokrotnie sprzecznych poglądów - szczególnie w odniesieniu do systemów wojskowych. Jest to problem, który dotychczas nie uzyskał rozwiązania umożliwiającego ocenę efektywności, przy uwzględnieniu podstawowych czynników taktycznych, technicznych i ekonomicznych.

W literaturze przedmiotu nie spotyka się uniwersalnego,

powszechnie akceptowanego kryterium optymalności sieci.

Brak jest syntetycznego wskaźnika oceny efektywności w postaci funkcji wiążącej skwantyfikowane parametry sieci. W pracach [56] [77] [14] [34] [16] [18] [22] podkreśla się zależność sieci od wielu czynników decydujących o efektywności jej funkcjonowania. W przedstawionych ocenach rozwiązuje się problem skalarny, wybierając jako miarę jakości systemu jeden ze wskaźników, pozostałe traktując jako ograniczenia.

W systemach dowodzenia, procesom informacyjnym jako podstawowe wymagania stawia się terminowość, pełność, wiarygodność i dokładność [18] [21] przekazywanych informacji.

Terminowość przekazywania informacji w zautomatyzowanym systemie w zasadniczej mierze uzależniona jest od sieci transmisji danych jej struktury technicznej i przestrzennej. Pozostałe wymagania /pełność, wiarygodność, dokładność - w sensie zgodności/ nie zależą od jakości funkcjonowania sieci lecz są funkcją jakości pracy sztabów - użytkowników sieci. A zatem sieć transmisji jest elementem warunkującym terminową poprawność realizacji procesów informacyjnych w systemie dowodzenia. Stąd też z punktu widzenia efektywności dowodzenia dywizją zasadniczym wskaźnikiem efektywności sieci transmisji - funkcjonującej dla potrzeb dowodzenia - jest oczekiwany czas T przesyłania informacji w sieci. Jest on funkcją:

$$T = T(\text{STR}, Q, \eta, \Phi, Z)$$

gdzie:

STR - struktura sieci,

Φ - sterowanie siecią,

- Q - objętość informacji przekazywanej w sieci,
- η - niezawodność sieci,
- Z - zakłócenia wpływające na sieć.

Jeśli przyjąć, że T_d jest dopuszczalnym czasem przesyłania informacji w sieci a T_{max} jest maksymalnym czasem przesyłania informacji to warunkiem pełnej efektywności sieci transmisyjnej jest spełnienie zależności:

$$T_{max} \leq T_d$$

Uzyskanie pełnej efektywności przesyłania informacji w złożonych warunkach pola walki jest nierealne.

W cytowanej literaturze jako wskaźniki efektywności stosuje się między innymi:

- jednostkowy koszt budowy i eksploatacji,
- przepustowość,
- iloczyn wskaźników dokładności i szybkości pracy,
- średnią liczbę prawidłowo przekazanych informacji,
- średni czas przekazania informacji,
- średni czas oczekiwania informacji na przesłanie,
- prawdopodobieństwo przesłania w zadanym czasie wymaganej ilości informacji,
- prawdopodobieństwo odmowy bezzwłocznego przekazania informacji,
- intensywność odmowy bezzwłocznego przekazania informacji,
- itp.

Wyznaczenie oczekiwanej wartości czasu przesyłania oraz ocena efektywności funkcjonowania sieci w oparciu o wybrane wskaźniki może być dokonana w fazie eksperymentalnej lub próbnej eksploatacji bądź też drogą eksperymentu symulacyjnego na modelu sieci.

2.2.4. Perspektywy rozwoju sieci transmisji danych podsystemu ogólnowojskowego.

Analiza sieci transmisji danych podsystemu przyjętej do badań i realizacji w fazie eksperymentalnej /rys. 3/ pozwala stwierdzić jej dwa podstawowe mankamenty:

- jest siecią wrażliwą na uszkodzenia,
- zautomatyzowany obieg nie obejmuje całej drogi obiegu informacji w podsystemie ogólnowojskowym lecz tylko jej fragment w relacji pułk - dywizja.

Wrażliwość sieci na uszkodzenia wynika z przyjęcia do realizacji struktury gwiazdzystej. Struktura ta uniemożliwia tworzenie w obiegu zautomatyzowanym dróg obejściowych. Uszkodzenie bądź silne zakłócenie kanału przesyłowego powoduje informacyjne odcięcie sztabów wykorzystujących uszkodzony kanał z pełnymi płynącymi stąd konsekwencjami bez możliwości przesłania informacji inną drogą.

Pułk bazuje na informacjach dostarczanych przez podległe szczeble dowodzenia. Z tego powodu nie może być traktowany jako całkowicie pierwotne źródło informacji, albowiem

w znacznej mierze stanowi tylko element pośredniczący w obiegu informacji między źródłami pierwotnymi /pododdziały, elementy rozpoznawcze/ a sztabem dywizji. Automatyzacja wycinka drogi obiegu informacji nie daje skrócenia czasu obiegu, możliwego do uzyskania w przypadku automatyzacji pełnego jej obiegu. W obiegu pozostają jako ogniwa pośredniczące nie zautomatyzowane sztaby co znacznie wydłuża ogólny czas obiegu informacji. Konieczność eliminacji niedomagań sieci wskazuje na potrzebę jej rozbudowy, objęcia automatyzacją niższych szczebli dowodzenia sięgając do pierwotnych źródeł informacji.

Kierunek dalszego rozwoju sieci wyznaczony jest przez obserwowany postęp w technice komputerowej oraz w tele-komunikacji. Istotnymi wyznacznikami rozwoju sieci funkcjonującej w ramach systemu dowodzenia na przewidywanym polu walki są:

- miniaturyzacja urządzeń elektronicznych i radioelektronicznych /oparta na obwodach scalonych dużej skali integracji/ charakteryzujących się znacznym wzrostem niezawodności funkcjonowania urządzeń w różnych warunkach terenowych i klimatycznych,
- dynamiczny rozwój techniki komputerowej, charakteryzujący się olbrzymim wzrostem możliwości dużych jednostek oraz rozwojem stosunkowo tanich specjalizowanych minikomputerów,
- możliwość jednolitej /binarnej/ postaci transmisji informacji fonicznych i danych dla komputerów.

Aktualnie prowadzone są prace nad wdrożeniem metod modulacji [58] [46] [62] /między innymi modulacji kodowo-impulsowej i modulacji delta/ pozwalającymi przekształcić sygnał analogowy w sygnał binarny. Urządzenia z takimi modulatorami pozwalają przesyłać w identycznej binarnej postaci sygnały foniczne oraz dane dla komputera. Upowszechnienie tego typu urządzeń, zwiększenie ich niezawodności działania, stanowić będzie podstawę przebudowy sieci łączności w związku taktycznym, zapewniającej foniczną wymianę informacji między rozmówcami oraz w miarę potrzeby proste "wchodzenie" tych samych urządzeń do zautomatyzowanego systemu dowodzenia i poprzez klawiatury funkcyjne prowadzenie wymiany informacji z komputerem.^x

Przejście w środkach radiowych na binarną postać przekazywanych informacji pozwoli uzyskać automatyzację nawiązywania łączności, co stanowić będzie jeden z istotnych czynników skracania czasu obiegu informacji w sieci oraz znacznie ułatwiać będzie utajnianie informacji poprzez wbudowanie bezpośrednio w urządzenie układów szyfrujących. Pozwoli ponadto znacznie efektywniej wykorzystać istniejące przepustowości kanałów, wykorzystując ten sam kanał do przesyłania

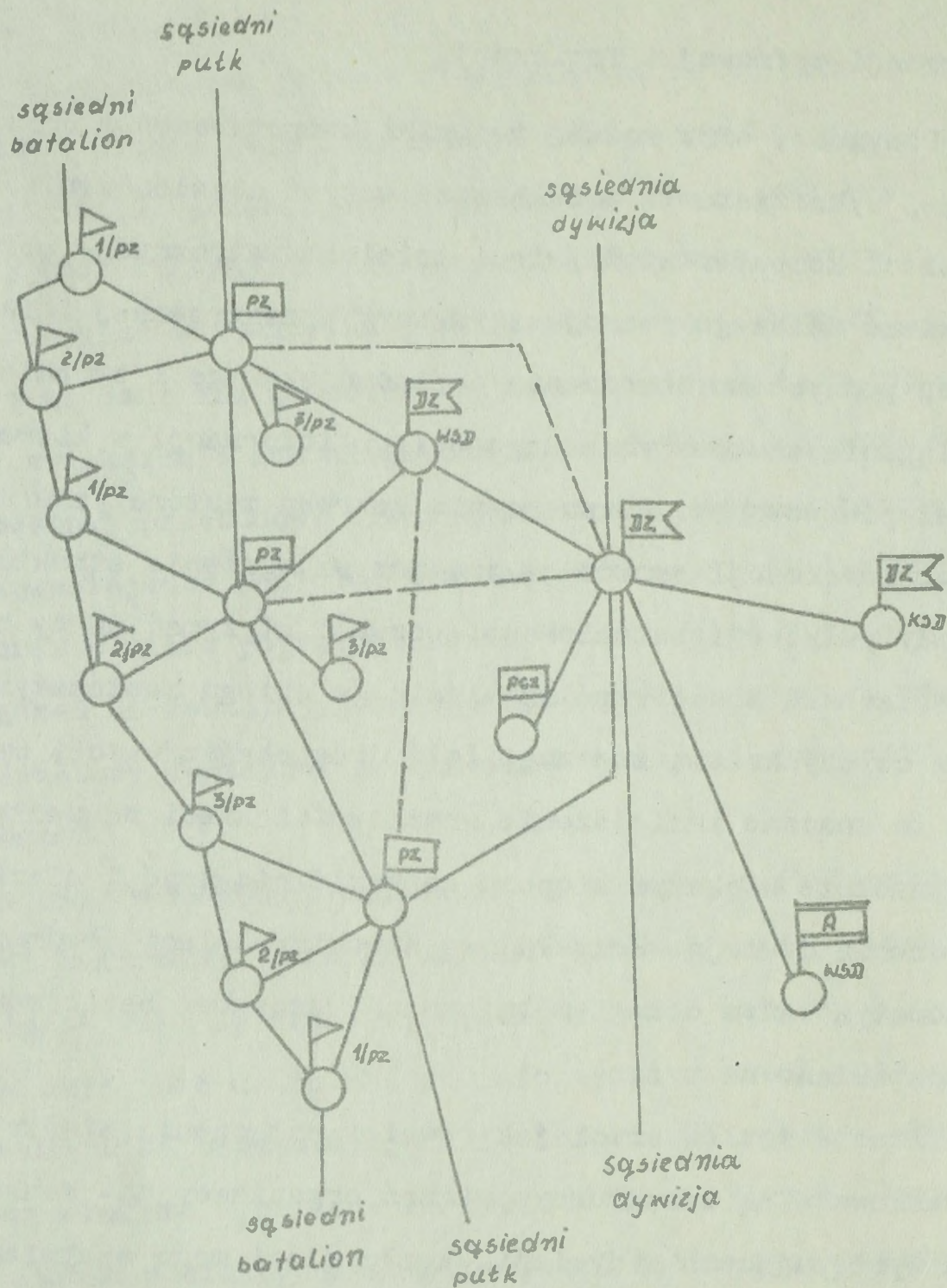
x/ W [46] Martin przedstawia przykłady wykorzystania telefonu klawiszowego jako prostej klawiatury funkcyjnej do kontaktu z maszyną cyfrową. Poszczególnym klawiszom przypisuje się różne funkcje, które dla odpowiednich zastosowań jednoznacznie interpretowane są przez komputer.

A.Pankow w [57] prezentuje oferowane na rynku amerykańskim alfanumeryczne urządzenia końcowe stosowane w wozach patrolowych policji. Charakteryzują się one niewielkimi rozmiarami i ciężarem. Zapewniają wymianę informacji w systemach łączności z obiektami ruchomymi.

informacji cyfrowej i fonicznej.

Powyższe, oraz rozwój techniki komputerowej i umiejętności jej wykorzystania a zwłaszcza wzrost doświadczeń w budowie sieci komputerowych /sieci teleinformatycznych/ pozwalają oczekiwać dalszego rozwoju struktury przestrzennej i funkcjonalnej podsystemu dowodzenia ogólnowojskowego i stopniowego rozciągania zautomatyzowanego obiegu informacji w kierunku źródeł pierwotnych. Rozszerzenie zakresu zautomatyzowanego obiegu informacji spowoduje znaczne wzbogacenie struktury sieci o węzły pułkowe i batalionowe, pozwoli utrzymać na tych szczeblach łączność współdziałania /w obiegu zautomatyzowanym/ przez co uzyska się znaczną ilość dróg obejściowych. Spowoduje to znaczne zmniejszenie wrażliwości sieci na uszkodzenia i w znacznie większym stopniu zapewnić ciągłość i niezawodność dowodzenia dywizją. Przykładową strukturę sieci obejmującą zautomatyzowanym obiegiem informacji szczebel batalionu przedstawiono na rys. 4.

Lokalizacja węzłów sieci jak również połączenia między nimi uwarunkowane są strukturą powiązań organizacyjno- funkcjonalnych występujących w dywizji. Węzły sieci mogą spełniać funkcję węzłów komunikacyjnych bądź węzłów przetwarzających. Węzły komunikacyjne realizują funkcje związane z całokształtem przekazywania informacji. Dokonują wyboru, diagnozy i zestawienia drogi przesyłania informacji, kontroli poprawności przyjmowanych informacji, potwierdzenia poprawnego ich przyjęcia, przechowywania informacji przed wysyłką itp.



- - węzeł informatyczny sieci tapu komunikacyjnego bądź przetwarzającego,
- - linie transmisji danych

Rys. 4 Przykład perspektywicznej struktury sieci podsystemu ogólnowojskowego.

Węzły przetwarzające realizację funkcji związane z przetwarzaniem użytkowym informacji dla potrzeb lokalnych i zdalnych abonentów.

Realizacja sieci o przewidywanej strukturze wiąże się z rozwiązaniem podstawowych problemów, którymi są:

- określenie przewidywanej intensywności ruchu w sieci,
- określenie typów i ilości wymaganych usług,
- określenie funkcji pełnionych przez węzły sieci,
- określenie zasad i algorytmów sterowania ruchem oraz struktury ruchu sieci,
- ustalenie parametrów linii transmisji,
- wybór struktury węzłów /typy maszyn odpowiednie dla lokalizacji węzła i spełnianych funkcji, koncentratory, zwielokrotnienia/,
- określenie protokołu sieciowego.^{xx}

Problemem wyjściowym przy organizacji sieci jest ocena wielkości i rodzaju usług, na które występuje zapotrzebowanie w planowanej sieci. Określenie potrzeb organów dowodzenia na rzecz, których sieć świadczyć będzie usługi stanowi podstawę do oceny potrzeb w zakresie przetwarzania w poszczególnych węzłach. Ocena ta będzie podstawą do określenia funkcji pełnionych przez węzły w poszczególnych ogniwach dowodzenia. Ponadto stanowić będzie podstawę wyboru odpowiedniego

xx/ Protokołem sieciowym nazywa się zbiór reguł obowiązujących oraz zbiór środków stosowanych w sieci przy przekazywaniu informacji między użytkownikami i siecią oraz między węzłami sieci.

wyposażenia węzłów w sprzęt komputerowy oraz oceny potrzeb wymiany informacji między węzłami^{xxx/} jak również wyposażenia linii transmisji w urządzenia o wymaganej przepustowości.

^{xxx/} W pkt 2.2.2.2. podano oceny ilości informacji przekazywanych między niektórymi szczeblami dowodzenia. Nie ujmują one jednak typów i ilości usług wymaganych na poszczególnych szczeblach. Należy podkreślić, że problemy badania ruchu w sieciach są problemami szczególnie trudnymi wymagającymi długotrwałych wyspecjalizowanych badań zespołów badawczych [46] [52] .

ROZDZIAŁ 3

FORMALNY OPIS SIECI TRANSMISJI DANYCH PODSYSTEMU
DOWODZENIA OGÓLNOWOJSKOWEGO

Traktując sieć transmisji jako system w sposób ogólny można ją opisać następującą uporządkowaną parą:

$$/3 - 1/ \quad ST = \langle C, STR \rangle$$

gdzie: ST - sieć transmisji,
C - cel działania sieci,
STR - struktura sieci.

Celem działania sieci jest przesyłanie informacji między punktami dowodzenia wchodzącymi w skład podsystemu dowodzenia ogólnowojskowego w czasie T nie przekraczającym dopuszczalnej wartości T_d czasu przesyłania dla określonych

klas pilności informacji

$$/3 - 2/ \quad T = t_2 - t_1 \leq T_d$$

gdzie: T - oczekiwany czas przesyłania informacji,
 T_d - dopuszczalny czas przesyłania informacji,
 t_1 - moment czasu, w którym informacja jest emitowana w źródle,
 t_2 - moment czasu, w którym zakończono przesyłanie informacji.

Dopuszczalny czas przesyłania uwarunkowany jest czasem cyklu decyzyjnego. Pod pojęciem czasu cyklu decyzyjnego rozumie się czas jaki upłynie od chwili wykrycia zmian na polu walki

do chwili przekazania decyzji wykonawcom, obejmuje on więc czasy niezbędne na przekazanie informacji do organu decyzyjnego, przetworzenie jej i podjęcie decyzji oraz przekazanie decyzji do wykonawcy. Dopuszczalny czas przesyłania obejmuje tylko przekazanie informacji o zmianach na polu walki bądź tylko przekazanie decyzji. Można go więc wyznaczyć z zależności:

$$/3 - 3/ \quad T_d = \frac{1}{2} (T_C - T_D - T_P) \quad ; \quad T_C > T_D + T_P$$

gdzie: T_C - czas cyklu decyzyjnego,
 T_D - czas podejmowania decyzji,
 T_P - czas przetwarzania informacji dla potrzeb podejmowania decyzji.

Cel działania sieci transmisji osiągnąć jest w efekcie realizacji dwuelementowego zbioru zadań Z :

$$/3 - 4 / \quad Z = \{Z_1, Z_2\}$$

gdzie: Z_1 - zadanie konwersji informacji. W procesie konwersji realizowane są czynności związane z formowaniem kolejki napływających informacji, wyborem kolejności konwersji oczekujących informacji oraz czynności związane z konwersją i przekazywaniem do transmisji wybranych informacji.

Z_2 - zadanie transmisji informacji. W procesie transmisji realizowane są funkcje kolejkowania informacji oczekujących na transmisję, wyboru informacji z kolejki do transmisji

oraz sterowanie transmisją^{x/}.

Zatem wielkość T oczekiwanego czasu przesłania informacji stanowi sumę czasów realizacji wymienionych procesów:

$$/3 - 5/ \quad T = T^1 + T^2 + T^3 + T^4$$

gdzie: T^1 - czas oczekiwania informacji na konwersję,
 T^2 - czas konwersji informacji,
 T^3 - czas oczekiwania informacji na transmisję,
 T^4 - czas transmisji informacji.

3.1. Opis struktury sieci.

Strukturę sieci opisuje następująca para:

$$/3.1. - 1/ \quad STR = \langle U, R \rangle$$

gdzie: U - zbiór elementów realizujących zadanie Z
czyli jest to zbiór elementów realizujących przesłanie informacji w sieci,
 R - zbiór relacji zachodzących między elementami zbioru U .

Zbiór elementów przesłania jest uporządkowanym zbiorem o postaci:

$$/3.1. - 2/ \quad U = \{1, 2, \dots, u, \dots, U\}$$

^{x/} Proces transmisji rozważany jest jako złożony nadawanie -
- odbiór łącznie z konwersją w odbiorniku jako procesy nierozdzielne. Oznacza to, że szybkość przesłania w łączy jest ograniczona szybkością zobrazowania informacji w odbiorniku /jeśli szybkość urządzeń transmisji jest większa od szybkości konwertora odbiornika - dalekopisu, drukarki mozaikowej itp./.

gdzie: u - numer elementu przesyłania,

U - liczność zbioru U .

W zbiorze U wyróżnia się dwa podzbiory elementów U_1 i U_2

o różnym zakresie funkcjonowania

$$U = \{1, 2, \dots, U_1, U_1 + 1, \dots, U\}$$

/3.1. - 3/

$$U = U_1 \cup U_2 \quad U_1 \cap U_2 = \emptyset$$

gdzie: U_1 - zbiór elementów sieci współpracujących bezpośrednio z systemem liczącym CI. Elementy zbioru nie wymagają realizacji konwersji informacji ponieważ informacje przeznaczone do transmisji pobierają bezpośrednio z pamięci systemu liczącego, realizują tylko zadanie Z_2 .

Dysponują one ponadto możliwością współpracy z wieloma elementami zbioru U_2 ,

U_2 - zbiór elementów sieci mogących współpracować tylko z jednym elementem zbioru U_1 . Są to elementy stanowiące wyposażenie ZPI, realizują zadania Z_1 i Z_2 .

Zbiór relacji R zachodzących między elementami zbioru U opisuje zbiór zbiorów:

$$/3.1. - 4/ \quad R = \{R_1, P, S\}$$

gdzie: R_1 - zbiór relacji dopuszczających współpracę elementów $u \in U_1$ z elementami $u \in U_2$ i odwrotnie,

P - zbiór parametrów technicznych określających warunki technicznej współpracy elementów w dopuszczonych relacjach R_1

S - zbiór informacji o stanie elementów $u \in U$.

Zbiór relacji dopuszczających współpracę elementów R_1 określa funkcja ψ_1

$$/3.1. - 5/ \quad \psi_1 : U_1 \times U_2 \rightarrow R_1$$

gdzie: ψ_1 - funkcja tworząca zbiór relacji dopuszczających współpracę elementów zbiorów U_1 i U_2 .

Zbiór R_1 ma postać:

$$/3.1. - 6/ \quad R_1 = \left\{ (u_i, u_j) \ ; \ \left(\begin{array}{l} u_i \in U_1 \wedge u_j \in U_2 \\ i = 1, \dots, U_1, \ j = U_1 + 1, \dots, U \end{array} \right) \right. \\ \left. \left(\begin{array}{l} u_i \in U_2 \wedge u_j \in U_1 \\ i = U_1 + 1, \dots, U; \ j = 1, \dots, U_1 \end{array} \right) \right\}$$

Oznaczmy przez ψ_1' - funkcję przyporządkowującą relacjom zbioru R_1 numery.

$$/3.1. - 7/ \quad \psi_1' : R_1 \rightarrow R_2$$

gdzie: R_2 - zbiór numerów relacji systemu o postaci

$$/3.1. - 8/ \quad R_2 = \{1, 2, \dots, r, \dots, R\}$$

gdzie: r - numer relacji,

R - maksymalny numer relacji w sieci.

Zbiór parametrów technicznych P sieci określających warunki współpracy elementów dany jest dla wszystkich relacji r dopuszczonych w systemie / $r \in R_2$ / i opisany jest zbiorem:

$$/3.1. - 9/ \quad P = \{P_r; r \in R_2\}$$

gdzie: P_r - zbiór parametrów technicznych r - tej relacji określony jest wektorem:

$$/3.1. - 10/ \quad P_r = \langle P_r^1, P_r^2, P_r^3 \rangle$$

gdzie: P_r^1 - szybkość transmisji w r - tej relacji,
 P_r^2 - parametr określający warunki przesyłania,
 P_r^3 - szybkość konwersji w r - tej relacji.

Zbiór informacji o stanie elementów przesyłania stanowi
zbiór wektorów

$$/3.1. - 11/ \quad S = \{S_u; u \in U\}$$

gdzie: S_u - wektor informacji o stanie u - tego elementu
 $u \in U$

Wektor informacji o stanie u - tego elementu ma postać

$$/3.1. - 12/ \quad S_u = \langle S_u^1, S_u^2, S_u^3, S_u^4 \rangle$$

gdzie: S_u^1 - stan urządzenia transmisji u - tego elementu,
 S_u^2 - czas przebywania urządzenia transmisji u - tego
elementu w stanie S_u^1 ,
 S_u^3 - stan urządzenia konwersji u - tego elementu,
 S_u^4 - czas przebywania urządzenia konwersji u - tego
elementu w stanie S_u^3 .

Wskaźnik stanu urządzeń transmisji S_u^1 może przyjmować war-
tości ze zbioru:

$$/3.1. - 13/ \quad S_u^1 \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$$

Wyróżnione stany urządzeń mają następującą interpretację:

$$S_u^1 = \begin{cases} 0 - \text{urządzenie transmisji jest sprawne i wolne,} \\ 1 - \text{urządzenie jest sprawne i zajęte przesyła-} \\ \quad \text{niem informacji,} \\ 2 - \text{urządzenie jest uszkodzone,} \\ 3 - \text{urządzenie jest zniszczone,} \\ 4 - \text{urządzenie jest w ruchu /nie może przesyłać} \\ \quad \text{informacji do czasu zatrzymania/,} \\ 5 - \text{urządzenie jest zakłócone.} \end{cases}$$

Stan urządzenia transmisji jest zmienną losową. Rozkład prawdopodobieństwa występowania stanów urządzeń dany jest dystrybuantą $A_u / S_u^1 /$ prawdopodobieństwa występowania wyróżnionych stanów urządzenia.

Parametr S_u^2 czasu przebywania urządzenia transmisji w wyróżnionych stanach S_u^1 może przyjmować wartości ze zbioru

$$/3.1. - 14/ \quad S_u^2 \in \{T_u^s : s = \overline{0,5}\}$$

gdzie: T_u^s - czas przebywania urządzenia u w stanie s .

Czasy przebywania urządzeń w wyróżnionych stanach są zmiennymi losowymi o rozkładzie danym zbiorem dystrybuant prawdopodobieństwa $B_u / S_u^2 /$ o postaci

$$/3.1. - 15/ \quad B_u / S_u^2 / = \{B_u^s (T_u^s) ; s = \overline{0,5}\} ; u \in U$$

gdzie: $B_u^s (T_u^s)$ - dystrybuanta prawdopodobieństwa czasu przebywania urządzenia transmisji w stanie s .

Wskaźnik S_u^3 stanu urządzenia konwersji może przyjmować wartości ze zbioru:

$$/3.1. - 16/ \quad S_u^3 \in \{0, 1, 2, 3, 4\}$$

gdzie:

$$S_u^3 = \begin{cases} 0 - \text{urządzenie konwersji jest sprawne i wolne,} \\ 1 - \text{urządzenie jest sprawne i zajęte konwersją} \\ \quad \text{informacji,} \\ 2 - \text{urządzenie jest uszkodzone,} \\ 3 - \text{urządzenie jest zniszczone,} \\ 4 - \text{urządzenie jest w ruchu.} \end{cases}$$

Przyjmuje się, że urządzenia konwersji i transmisji rozmieszczone są w tym samym środku transportowym stąd urządzenie konwersji znajduje się w stanie $S_u^3 = 3, 4$ tylko wtedy jeśli w analogicznych stanach znajduje się urządzenie transmisji.

Rozkład prawdopodobieństwa występowania stanów urządzenia konwersji jest dany dystrybuantą $C_u / S_u^3 /$ prawdopodobieństwa występowania wyróżnionych stanów urządzenia.

Parametr S_u^4 czasu przebywania urządzenia konwersji w wyróżnionych stanach S_u^3 może przyjmować wartości ze zbioru

$$/3.1. - 17/ \quad S_u^4 \in \{T_u^1, T_u^2, T_u^3, T_u^4\}$$

Na mocy przyjętego założenia

$$/3.1. - 18/ \quad \begin{aligned} T_u^3 &= T_u^3 \\ T_u^4 &= T_u^4 \end{aligned}$$

Stąd rozkład czasu przebywania urządzenia konwersji w pozostałych stanach dany jest zbiorem dystrybuant $D_u / S_u^4 /$

o postaci:

$$/3.1. - 19/ \quad D_u / S_u^4 / = \left\{ D_u^s (T_u^s) ; s = 0, 1, 2 \right\} \quad u \in U$$

gdzie: $D_u^S (T_u^S)$ - dystrybuanta czasu przebywania urządzenia konwersji w stanie S.

Zatem zbiór stanów elementów sieci opisuje zbiór

dystrybuant

/3.1. - 20/ $\{A, B, C, D\}$

gdzie: A - zbiór dystrybuant prawdopodobieństwa przebywania urządzeń transmisji w wyróżnionych stanach,
B - zbiór dystrybuant prawdopodobieństwa czasu trwania urządzeń transmisji w wyróżnionych stanach,
C - zbiór dystrybuant prawdopodobieństwa przebywania urządzeń konwersji w wyróżnionych stanach,
D - zbiór dystrybuant prawdopodobieństwa czasu przebywania urządzeń konwersji w wyróżnionych stanach.

3.2. Emisja informacji w sieci.

Emisja informacji przekazywanej w sieci jest procesem losowym zdeterminowanym wieloma czynnikami /patrz pkt 2.2.2.1/.

Zróżnicowanymi źródłami informacji w sieci są stanowiska dowodzenia wyposażone w urządzenia informatyczne. CI SD traktuje się jako złożone źródło informacji składające się z źródeł elementarnych emitujących informacje kierowane do pozostałych stanowisk dowodzenia. Elementarnym źródłem informacji jest źródło obciążające relację, stąd liczność zbioru źródeł jest

równa liczność relacji występujących w sieci.

Przyjmuje się, że numer relacji $r \in \mathbb{R}_2$ jest również numerem źródła informacji.

Każde źródło informacji charakteryzuje:

- emisja informacji odbywająca się w losowych momentach czasu,
- niezależność emisji od pozostałych źródeł,
- emisja informacji w postaci pakietu.

Pakiem informacji nazywa się dowolny zestaw informacji przeznaczony do przesłania w sieci transmisji. Pakiety w systemie dowodzenia stanowiąc będą oddzielnie przekazywane dokumenty bojowe o różnorodnej treści i zmiennej objętości.

Pakiet informacji K_r charakteryzuje wektor parametrów

$$/3.2. - 1/ \quad K_r = \langle t_p, q, w \rangle$$

gdzie: K_r - pakiet informacji generowany w r - tym źródle,

t_p - moment czasu, w którym wygenerowany został pakiet informacji,

q - objętość informacji pakietu,

w - pilność pakietu $w \in \{1, 2, 3\}$ /patrz pkt 2.2.2.2./.

Rozkład parametrów opisujących emisję informacji w r -tym źródle dany jest zbiorem dystrybuant

$$/3.2. - 2/ \quad F_r = \{F_r^1(t), F_r^2(q), F_r^3(w)\}$$

gdzie: F_r - zbiór dystrybuant prawdopodobieństwa charakteryzujących emisję w r - tym źródle,

$F_r^1(t)$ - dystrybuanta odstępu czasu między kolejnymi

- emisjami informacji w r - tej relacji,
- $F_r^2(q)$ - dystrybuanta objętości informacji emitowanej w postaci pakietu w r - tej relacji,
- $F_r^3(w)$ - dystrybuanta pilności emitowanych pakietów.

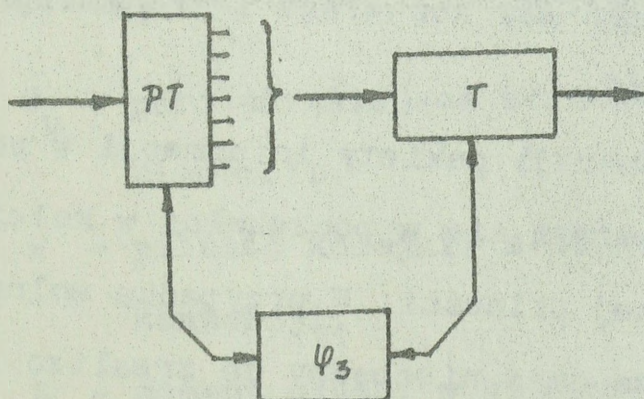
Rozkład parametrów opisujących emisję informacji w sieci dany jest zbiorem dystrybuant \mathbb{F} o postaci

$$/3.2. - 3/ \quad \mathbb{F} = \{ F_r ; r \in R_2 \}$$

3.3. Przesyłanie informacji w sieci.

Przesyłane w sieci informacje podlegają konwersji i transmisji we wszystkich elementach $u \in U_2$ /informacje wprowadzane do sieci/ bądź tylko transmisji we wszystkich elementach $u \in U_1$ /informacje wyprowadzane z sieci/.

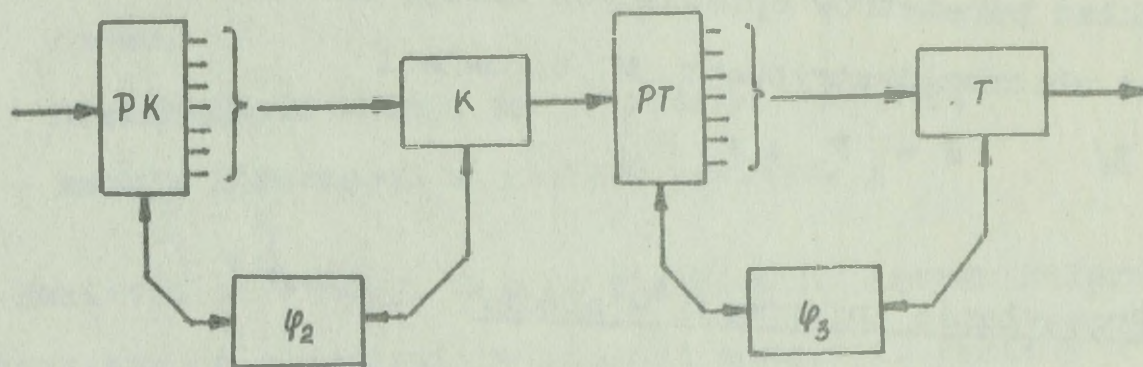
Strukturę elementów należących do zbioru U_1 ilustruje rys. 5 natomiast elementów ze zbioru U_2 rys. 6.



Rys. 5 Struktura funkcjonalna elementu przesyłania

$u \in U_1$

gdzie: PT - poczekalnia transmisji /zbiór kolejek pakietów informacji oczekujących na transmisję/,
T - człon realizujący transmisję,
 φ_3 - sterowanie procesem transmisji.



Rys. 6 Struktura funkcjonalna elementu przesyłania $u \in U_2$

gdzie: PK - poczekalnia konwersji /zbiór pakietów informacji oczekujących na konwersję/,
K - człon realizujący konwersję pakietu,
 φ_2 - sterowanie procesem konwersji,
PT, T, φ_3 - jak wyżej.

Przyjmuje się, że procesy konwersji i transmisji mają ograniczoną przepustowość.

Napływające do konwersji pakiety informacji w przypadku zajętości urządzeń ustawiają się w poczekalni w kolejce odpowiadającej posiadanej pilności. W przypadku wolnego urządzenia zajmują je na czas niezbędny do zrealizowania obsługi pakietu bądź do czasu przybycia pakietu o wyższej pilności - zależnie od stosowanej reguły sterowania. Sterowanie φ_2 w ogólnym przypadku decyduje o kolejności

konwersji /transmisji/ pakietów informacji znajdujących się w poczekalni.

Stan procesu konwersji określa:

- zbiór

$$/3.3. - 1/ \quad M_u = \{M_{u,w}; w = 1, 2, 3\} \quad u \in U_2$$

gdzie: $M_{u,w}$ - zbiór określający stan kolejki o w - tej pilności elementu $u \in U_2$

$$/3.3. - 2/ \quad M_{u,w} = \left\{ E_{u,w}(t), T_{u,w,1}^1, T_{u,w,2}^1, \dots, T_{u,w,i}^1, \dots, T_{u,w}^1, E_{u,w}(t) \right\}$$

gdzie: $E_{u,w}(t)$ - liczba pakietów informacji o w - tej pilności oczekujących na konwersję w u - tym elemencie, w chwili t ,

$T_{u,w,i}^1$ - czas oczekiwania na konwersję pakietu o w - tej pilności w u - tym elemencie na i - tej pozycji w kolejce

oraz para

$$/3.3. - 3/ \quad G_u = \langle w, t_k \rangle \quad u \in U_2$$

gdzie: G_u - para określająca stan konwersji w u - tym elemencie,

w - pilność kolejki, z której wzięto pakiet do konwersji,

t_k - moment czasu, w którym rozpoczęto konwersję komunikatu.

Analogicznie przedstawia się problem transmisji informacji. Napływające do transmisji pakiety informacji usta-

wiają się w poczekalni transmisji w odpowiednich kolejkach bądź zajmują urządzenie transmisji. Sterowanie ψ_3 , z kolejki komunikatów oczekujących w poczekalni wybiera pakiet przeznaczony do transmisji.

Stan procesu transmisji opisuje:

- zbiór

$$/3.3. - 4/ \quad N_u = \{N_{u,w}; \quad w = 1, 2, 3\} \quad u \in U$$

gdzie: $N_{u,w}$ - zbiór określający stan kolejki pakietów o w - tej pilności oczekujących na transmisję w u - tym elemencie.

/3.3. - 5/

$$N_{u,w} = \{H_{u,w}(t), T_{u,w,1}^3, T_{u,w,2}^3, \dots, T_{u,w,i}^3, \dots, T_{u,w}^3, H_{u,w}(t)\}$$

gdzie: $H_{u,w}(t)$ - liczba pakietów o w - tej pilności oczekujących na transmisję w u - tym elemencie w chwili t ,

$T_{u,w,i}^3$ - czas oczekiwania na transmisję pakietu o w - tej pilności na i - tej pozycji w kolejce u - tego elementu,

- para

$$/3.3. - 6/ \quad I_u = \langle w, t_t \rangle \quad u \in U$$

gdzie: I_u - para określająca stan transmisji w u - tym elemencie,

w - pilność kolejki, z której wzięto pakiet do transmisji,

t_t - moment czasu, w którym rozpoczęto transmisję pakietu.

Jeśli oznaczymy przez ω wagę informacji i będzie ona funkcją pilności informacji w tzn.:

$$/3.3. - 7/ \quad \omega = \omega(w)$$

to oczekiwany ważony czas przesyłania pakietów informacji znajdujących się w sieci w chwili t można wyznaczyć z zależności:

/3.3. - 8/

$$T(t) = \sum_{u \in U} \sum_{w=1}^3 \sum_{i=1}^{E_{u,w}(t)} \left[\omega(w) (T_{u,w,i}^1 + T_{u,w,i}^2) + \omega(w) (T_{u,w,i}^3 + T_{u,w,i}^4) \right] + \sum_{u \in U} \sum_{w=1}^3 \sum_{i=1}^{H_{u,w}(t)} \omega(w) (T_{u,w,i}^3 + T_{u,w,i}^4)$$

O wielkości oczekiwanego czasu przesyłania $T(t)$, jak łatwo zauważyć, decydują oczekiwane czasy realizacji konwersji i transmisji, które z kolei uzależnione są od struktury elementów przesyłania /wyboru odpowiednich urządzeń konwersji i transmisji/, sterowania wyborem informacji do konwersji i transmisji oraz strukturą połączeń sieci. Można więc powiedzieć, że $T(t)$ jest funkcją sterowania siecią:

$$/3.3. - 9/ \quad T(t) = T(\Phi, t)$$

gdzie: Φ - sterowanie siecią.

Sterowanie dane jest wektorem o postaci

$$/3.3. - 10/ \quad \Phi = \langle \psi_1, \psi_2, \psi_3 \rangle$$

gdzie: ψ_1 - sterowanie strukturą sieci. Obejmuje wybór struktury połączeń oraz wybór struktury technicznej elementów przesyłania,
 ψ_2 - sterowanie kolejnością konwersji informacji,
 ψ_3 - sterowanie kolejnością transmisji informacji.

Optymalne sterowanie siecią Φ^* powinno zapewnić:

$$/3.3. - 11/ \quad T(\Phi^*, t) = \min_{\Phi \in \Phi} T(\Phi, t)$$

gdzie: Φ - zbiór sterowań dopuszczalnych,

Φ^* - optymalne sterowanie siecią

$$/3.3. - 12/ \quad \Phi^* = \langle \psi_1^*, \psi_2^*, \psi_3^* \rangle$$

Oznacza to, że minimalizacji oczekiwanego ważnego czasu przesyłania informacji w sieci można poszukiwać drogą wyboru odpowiedniej struktury przestrzennej i technicznej sieci, bądź też drogą wyboru odpowiednich regulaminów obsługi informacji napływających do sieci.

Uzyskanie optymalnego sterowania nie zawsze jest możliwe. W większości przypadków wystarcza uzyskanie rozwiązań zadawalających, dla których oczekiwany ważony czas przesyłania informacji będzie spełniał nałożone wymagania z pewnym ustalonym prawdopodobieństwem p_0 :

$$/3.3. - 13/ \quad P(T(\Phi_*, t) > T_d) \leq P_0$$

gdzie: Φ_* - jest sterowaniem zadawalającym.

ROZDZIAŁ 4

BADANIE SIECI TRANSMISJI DANYCH METODĄ SYMULACJI
CYFROWEJ

4.1. Charakterystyka metody symulacji cyfrowej.

Dotychczas nie ma powszechnie akceptowanej definicji metod symulacyjnych i nie wyznaczono ścisłych granic ich zastosowania. Na ogół przyjmuje się, że są to metody, w których istotną rolę odgrywa skonstruowanie modelu badanej rzeczywistości. W rezultacie bada się model i z jego zachowania wyciąga wnioski dla rzeczywistości. Samo słowo "symulacja" zostało zapożyczone z języka potocznego i używane jest w różnych, często sprzecznych, znaczeniach jak: przedstawianie, naśladowanie, udawanie, fałszowanie itd.

Najczęściej symulacyjną metodę badawczą określa się jako:

- proces konstrukcji historii stanów modelu symulacyjnego badanego systemu rzeczywistego [13] [26],
- technikę numeryczną służącą do dokonywania eksperymentów na pewnych rodzajach modeli matematycznych opisujących zachowanie się złożonego systemu przy pomocy maszyny cyfrowej [49],
- technikę rozwiązywania problemów, polegającą na śledzeniu w czasie zmian zachodzących w dynamicznym modelu systemu [19] [6].

Symulacja, w której wymagane jest użycie maszyny cyfrowej

nazywana jest symulacją cyfrową.

Metody symulacji cyfrowej stanowią skojarzenie metod analitycznych z metodami eksperymentowania na systemach rzeczywistych. Analogicznie jak przy metodach analitycznych opracowując model symulacyjny dokonujemy formalnego opisu struktury systemu oraz procesów w nim zachodzących, natomiast technika uzyskiwania wyników jest podobna jak w metodach eksperymentalnych z tym, że przebieg procesu rzeczywistego zastępuje się symulacją.

Komputerowe eksperymenty symulacyjne na modelach systemów zwykle oparte są na procedurze zawierającej kilka etapów [49] [19], którymi na ogół są:

1/ określenie celu badań. Podobnie jak w innych metodach badawczych, określenie celu powinno stanowić punkt wyjścia planowanych badań. Zwykle cele badań przyjmują postać pytań, na które oczekuje się odpowiedzi bądź hipotez podawanych testom sprawdzającym.

Jasno określony cel badań w dalszym ich przebiegu spełnia dwie funkcje, wytycza pożądane kierunki badań oraz eliminuje kierunki nie związane z realizacją celu. Decyduje również między innymi o stopniu szczegółowości elementów modelu badanego systemu, rodzaju i ilości informacji wejściowych wymaganych przez program symulacyjny oraz o poziomie elastyczności modelu i programu,

2/ określenie modelu systemu; obejmuje utworzenie modelu

abstrakcyjnego oraz modelu symulacyjnego. Model abstrakcyjny przedstawia - zgodnie z celem badań - podstawowe elementy systemu oraz ich wzajemne oddziaływanie w języku modelowania. Natomiast model symulacyjny stanowi przekształcenie modelu abstrakcyjnego w narzędzie realizacji symulacji - realizowany jest w określonym języku symulacji.

- 3/ sprawdzenie poprawności modelu; związane jest z ustaleniem czy opracowany model z dostateczną dokładnością reprezentuje badany system. Ocena adekwatności modelu prowadzona jest z punktu widzenia ustalonych celów badań.
- 4/ zaplanowanie eksperymentów. Określenie planu eksperymentów polega na ustaleniu liczby przebiegów symulacyjnych i zakresu zmian parametrów modelu.
Przy czym planując eksperymenty symulacyjne na modelu należy uwzględnić możliwości przeprowadzenia poprawnej analizy wyników eksperymentów oraz koszt użycia maszyny cyfrowej.
- 5/ wykonanie eksperymentów symulacyjnych i analiza wyników. Analiza wyników uzyskanych w rezultacie wykonania zaplanowanych przebiegów programu symulacyjnego powinna udzielić odpowiedzi na pytania postawione w celu badań.

Metodami symulacyjnymi można badać zarówno systemy rzeczywiste jak i systemy hipotetyczne. W przypadku systemu

rzeczywistego model systemu jest jego reprezentantem natomiast w przypadku systemu hipotetycznego jest odzwierciedleniem wiedzy o systemie.

Symulację systemów przedmiotowych stosuje się w różnych celach szczegółowych, które na ogół zawierają się w trzech grupach zastosowań [6] :

- symulacje poznawcze - ułatwiające zrozumienie funkcjonowania systemów przedmiotowych,
- wyznaczania sterowania systemem przedmiotowym ułatwiająca podejmowanie decyzji przez kierujących systemem,
- symulacje szkoleniowe - pozwalające doskonalić wiedzę z określonej dziedziny, niezbędną przy wykorzystywaniu określonych systemów przedmiotowych.

Symulacja cyfrowa jest jedną z wielu metod badania systemów. Dotychczas nie można sformułować jednoznacznych kryteriów stosowania symulacji cyfrowej. Zaleca się stosowanie metody symulacji cyfrowej w przypadkach kiedy:

- brak jest praktycznej metody analitycznej umożliwiającej efektywne rozwiązanie badanego problemu,
- przeprowadzenie eksperymentów na systemie rzeczywistym jest niemożliwe /system jest systemem hipotetycznym bądź jest niedostępny/ lub koszty eksperymentu są zbyt duże,
- proces modelowania i eksperymentowania na opracowanym modelu stanowi efektywną formę lepszego poznania prawidłowości występujących w systemie przedmiotowym.

Podstawowe zalety metody symulacji cyfrowej polegają na tym, że z jednej strony może być stosowana do badania złożonych systemów, które trudno jest badać metodami analitycznymi a z drugiej strony zastępuje długotrwałe i kosztowne obserwacje procesów rzeczywistych, zapewniając całkowitą powtarzalność eksperymentów, możliwość badania modelu w szerokim zakresie zmian wielkości wejściowych oraz możliwość zbierania i przetwarzania danych ilościowych o procesach zachodzących w modelu.

4.2. Uzasadnienie wyboru metody symulacji cyfrowej.

Procesy przesyłania informacji w sieci transmisji danych podsystemu dowodzenia ogólnowojskowego posiadają jawnie wyrażony charakter masowej obsługi. W sieci zachodzi obsługa dużej ilości jednorodnych zapotrzebowań na przesyłanie informacji. Dostępny aparat matematyczny teorii masowej obsługi pozwala - przy pewnych ograniczeniach - prowadzić badania procesów przesyłania informacji w zautomatyzowanych systemach, pozwala określić charakterystyki ilościowe tych procesów, wyznaczyć niezbędną przepustowość kanałów łączności, dopuszczalne obciążenie sieci itp.

Umożliwia ponadto dokonywanie analiz porównawczych przepustowości sieci, oczekiwanego czasu przebywania informacji w sieci i innych wskaźników efektywności sieci przy zastosowaniu różnych algorytmów wymiany informacji i urządzeń o różnych parametrach.

Analityczne rozwiązania tych problemów metodami teorii masowej obsługi uzyskuje się dla prostych przypadków strumienia wchodzącego i dowolnych rozkładów czasu obsługi zgłoszeń dla systemów jednofazowych [56] i przy znacznych założeniach upraszczających dla systemów wielofazowych [22].

Stosując aparat teorii masowej obsługi do analizy procesów zachodzących w sieci transmisji podsystemu ogólnowojskowego należy uwzględnić jej zasadnicze własności, którymi są:

- 1/ sieć jest siecią wielofazową,
- 2/ rozkłady odstępów czasu między kolejnymi zgłoszeniami w sieci odbiegają od rozkładów teoretycznych przyjmowanych w teorii masowej obsługi,
- 3/ zgłoszenia w sieci, oprócz momentu pojawienia, charakteryzuje objętość i pilność informacji oraz miejsce jej pojawienia i przeznaczenia,
- 4/ realne strumienie informacji przekazywane w sieci z racji jej wielofazowości są strumieniami zależnymi,
- 5/ występują przerwania połączeń spowodowane zakłóceniami /celowymi i przypadkowymi/, uszkodzeniami urządzeń bądź błędami w kanałach, powodujące konieczność powtórnego przesyłania informacji,
- 6/ występuje zjawisko wpływu bocznego [56], polegające na oddziaływaniu poprzez wspólny węzeł relacji bardziej obciążonych na relacje mniej obciążone.

Uwzględnienie wymienionych czynników prowadzi do powstania

modelu masowej obsługi, którego analityczne rozwiązanie jest bardzo trudne. Stosowane zwykle w takich przypadkach uproszczenia polegające na przyjmowaniu prostych rozkładów dla niektórych charakterystyk bądź eliminowanie innych charakterystyk powodujących znaczne skomplikowanie modelu, pozwalają uzyskać rozwiązanie analityczne problemu. Należy jednak podkreślić, że ograniczenia, które trzeba nałożyć na system aby uzyskać analityczne rozwiązanie problemu nie zawsze pozwalają opisać zachodzące w nim procesy z dostateczną dokładnością.

Z tych względów oraz z uwagi na fakt, że sieć transmisji danych podsystemu ogólnowojskowego jest systemem hipotetycznym wykluczającym możliwość przeprowadzenia eksperymentów, dla oceny wskaźników efektywności sieci stosuje się metodę symulacji cyfrowej. Metoda ta pozwala badać sieć w pełnej złożoności procesów w niej zachodzących.

4.3. Charakterystyka modelu symulacyjnego sieci transmisji.

Podstawowym zagadnieniem przy organizacji badań określonego systemu rzeczywistego bądź hipotetycznego metodą symulacji cyfrowej jest zbudowanie modelu symulacyjnego badanego systemu.

Model systemu z dokładnością uzależnioną od celów poznawczych stawianych przed modelem, odwzorowuje badany system. W modelu odwzorowane są podstawowe elementy systemu,

sposób jego działania oraz określony jest wpływ czynników wewnętrznych i zewnętrznych na zachowanie się systemu.

Modelowaniu poddana została sieć o strukturze przestrzennej zgodnie z rys. 3 i strukturze technicznej zgodnej z rys. 2.

Schemat blokowy modelu symulacyjnego sieci transmisji podsystemu ogólnowojskowego przedstawiono na rys. 7, poszczególne bloki odwzorowują realizowane w sieci funkcje:

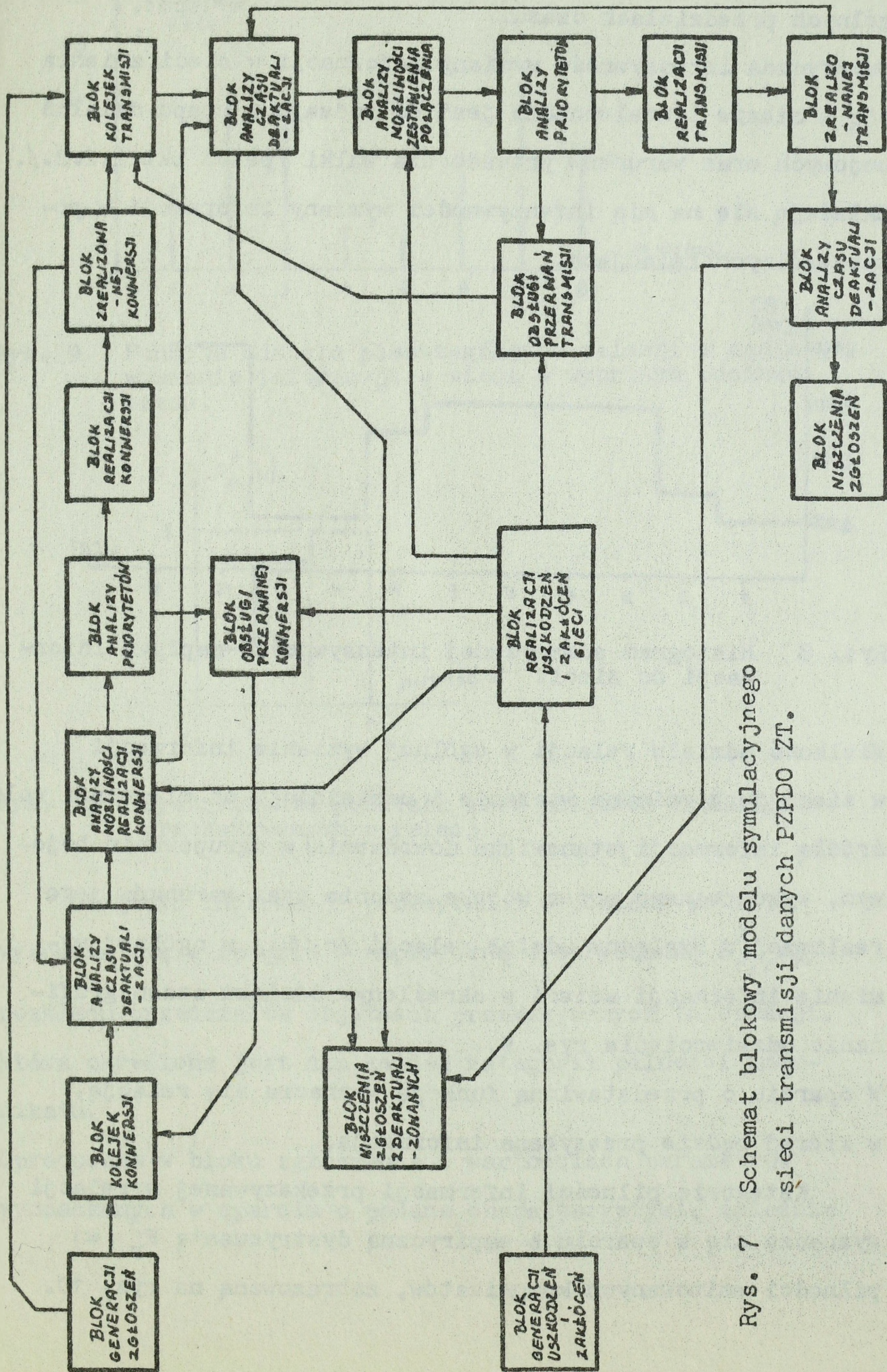
B l o k g e n e r a c j i z g ł o s z e ń - odwzorowuje występujące w sieci zapotrzebowania na przesyłanie informacji.

W bloku wyznaczane są:

- relacja, w której ma być przekazywana informacja /numer węzła nadającego i odbierającego informację/,
- parametry wygenerowanego pakietu informacji /zal. 3.2. - 1/, moment zgłoszenia pakietu do przesłania, objętość i pilność pakietu.

Przyjmuje się, że przekazywane są pakiety informacji o trzech kategoriach pilności, odstępy czasu między kolejnymi zgłoszeniami pakietów mają rozkład wykładniczy, oraz że przesyłane pakiety mogą przyjmować wielkości z czterech przedziałów z rozkładem równomiernym w przedziałach.

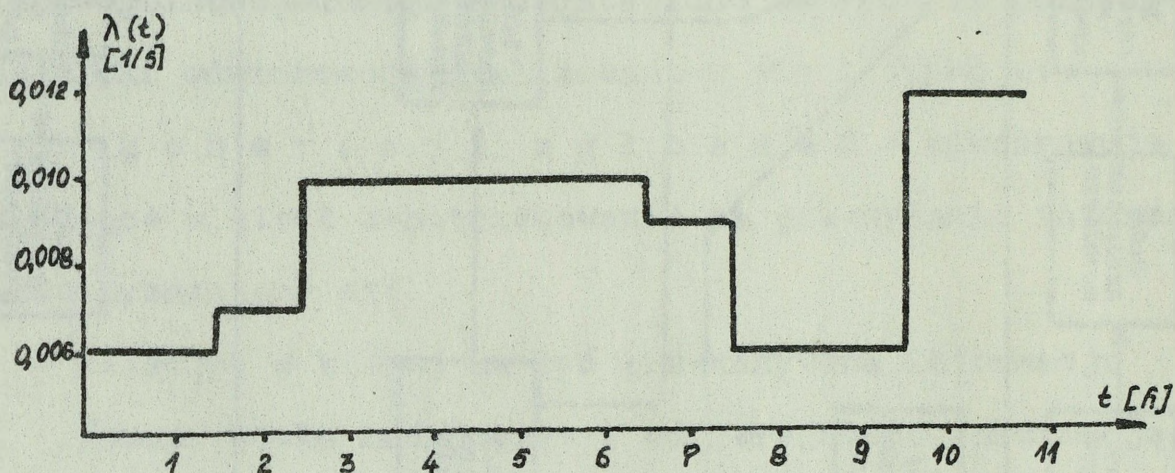
Moment pojawienia się pakietu w sieci wyznacza się w oparciu o zadaną intensywność $\lambda(t)$ przesyłania informacji w ustalonym okresie badania sieci. Intensywność przesyłania informacji w podsystemie dana jest w postaci histogramu /rys. 8/, obrazuje on zmiany napływu informacji w poszcze-



Rys. 7 Schemat blokowy modelu symulacyjnego sieci transmisji danych PZPD ZT.

gólnych przedziałach czasu.

Sumaryczna intensywność wymiany informacji w sieci zmienia się w czasie i uzależniona jest od rodzaju i etapu działań bojowych oraz warunków prowadzenia walki /patrz pkt 2.2.2./. Składają się na nią intensywności wymiany informacji w poszczególnych relacjach.

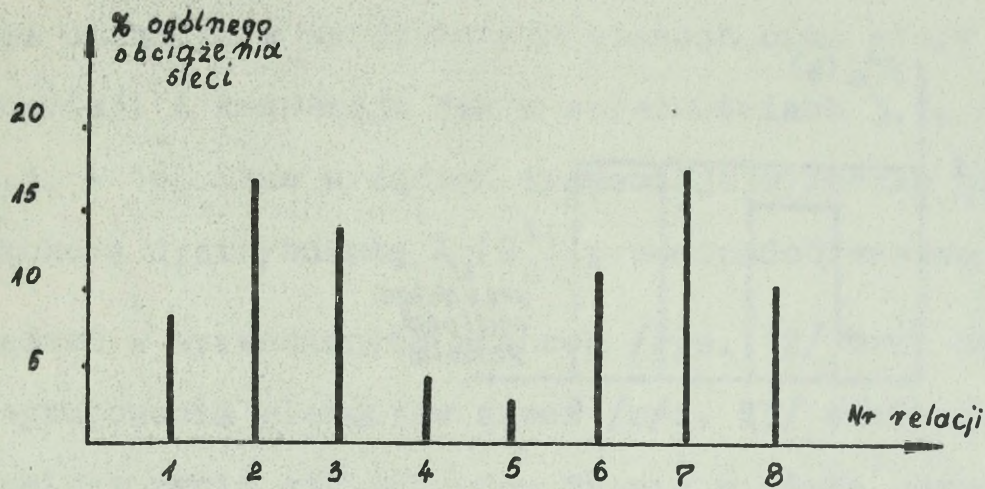


Rys. 8 Histogram sumarycznej intensywności napływu informacji do sieci.

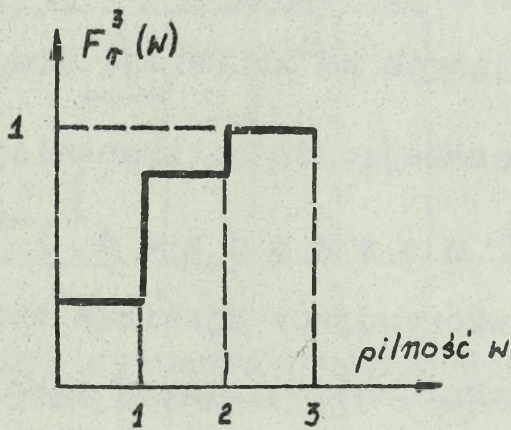
Wielkość udziału relacji w ogólnej wymianie informacji w sieci jest zmienna w czasie i uzależniona od miejsca i roli źródła informacji /stanowiska dowodzenia/ w ugrupowaniu bojowym, wykonywanego przez wojska zadania oraz warunków jego realizacji. Względny udział relacji $/r \in R_2/$ w ogólnej wymianie informacji w sieci w określonym odcinku czasu graficznie odzwierciedla rys. 9.

W oparciu o przedstawioną funkcję wyznacza się relację, w której będzie przesyłana informacja.

Kategorię pilności informacji przekazywanej w relacji wyznacza się w oparciu o empiryczną dystrybuantę $F_r^3(w)$ pilności emitowanych komunikatów, zobrazowaną na rys. 10.



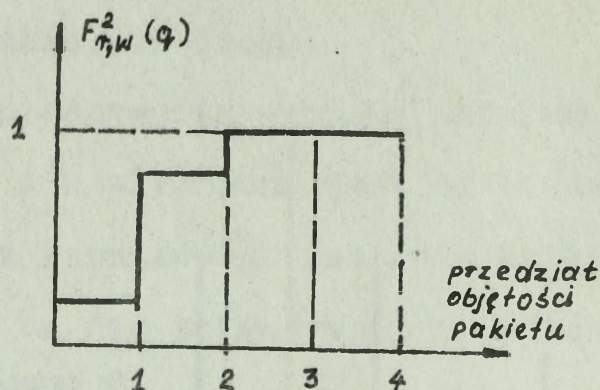
Rys. 9 Funkcja udziału poszczególnych relacji w ogólnej wymianie informacji w sieci w wybranym odcinku czasu.



Rys. 10 Dystrybuanta podziału klas pilności komunikatów przekazywanych w relacji.

Objętość informacji przesyłanej w postaci pakietu wyznacza się w oparciu o empiryczną dystrybuantę $F_{r,w}^2(q)$ rozkładu przedziałów objętości przekazywanych informacji, która określona jest dla każdej kategorii pilności komunikatu.

Opracowane w bloku zgłoszenie o wartościach parametrów wyznaczonych w oparciu o podane charakterystyki, zależnie



Rys. 11 Dystrybuanta rozkładu przedziałów objętości przekazywanych pakietów dla wyznaczonej ich pilności.

od numeru u węzła, w którym powstają, przekazywane są do kolejki zgłoszeń oczekujących na konwersję dla $u \in U_2$ bądź do kolejki zgłoszeń oczekujących na transmisję dla $u \in U_1$.

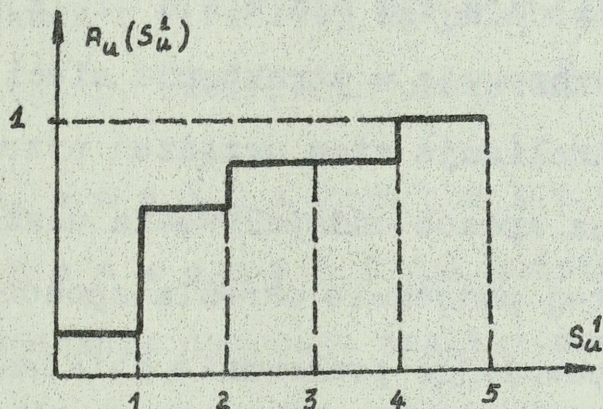
B l o k g e n e r a c j i u s z k o d z e ń i z a k łą c e ń - stanowi element odwzorowujący zjawiska związane ze zmianą stanu sprawności technicznej urządzeń sieci. Odwzorowuje wpływ uszkodzeń sieci, oddziaływania ogniowego przeciwnika, zmiany warunków propagacji fal, koniecznych zmian stanowisk pracy sztabów, celowego i przypadkowego zakłócenia urządzeń radiowych sieci.

W bloku wyznaczane są parametry uszkodzeń urządzeń transmisji i konwersji. Są nimi:

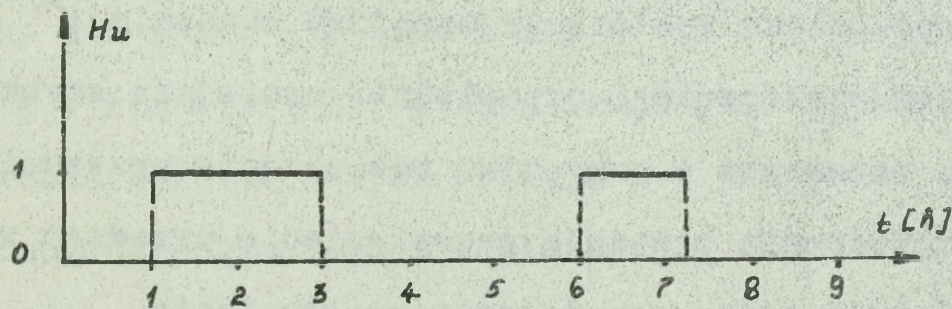
- moment wystąpienia niesprawności urządzenia,
- stan sprawności urządzenia,
- czas trwania urządzenia w wyróżnionym stanie.

Przyjmuje się rozkład wykładniczy odstępów czasu między kolejnymi niesprawnościami urządzeń sieci i czasów przeby-

wania urządzeń w wyróżnionych stanach oraz stany urządzeń transmisji i konwersji jak w zależnościach 3.1. - 13 i 3.1. - 16. Stan urządzeń transmisji wyznacza się w oparciu o skokową dystrybuantę $A_u(S_u^1)$ prawdopodobieństwa przebywania urządzeń w wyróżnionych stanach /rys. 12/ oraz harmonogram przegrupowania elementów sieci /rys. 13/ odzwierciedlający przemieszczanie stanowisk dowodzenia w miarę rozwoju sytuacji na polu walki.



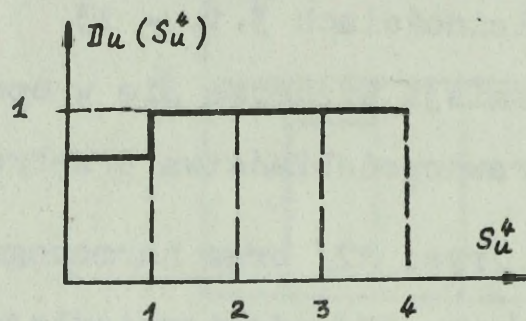
Rys. 12 Dystrybuanta prawdopodobieństwa przebywania urządzenia transmisji w wyróżnionych stanach.



Rys. 13 Harmonogram przesunięcia stanowiska dowodzenia.

Stan urządzeń konwersji wyznacza się w oparciu o skokową dystrybuantę $D_u(S_u^4)$ prawdopodobieństwa przebywania urządzeń konwersji w wyróżnionych stanach /rys. 14/ oraz zale-

żności 3.1. - 18.



Rys. 14 Dystrybuanta prawdopodobieństwa przebywania urządzeń konwersji w wyróżnionych stanach.

B l o k r e a l i z a c j i u s z k o d z e ń i z a -
k ł ó c e ń s i e c i o d w z o r o w u j e w s t r u k t u r z e s i e c i p r o -
c e s u s z k a d z a n i a u r z ą d z e ń . A n a l i z u j e s t a n u r z ą d z e ń p r z e d
w p ł y n i ę c i e m u s z k o d z e n i a o r a z s p o s ó b o d d z i a ł y w a n i a u s z k o d z e -
n i a n a p r a c e u r z ą d z e ń . N a t e j p o d s t a w i e o k r e ś l a s p o s ó b d a l -
s z e g o d z i a ł a n i a u r z ą d z e ń , p o w o d u j ą c p r z e r w a n i e d z i a ł a n i a
u r z ą d z e n i a w p r z y p a d k u j e g o z a j ę t o ś c i k o n w e r s j ą / t r a n s m i s j ą /
i p r z e n i e s i e n i e u r z ą d z e n i a w s t a n n i e s p r a w n o ś c i o r a z p r z e -
k a z a n i e d z i a ł a n i a d o b l o k u o b s ł u g i p r z e r w a ń k o n w e r s j i / t r a n -
s m i s j i / . W p r z y p a d k u z a k ł ó c e n i a u r z ą d z e ń t r a n s m i s j i ^{x/}
o c e n i a p o z i o m z a k ł ó c e n i a i o d p o w i e d n i o z m n i e j s z a s z y b k o ś ć
t r a n s m i s j i , n a t o m i a s t w p r z y p a d k u r o z p o c z ę c i a p r e s u n i ę c i a
s t a n o w i s k d o w o d z e n i a p o w o d u j e p r z e n i e s i e n i e u r z ą d z e ń w s t a n
n i e s p r a w n o ś c i d o c z a s u z a k o ń c z e n i a p r e s u n i ę c i a .

B l o k a n a l i z y c z a s u d e a k t u a l i z a c j i
b a d a p r o c e s s t a r z e n i a s i ę i n f o r m a c j i . P o r ó w n u j ą c c z a s
p r z e b y w a n i a p a k i e t u w s i e c i z d o p u s z c z a l n y m c z a s e m T_d p r z e -

^{x/} Właściwie zakłódcny jest tylko kanał transmisyjny.

syłania, podejmuje decyzję dalszej obsługi pakietu jeśli jest on mniejszy od T_d bądź w przypadku przeciwnym usunięcie z sieci zdezaktualizowanego pakietu.

B l o k k o l e j e k k o n w e r s j i / t r a n s m i - s j i / realizuje proces opóźniania przesyłania pakietów informacji spowodowany zajętością urządzeń. W bloku napływające pakiety ustawiają się zgodnie z kolejnością napływu w kolejkach o właściwej im pilności, z których wybierane są do obsługi po zwolnieniu urządzeń.

B l o k a n a l i z y m o ż l i w o ś c i r e a l i z a - c j i k o n w e r s j i na podstawie oceny stanu sprawności urządzenia dokonuje analizy możliwości zrealizowania konwersji. W przypadku sprawnych urządzeń konwersji przekazuje określenie pakietu poddawanego konwersji do bloku analizy priorytetu.

B l o k a n a l i z y m o ż l i w o ś c i z e s t a w i e - n i a p o ł ą c z e n i a analizuje stan sprawności urządzeń transmisji tworzących relację i w przypadku sprawności obu urządzeń /nadawczego i odbiorczego/ dopuszcza wybranie przez blok analizy priorytetów właściwego pakietu do transmisji z kolejki oczekujących na transmisję.

B l o k a n a l i z y p r i o r y t e t ó w określa, który ze zgłoszonych pakietów informacji zostanie poddany obsłudze. Spośród zgłoszonych pakietów wybiera pakiet o największej pilności i jeśli jest wolne urządzenie powoduje

przekazanie go do obsługi /do konwersji bądź transmisji/. Jeśli urządzenia są zajęte porównuje pilności wybranego i obsługiwanego pakietu. Przekazuje do obsługi pakiet o wyższej pilności. W przypadku priorytetów bezwzględnych powoduje przerwanie obsługi pakietu o niższej pilności, natomiast w przypadku priorytetów względnych wstrzymuje obsługę wybranego pakietu do czasu zakończenia obsługi rozpoczętej uprzednio.

B l o k r e a l i z a c j i k o n w e r s j i / t r a n s m i s j i / odwzorowuje proces zajęcia urządzeń konwersji /transmisji/ obsługą pakietów informacji. W oparciu o stan urządzeń i parametry pakietu wyznacza się czas trwania obsługi , uwzględniając czas organizacji obsługi.

B l o k z r e a l i z o w a n e j k o n w e r s j i / t r a n s m i s j i / realizuje proces zwalniania urządzeń po zakończeniu obsługi pakietu. Zwolnione urządzenia są przenoszone do zbioru urządzeń sprawnych i gotowych do obsługi kolejnego zgłoszenia.

B l o k o b s ł u g i p r z e r w a n y c h k o n w e r s j i / t r a n s m i s j i / powoduje przeniesienie nie obsłużonych pakietów informacji do kolejki oczekujących na konwersję /transmisję/. Pakiety, które nie zostały w pełni obsłużone przekazywane są na pierwsze miejsce w kolejce o właściwej im pilności z odnotowaniem czasu ich obsługi.

B l o k n i s z c z e n i a z g ł o s z e ń i b l o k n i s z c z e n i a z g ł o s z e ń z d e z a k t u a l i z o w a n y c h powodują wydalanie zgłoszeń z systemu. Ponadto służą do zbierania danych statystycznych o funkcjonowaniu sieci.

Przedstawiony model został zrealizowany w postaci programu na EMC ODRA 1305. Do oprogramowania modelu użyto języka FORTRAN. Czas trwania jednego przebiegu wynosił około 10 minut.

4.4. Uwagi o adekwatności modelu.

Jednym z ważniejszych problemów występujących przy badaniu systemów metodami symulacyjnymi jest problem oceny adekwatności opracowanych modeli systemu. Adekwatność modelu rozumiana jest jako zgodność opisu procesów fizycznych zachodzących w badanym systemie z ich rzeczywistym przebiegiem w sensie przyjętego kryterium.

Z uwagi na dużą złożoność badanych systemów nie wszystkie ich cechy można i nie wszystkie jest celowym uwzględnić w modelu. Warunkiem uzyskania wymaganej zgodności opisu procesów modelu i systemu jest, aby własności mogące mieć wpływ na wyniki badań symulacyjnych znalazły swe odzwierciedlenie w modelu.

Ustalenie adekwatności modelu jest etapem warunkującym celowość badań oraz możliwość wyciągania wniosków o oryginalnie na podstawie wyników eksperymentu symulacyjnego na modelu; stanowi ono do dziś nie w pełni rozwiązany problem

w metodach symulacyjnych.

W literaturze poświęconej problemom symulacji [13] [19] [25] [29] proponuje się pewne podejścia do oceny adekwatności. Oceny adekwatności modelu symulacyjnego można dokonać porównując wyniki uzyskane z eksperymentu symulacyjnego z wynikami eksperymentu na systemie rzeczywistym.

W przypadku systemu hipotetycznego lub jeśli system rzeczywisty nie jest jeszcze uruchomiony i jeśli dysponuje się jego modelem analitycznym można wyznaczyć przy tych samych założeniach charakterystyki analityczne i symulacyjne oraz dokonać oceny ich zgodności.

W przypadku braku rozwiązywalnego modelu analitycznego adekwatność ocenia się w oparciu o historię stanów wygenerowaną w procesie eksperymentu symulacyjnego. Model ocenia się jako adekwatny jeśli generuje stany zgodne co do kolejności z przewidywanymi stanami przyjętymi dla badanego systemu.

Rozważany model symulacyjny sieci transmisji PZPDO ZT, jako model systemu hipotetycznego, poddany został ocenie adekwatności w oparciu o historię stanów generowanych w trakcie eksperymentu symulacyjnego. Oceny poprawności wyznaczenia historii stanów modelu dokonano na podstawie wyników pośrednich uzyskanych w testowych przebiegach symulacyjnych. Ocenie podlegały; zgodność odwzorowania procesów realizowanych w sieci oraz poprawność obserwacji wielkości wyznaczanych w eksperymencie symulacyjnym.

4.5. Analiza wyników badania sieci w oparciu o model symulacyjny.

Podczas realizacji eksperymentu symulacyjnego obserwowano takie wielkości jak:

- ilości pakietów informacji zgłaszanych do przesłania w poszczególnych klasach pilności,
- ilość pakietów informacji nie przyjętych do przesłania,
- ilość pakietów o przekroczonym dopuszczalnym czasie przesłania,
- ilość awarii urządzeń transmisji i konwersji,
- czasy awarii urządzeń transmisji i konwersji,
- czasy oczekiwania pakietów informacji w kolejkach,
- czasy przesłania pakietów informacji,
- obciążenie urządzeń transmisji i konwersji.

W oparciu o zbierane informacje wyznacza się wskaźniki efektywności sieci, którymi są:

- średni czas przesłania pakietów przyjętych klas pilności informacji,
- średni czas oczekiwania pakietów przyjętych klas pilności informacji,
- prawdopodobieństwo przesłania pakietów przyjętych klas pilności w wymaganym czasie,
- prawdopodobieństwo odmowy przesłania pakietu informacji w przyjętych klasach pilności.

Eksperymenty na modelu sieci prowadzono przy założeniu, że:

- informacje w sieci przesyłane są w postaci pakietów,
- odstępy czasu między kolejnymi zgłoszeniami napływającymi do sieci oraz odstępy czasu między kolejnymi niesprawnościami i zakłóceniami urządzeń mają rozkład wykładniczy,
- wielkości pakietów informacji w przyjętych przedziałach długości, mają rozkład równomierny,
- pozostałe parametry modelu określane są w oparciu o rozkłady empiryczne.

Badania modelu prowadzono dla sieci o strukturze jak na rys. 3 funkcjonującej w warunkach natarcia. Obliczenia prowadzono z uwzględnieniem wyposażenia sieci o niepełnej mobilności oraz przewidywanego sprzętu o pełnej mobilności dla dwu regulaminów sterowania przesyłaniem informacji; regulaminu priorytetów względnych i regulaminu priorytetów bezwzględnych przy różnych obciążeniach sieci.

Wyniki obliczeń dla tego zakresu badań przedstawiono w załączonym do egz. 1, 2, 3 opracowaniu w oparciu, o które sporządzono wykresy zawarte na rys. rys. 15 - 22 oraz zestawienie porównawcze tabela nr 3.

Tabela 3 A

| Nr przebiegu | Intensywność napływu informacji [1/s] | Skumulowany średni czas oczekiwania [s] | | | |
|--------------|---------------------------------------|---|--------|---------|---------|
| | | w=1 | w=2 | w=3 | w sieci |
| 1 | 0,200000 | 2,18 | 305,39 | 171,96 | 225,43 |
| 2 | 0,083333 | 0,92 | 155,24 | 1068,70 | 215,63 |
| 3 | 0,200000 | 0,50 | 77,80 | 533,13 | 117,58 |
| 4 | 0,008333 | 0,21 | 32,52 | 141,64 | 39,25 |
| 5 | 0,001666 | 0,00 | 17,23 | 3,78 | 13,19 |
| 6 | 0,000833 | 0,00 | 22,57 | 85,18 | 31,18 |
| 7 | 0,000500 | 0,00 | 24,52 | 0,00 | 19,80 |
| 8 | 0,008333 | 7,25 | 39,12 | 94,63 | 39,61 |
| 9 | 0,008333 | 1,60 | 61,87 | 631,31 | 116,25 |
| 10 | 0,008333 | 1,41 | 61,14 | 168,19 | 62,32 |

B

| Nr przebiegu | Skumulowany średni czas przesyłania [s] | | | |
|--------------|---|--------|---------|---------|
| | w=1 | w=2 | w=3 | w sieci |
| 1 | 22,06 | 336,50 | 178,87 | 253,00 |
| 2 | 101,46 | 690,38 | 1506,85 | 612,11 |
| 3 | 21,57 | 248,03 | 788,70 | 270,57 |
| 4 | 18,86 | 212,28 | 492,66 | 208,59 |
| 5 | 18,25 | 169,09 | 248,28 | 154,63 |
| 6 | 14,75 | 146,82 | 403,09 | 176,69 |
| 7 | 32,50 | 157,23 | 92,00 | 140,11 |
| 8 | 24,48 | 218,36 | 445,03 | 208,25 |
| 9 | 17,27 | 215,51 | 936,38 | 261,50 |
| 10 | 21,83 | 247,99 | 490,72 | 233,07 |

| Nr przebiegu | Skumulowane prawdopodobieństwo przekroczenia dopuszczalnego czasu przesyłania | | | | % wykorzystania | |
|--------------|---|--------|--------|---------|------------------------------|---------------------------|
| | w=1 | w=2 | w=3 | w sieci | urządzeń transmisji CI SD | urządzeń konwersji ZPI |
| 1 | 0,0211 | 0,4299 | 0,8980 | 0,3419 | 96,34 | 99,12 |
| 2 | 0,0232 | 0,2371 | 0,2885 | 0,2022 | 83,04 | 96,34 |
| 3 | 0,0468 | 0,0246 | 0,0317 | 0,0295 | 27,23 | 55,06 |
| 4 | 0,0414 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0079 | 11,55 | 21,96 |
| 5 | 0,0000 | 0,0102 | 0,0000 | 0,0076 | 1,37 | 2,98 |
| 6 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,96 | 1,36 |
| 7 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,50 | 0,40 |
| 8 | 0,0754 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0144 | 11,47 | 21,90 |
| 9 | 0,1888 | 0,1466 | 0,0341 | 0,1415 | 10,31 | 21,76 |
| 10 | 0,0559 | 0,0317 | 0,0000 | 0,0326 | 13,29 | 21,99 |

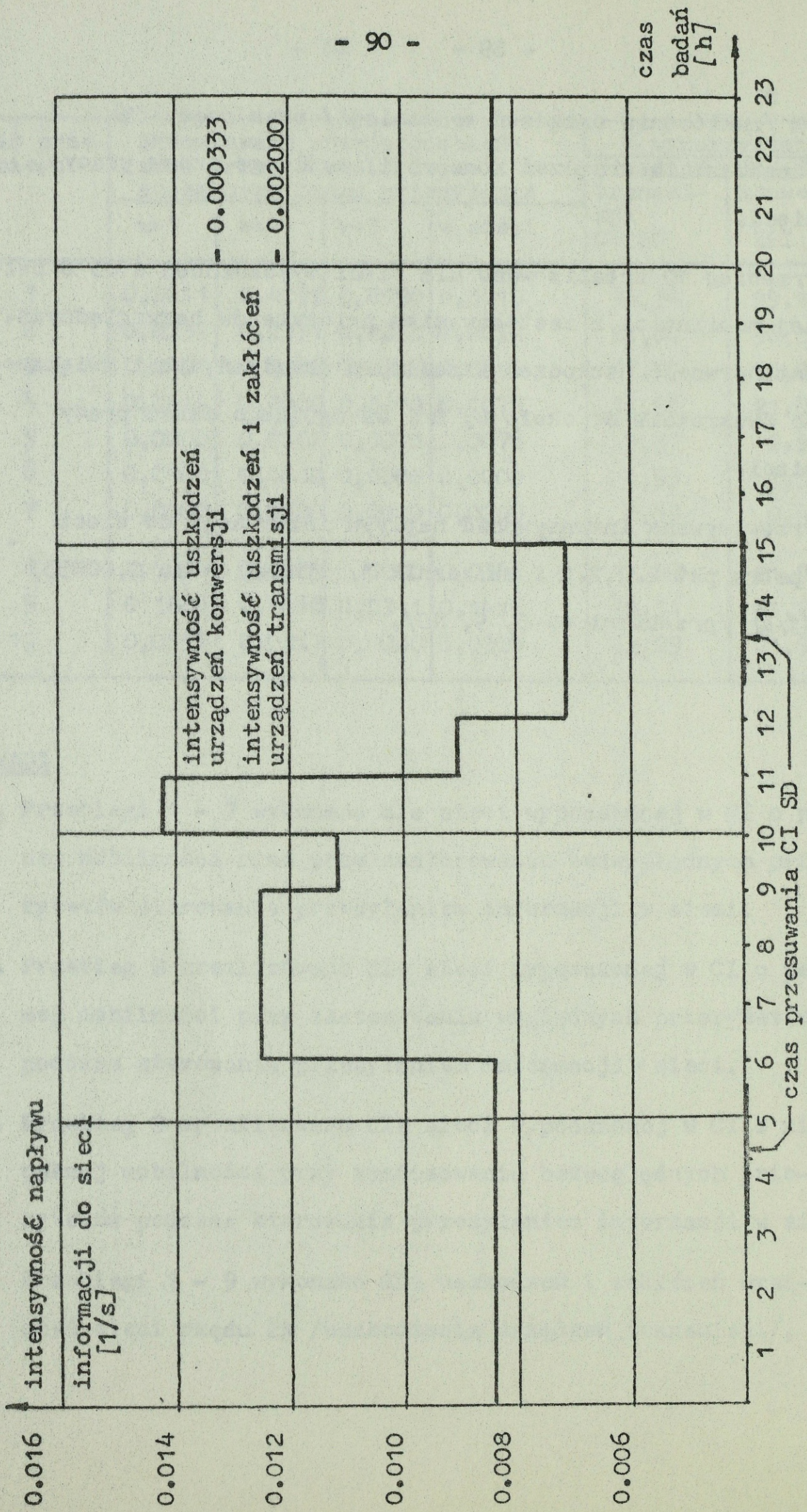
UWAGI

1. Przebiegi 1 - 7 wykonano dla sieci wyposażonej w CI o pełnej mobilności oraz przy zastosowaniu bezwzględnych priorytetów sterowania przesyłaniem informacji w sieci.
2. Przebieg 8 zrealizowano dla sieci wyposażonej w CI o pełnej mobilności przy zastosowaniu względnych priorytetów podczas sterowania przesyłaniem informacji w sieci.
3. Przebieg 9 zrealizowano dla sieci wyposażonej w CI o niepełnej mobilności przy zastosowaniu bezwzględnych priorytetów podczas sterowania przesyłaniem informacji w sieci.
4. Przebiegi 1 - 9 wykonano dla uszkodzeń i zakłóceń urządzeń sieci rzędu 2% /uszkodzenia urządzeń transmisji/,

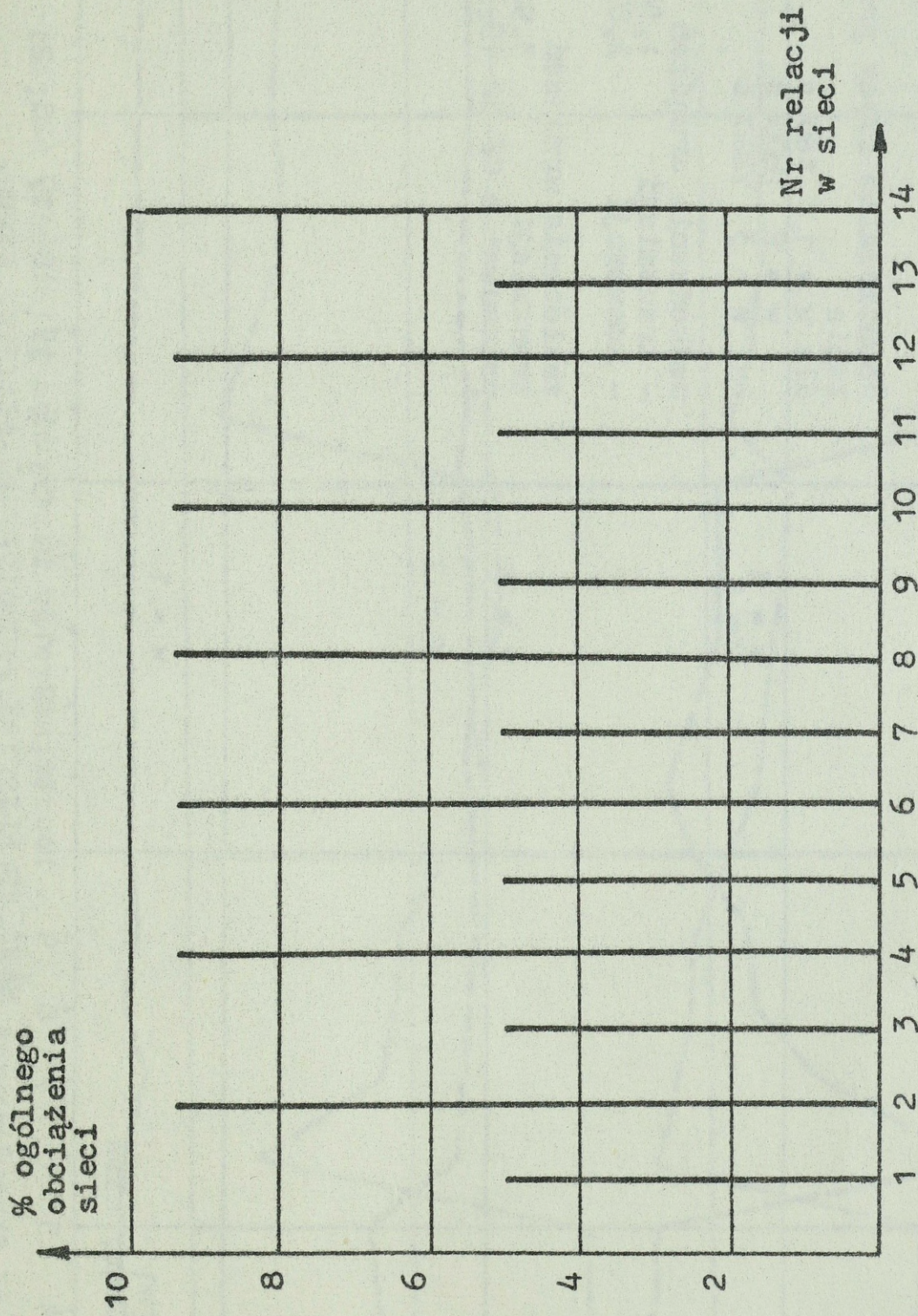
4% /zakłócenia urządzeń transmisji/ oraz rzędu 3%
/uszkodzenia urządzeń konwersji/ ogólnego czasu pracy
sieci.

5. Przebieg 10 zrealizowano dla sieci wyposażonej w CI o pełnej mobilności z zastosowaniem priorytetów bezwzględnych. Intensywność uszkodzeń i zakłóceń urządzeń sieci zwiększono dwukrotnie do około 4, 8 i 6% ogólnego czasu pracy sieci.

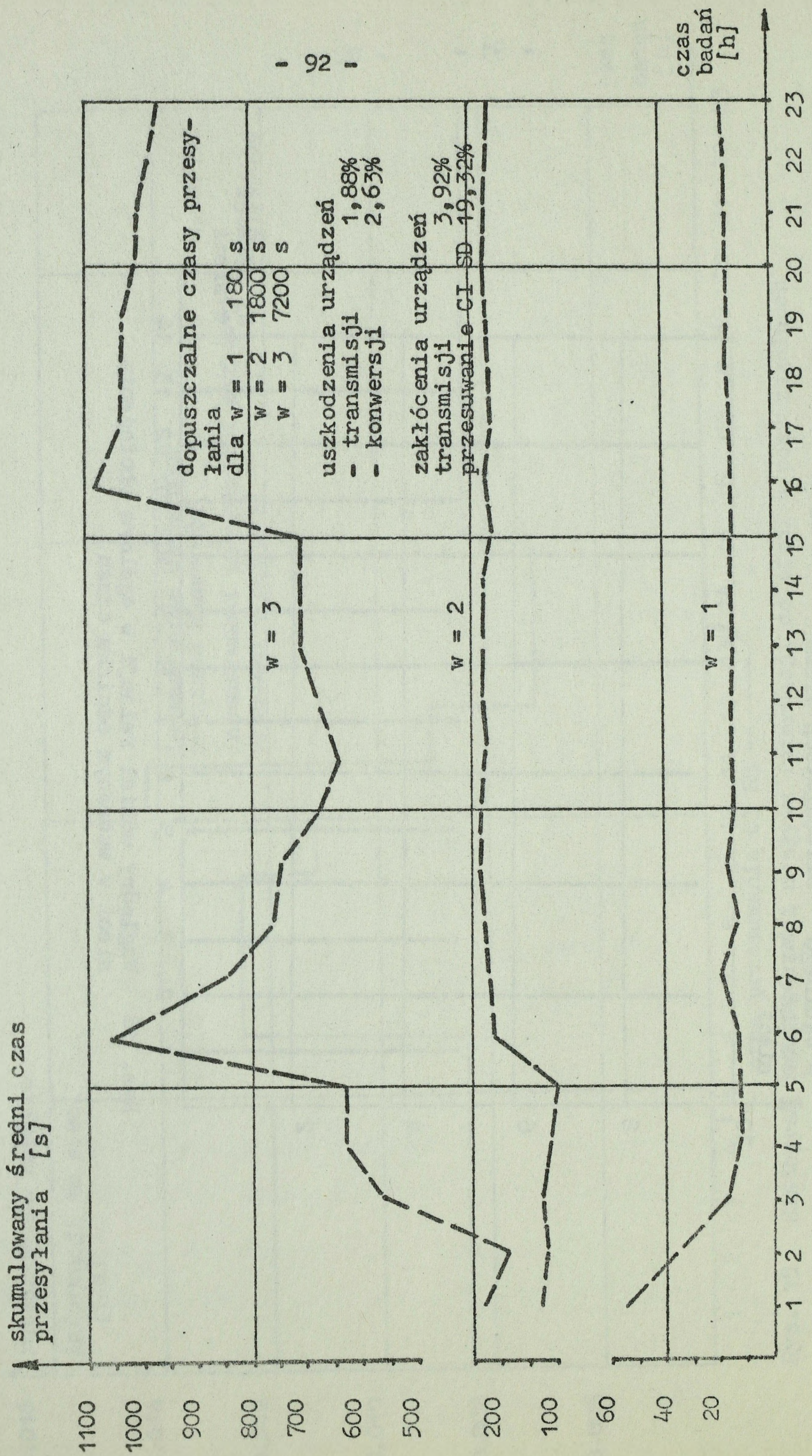
6. Przewidywana intensywność napływu informacji do sieci /patrz pkt 2.2.2.2 i załącznik 1/ wynosi około 0,008333 [1/s] /przebiegi 4, 8, 9, 10/.



Rys. 15 Histogram intensywności napływu informacji do sieci w poszczególnych przedziałach czasu.

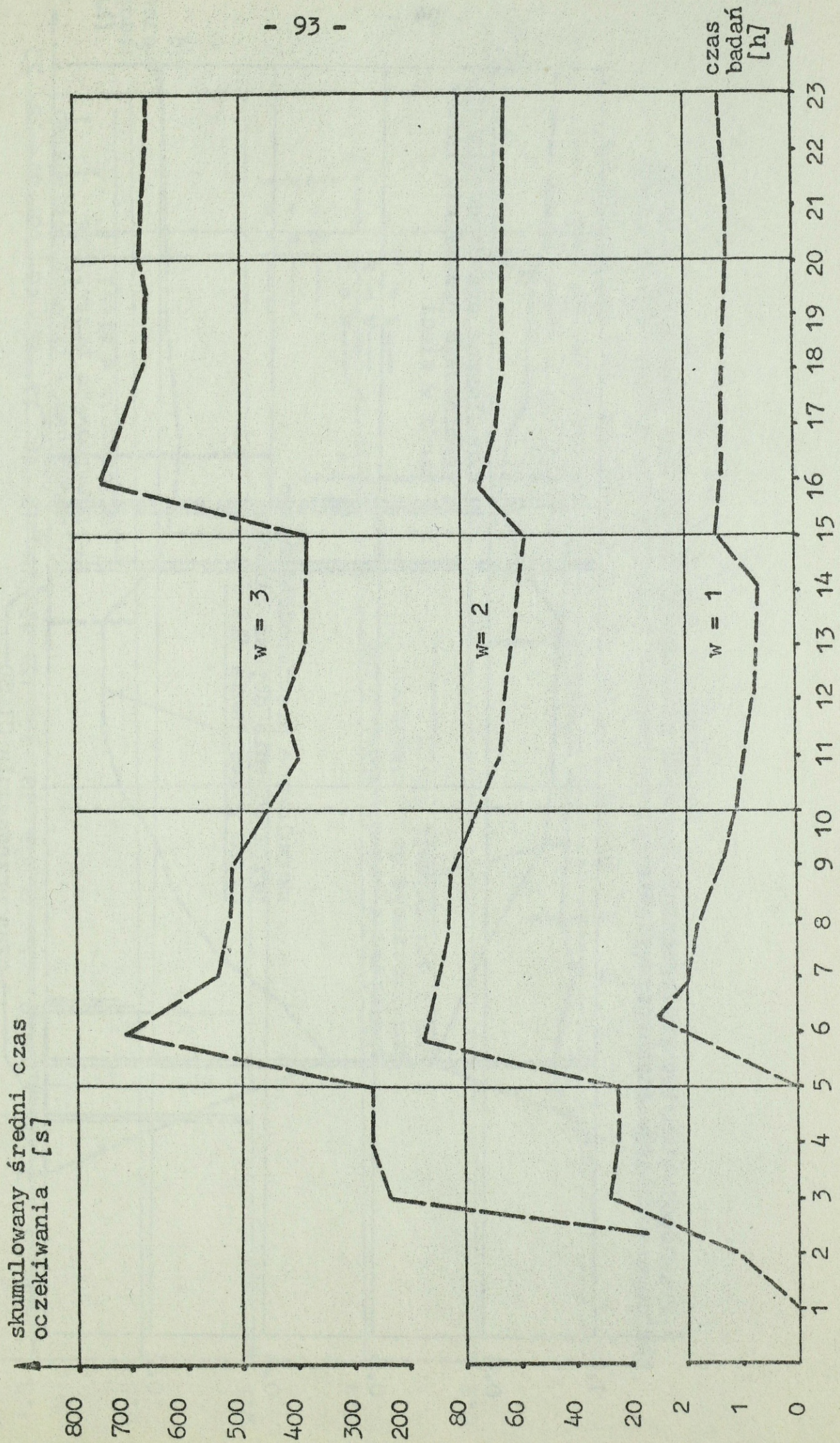


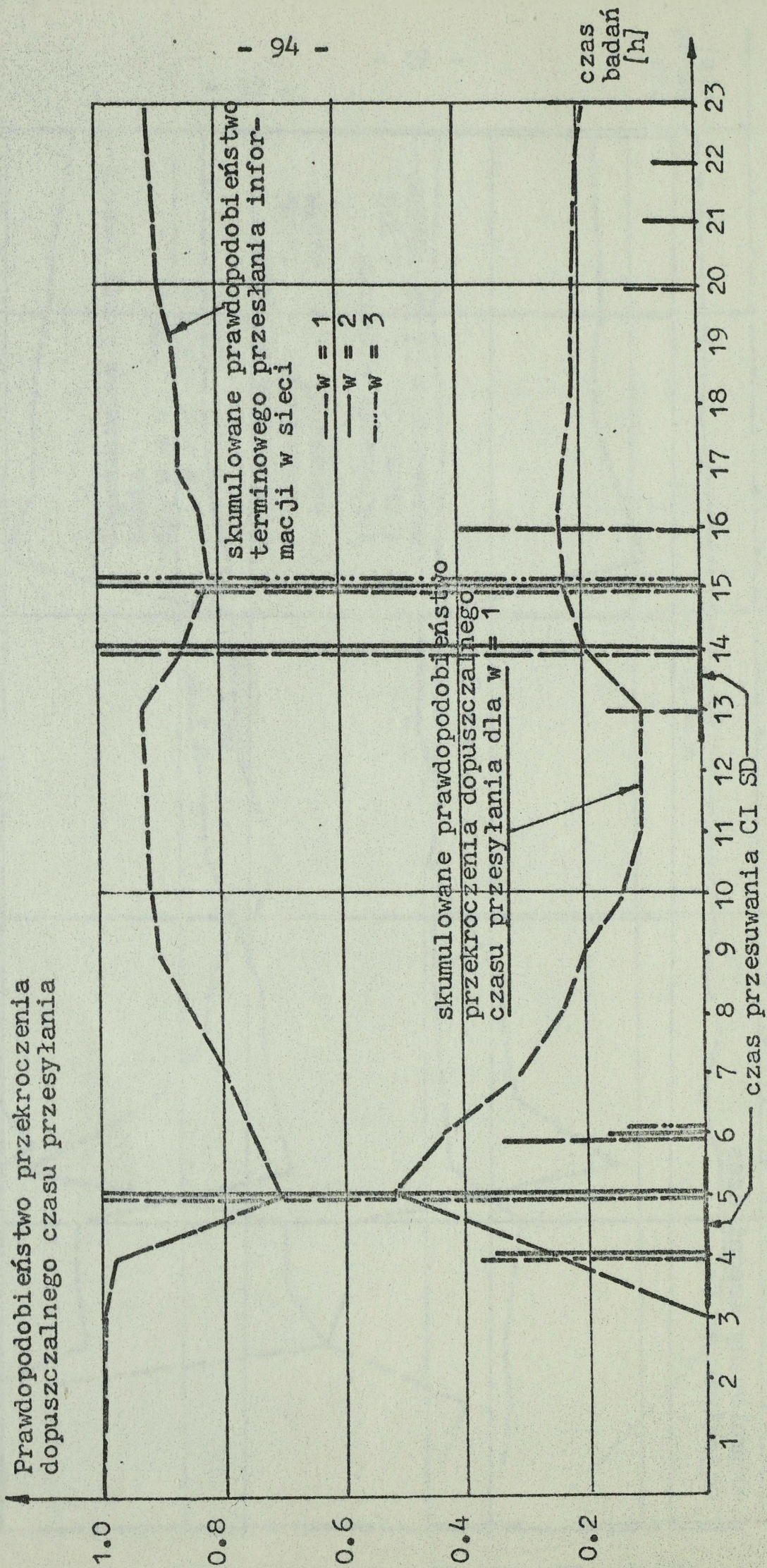
Rys. 16 Względny udział relacji w ogólnym obciążeniu sieci w wybranym odcinku czasu



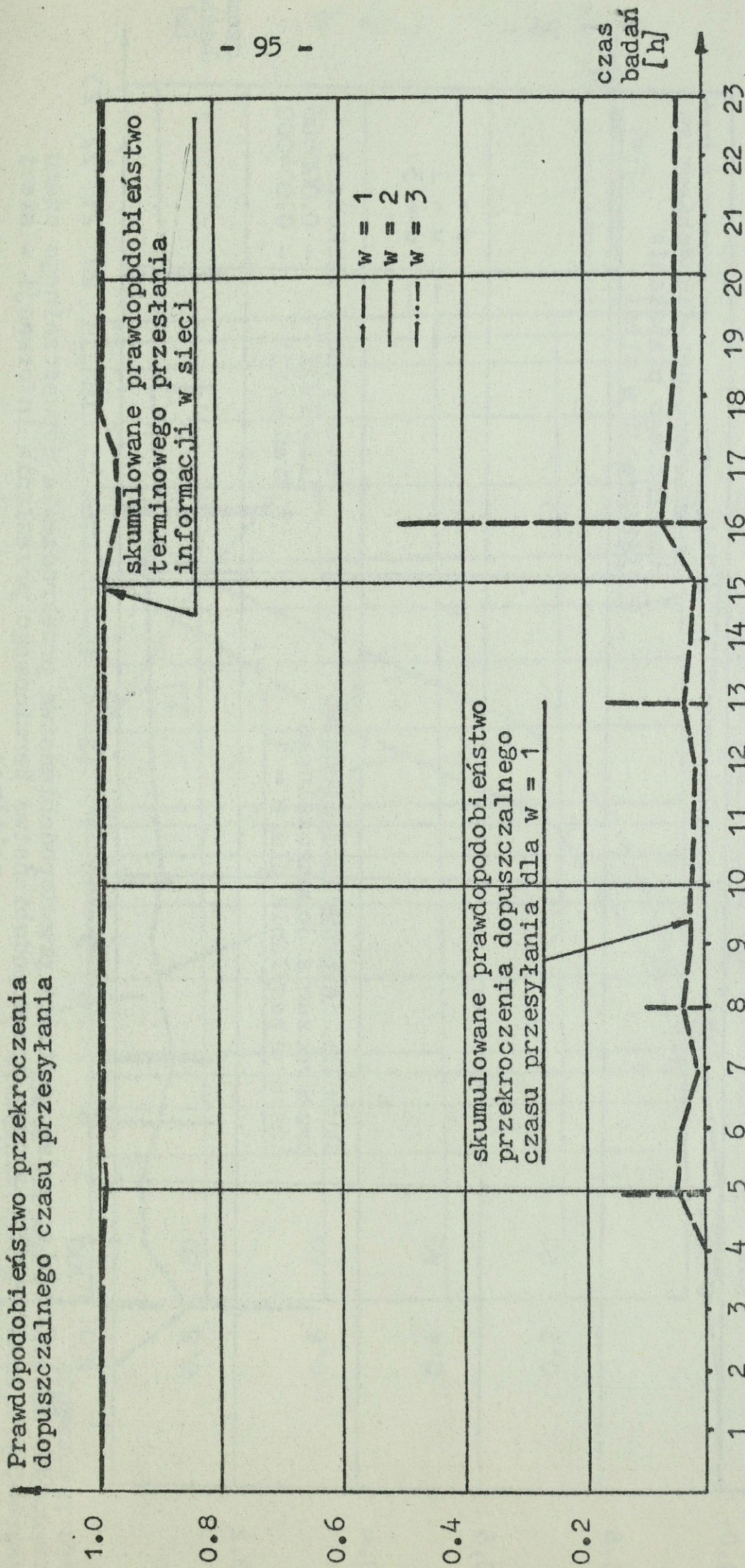
Rys. 17 Przebieg skumulowanej wartości czasu przesyłania informacji w sieci

Rys. 18 Przebieg skumulowanej wartości czasu oczekiwania na przesłanie informacji w sieci.

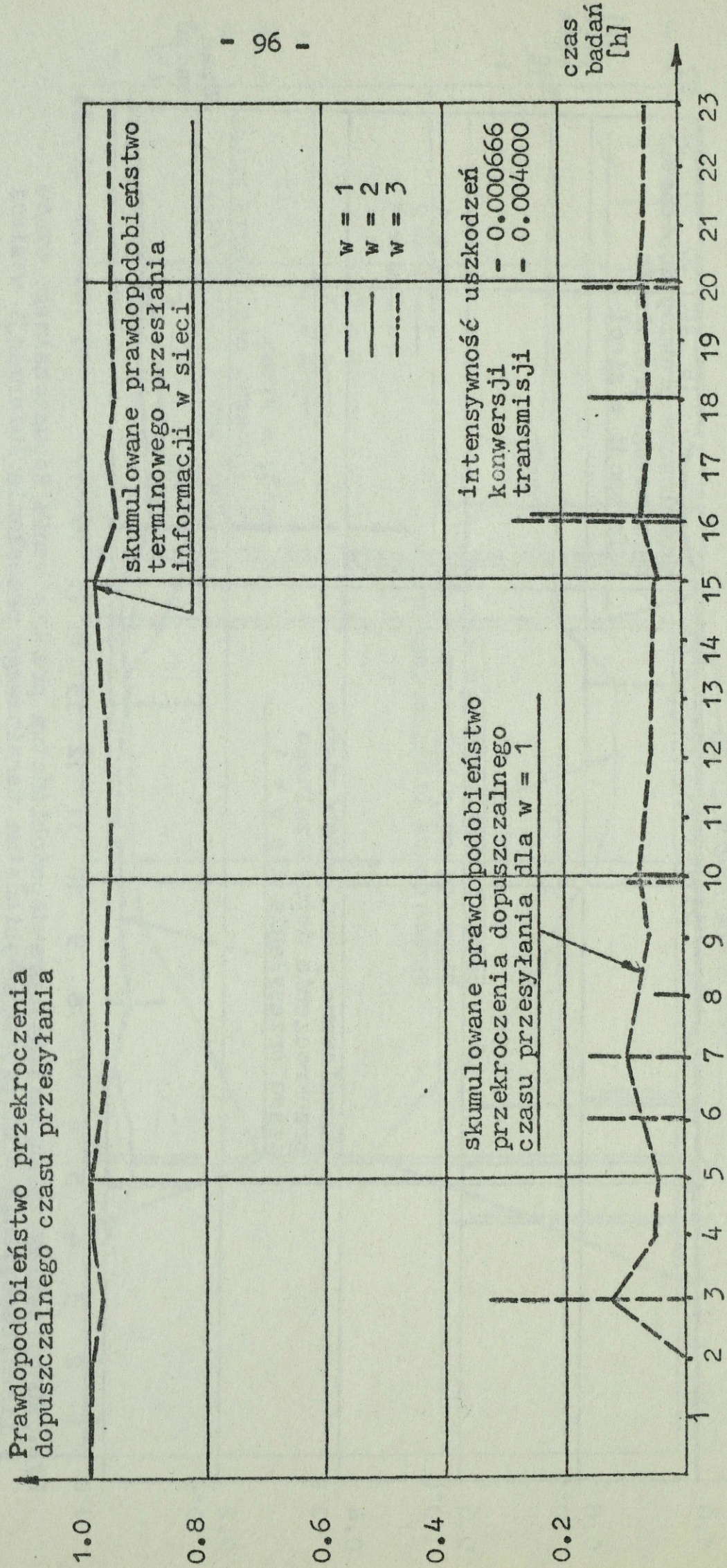




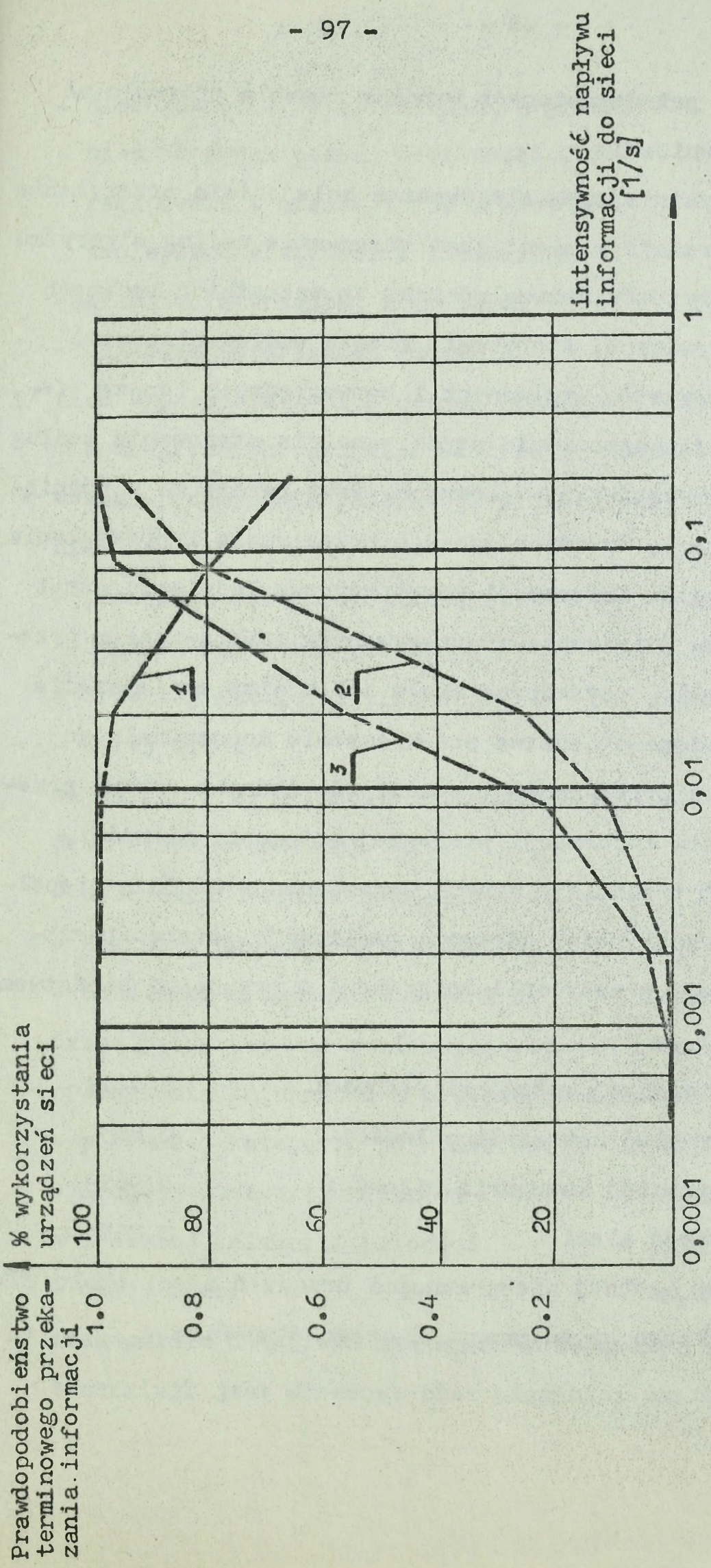
Rys. 19 Przebieg zmian wartości prawdopodobieństwa przekroczenia dopuszczalnego czasu przesyłania oraz prawdopodobieństwa terminowego przesłania informacji



Rys. 20 Przebieg zmian wartości prawdopodobieństwa przekroczenia dopuszczalnego czasu przesyłania oraz prawdopodobieństwa terminowego przesłania informacji w sieci mobilnej.



Rys. 21 Przebieg zmian wartości prawdopodobieństwa przekroczenia dopuszczalnego czasu przesyłania oraz prawdopodobieństwa terminowego przesłania informacji w sieci mobilnej



Rys. 22 Charakterystyka eksploatacyjna sieci.

- 1 - przebieg prawdopodobieństwa terminowego przekazania informacji w sieci,
- 2 - przebieg wykorzystania urządzeń transmisyjnych w sieci,
- 3 - przebieg wykorzystania urządzeń konwersyjnych w sieci.

Analiza przedstawionych wyników pozwala sformułować następujące wnioski:

- 1/ korzystniejszym sterowaniem kolejnością przesyłania informacji w sieci jest sterowanie według algorytmu priorytetów bezwzględnych. We wszystkich badanych przypadkach, sterowanie siecią według algorytmu priorytetów względnych i bezwzględnych lepsze efekty funkcjonowania uzyskiwano dla sterowania według priorytetów bezwzględnych. Przy bardzo mało różniących się średnich czasach oczekiwania i przesyłania pakietów informacji oraz przy uwzględnieniu strat czasu związanych z przerywaniem i wznowianiem przesyłania, uzyskiwano około 1,5 krotne zmniejszenie prawdopodobieństwa przekroczenia dopuszczalnego czasu przesyłania i prawdopodobieństwa odmowy przesyłania informacji pierwszej kategorii pilności,
- 2/ sieć transmisji danych wyposażona w CI SD o niepełnej mobilności zapewnia realizację potrzeb terminowego przesyłania informacji z prawdopodobieństwem dla:

| | |
|--------------------------------|---------|
| - pierwszej kategorii pilności | 0,8112, |
| - drugiej kategorii pilności | 0,8534, |
| - trzeciej kategorii pilności | 0,9659, |
| - całej sieci | 0,8585, |

przy ogólnej niesprawności urządzeń sieci około 27% ogólnego czasu pracy. Z czego stanowią:

- niesprawności sieci związane z przesuwaniem SD /brak pełnej mobilności CI/ 19,32%
- zakłócenia transmisji /3,33 krotne zmniejszenie szybkości transmisji/ 3,92%
- uszkodzenia urządzeń transmisji 1,18%
- uszkodzenia urządzeń konwersji 2,63%

3/ sieć wyposażona w CI o pełnej mobilności zapewni w analogicznych warunkach realizację potrzeb terminowego przesyłania informacji z prawdopodobieństwem dla:

- pierwszej kategorii pilności 0,9586,
- drugiej kategorii pilności 1,0000,
- trzeciej kategorii pilności 1,0000,
- całej sieci 0,9921.

Natomiast przy wzroście uszkodzeń i zakłóceń urządzeń sieci odpowiednio dla:

- uszkodzeń urządzeń transmisji do 6,77%,
- zakłóceń urządzeń transmisji do 8,14%,
- uszkodzeń urządzeń konwersji do 5,61%

czasu pracy zapewni realizację potrzeb terminowego przesyłania informacji z prawdopodobieństwem dla:

- pierwszej kategorii pilności 0,9441,
- drugiej kategorii pilności 0,9683,
- trzeciej kategorii pilności 1,0000,
- całej sieci 0,9674.

4/ szczególnie dotkliwym mankamentem aktualnej sieci transmisji jest okresowy brak ciągłości obiegu

informacji spowodowany brakiem mobilności CI SD.

Analizując wykresy prawdopodobieństwa przekroczenia dopuszczalnego czasu przesyłania oraz prawdopodobieństwa terminowej realizacji przesyłania informacji w sieci zamieszczone na rys. 19 można stwierdzić, że brak mobilności CI SD może prowadzić do okresowej utraty dowodzenia w czasie przesuwania CI. Stąd też PZPDO ZT wyposażony w CI o niepełnej mobilności może posiadać jedynie charakter eksperymentalny,

5/ analizując przebieg zmian prawdopodobieństwa terminowego przesyłania informacji w sieci oraz prawdopodobieństwa przekroczenia dopuszczalnego czasu przesyłania informacji i uwzględniając wniosek 3 można stwierdzić, że sieć o przyjętej do badań strukturze wyposażona w mobilne CI SD spełnia nakładane wymagania i może mieć charakter użytkowy. Przy czym efekt ten może być osiągnąć dwojako:

- poprzez wyposażenie sieci w CI mogące pracować bez ograniczeń podczas przesuwania SD,
- poprzez wyposażenie sieci w dwa zestawy CI o niepełnej mobilności pracujące na zmianę /jeden zestaw pracuje na SD, drugi przemieszcza się do nowego rejonu/ - drugi może spełniać dodatkowo funkcję wyposażenia ZSD,

6/ szczególnie trudnym problemem jest zapewnienie dostatecznego prawdopodobieństwa terminowego przesyłania informacji pierwszej kategorii pilności.

Pakiety pierwszej kategorii pilności charakteryzują się krótkim dopuszczalnym czasem przesyłania, znacznie mniejszym od dopuszczalnych czasów przesyłania informacji drugiej i trzeciej kategorii pilności oraz od średniego czasu awarii urządzeń.

Przy zastosowaniu bezwzględnego regulaminu przesyłania zapewniającego pierwszeństwo informacjom pierwszej kategorii pilności, dalsze możliwości zwiększenia prawdopodobieństwa terminowego ich przesyłania uzależnione są od zmniejszenia ich objętości oraz awaryjności urządzeń sieci,

- 7/ średnie czasy przesyłania informacji poszczególnych kategorii pilności układają się na poziomie 10% dopuszczalnego czasu przesyłania dla pierwszej kategorii pilności i odpowiednio około 12 i 14% dla drugiej i trzeciej kategorii pilności w sieci o niepełnej i pełnej mobilności CI,
- 8/ średni czas przesyłania informacji w sieci w decydującej mierze uzależniony jest od czasu trwania procesów konwersji postaci informacji,
- 9/ obniżenie średnich wartości czasu przesyłania i czasu oczekiwania możliwe jest poprzez zwiększenie ilości urządzeń konwersji na ZPI oraz wyposażenie ich w urządzenia o większej niezawodności działania bądź też drogą minimalizacji strumieni informacji przekazywanych w systemie dowodzenia. Minimalizacja strumienia może być realizowana tylko w aspekcie

zmniejszenia nadmiarów przekazywanej informacji /poprzez ścisłe określenie zakresu, formy i terminów jej przesyłania/,

- 10/ zakłócenia i uszkodzenia urządzeń sieci w istotny sposób obniżają efektywność jej funkcjonowania. Wzrost intensywności zakłóceń i uszkodzeń z około 8 do 20% czasu pracy urządzeń powoduje czterokrotny wzrost prawdopodobieństwa przekroczenia dopuszczalnego czasu przesyłania oraz około trzykrotny wzrost prawdopodobieństwa odmowy przesłania,
- 11/ wprowadzenie mobilnych urządzeń sieci przy tej samej intensywności napływu informacji i tej samej intensywności uszkodzeń powoduje dwunastokrotne zmniejszenie prawdopodobieństwa odmowy przesyłania informacji oraz szesnastokrotne zmniejszenie prawdopodobieństwa przekroczenia dopuszczalnego czasu przesyłania.

Szczególnie interesujący jest przebieg /rys. 22/ zmian prawdopodobieństwa terminowego przesyłania informacji i współczynnika wykorzystania sieci w funkcji zmian obciążenia.

Z przedstawionych zależności wynika, że:

- sieć charakteryzuje progowa zdolność przepustowa, dla której intensywność napływu informacji do sieci wynosi $0,05 - 0,1$ [1/s]. Zwiększanie obciążenia do tej wartości powoduje wzrost współczynnika wykorzystania

sieci oraz nieznaczne zmniejszenie prawdopodobieństwa terminowego przesłania informacji. Obciążanie sieci powyżej tej wartości powoduje nieznaczny wzrost współczynnika wykorzystania sieci i gwałtowny spadek prawdopodobieństwa terminowego przekazania informacji,

- wzrostowi prawdopodobieństwa terminowego przesłania informacji w sieci towarzyszy spadek współczynnika wykorzystania sieci,
- utrzymanie wysokiego prawdopodobieństwa terminowego przesłania informacji możliwe jest przy niskim wykorzystaniu możliwości sieci. Np.: dla zakłóceń i uszkodzeń sieci rzędu 8% czasu pracy prawdopodobieństwo terminowego przekazania przewidywanej ilości informacji $\lambda = 0,008 [1/s]$ w sieci wynosi 0,9921 a możliwości transmisyjne wykorzystane są w 11,55%,
- rozważana sieć przy przewidywanym obciążeniu pracować będzie poniżej wartości progowej /intensywność napływu około 0,008 - 0,1/.

W docelowej wersji PZPDO ZT podniesienie efektywności funkcjonowania sieci możliwe będzie drogą:

- systematyzacji obiegu informacji obejmującej właściwe do potrzeb kształtowanie zakresu, formy i częstotliwości przekazywania informacji, zapewniającej minimalizację strumienia informacji wymaganej w dowodzeniu dywizją,

- rozbudowy struktury sieci, zapewniającej automatyzację większego odcinka drogi obiegu informacji oraz wzrost niezawodności realizacji jej obiegu - w efekcie uzyskania dróg obejściowych,
- wyposażenia sieci w urządzenia o mniejszej awaryjności i większej odporności na zakłócenia,
- doskonalenia metod i środków zabezpieczenia sieci przed możliwością celowego zakłócenia przez przeciwnika,
- wyposażenia sieci w nowej generacji w pełni mobilne CI bądź też w dwa zestawy CI o niepełnej mobilności pracujące na zmianę.

ROZDZIAŁ 5

PODSUMOWANIE

W przedstawionej pracy zawarto ogólną charakterystykę Polowego Zautomatyzowanego Systemu Dowodzenia Związku Taktycznego i na tle założeń i wymagań stawianych systemowi, dokonano analizy warunków funkcjonowania sieci transmisji podsystemu ogólnowojskowego.

Określono strukturę funkcjonalną, połączeniową i techniczną sieci. Dokonano analizy źródeł informacji w sieci ze szczególnym uwzględnieniem czynników warunkujących intensywność emisji informacji i jej zmiany w czasie. Przedstawiając obieg informacji w sieci określono zakres i postać informacji przekazywanych między stanowiskami dowodzenia oraz scharakteryzowano kategorie pilności wymienianych informacji. Szczególną uwagę w pracy zwrócono na próbę oceny ilościowej informacji przekazywanych w sieci w podstawowych jej relacjach. Oceny dokonano w oparciu o badania przeprowadzone przez autora w 4 DZ. Przedstawione oceny wartości średnich dobowych, oraz szczytowych intensywności wymiany informacji w podstawowych relacjach, pozwalają z dokładnością dostateczną na tym etapie, określić postać przesyłanego strumienia informacji.

W oparciu o analizę przewidywanego pola walki dokonano charakterystyki wymuszeń oddziaływujących na sieć. Wiele uwagi poświęcono rozważeniu wpływu warunków prowadzenia

natarcia oraz wpływu zakłóceń celowych przeciwnika na efektywność funkcjonowania sieci.

Efektywność sieci ocenia się w oparciu o zespół wskaźników obejmujących średnie czasy oczekiwania i przesyłania informacji poszczególnych kategorii pilności oraz prawdopodobieństwa terminowego przekazania informacji i odmowy przesyłania informacji.

Opierając się na wynikach badań sieci i analizie przyjętej do badań struktury sieci oraz wymaganiach i potrzebach systemu dowodzenia przedstawiono w pracy uzasadnienie i perspektywy rozwoju sieci transmisji podsystemu ogólnowojskowego.

Analiza struktury i funkcjonowania sieci pozwoliła opracować jej model formalny umożliwiający jednoznaczną interpretację i analizę jej elementów. Odwzorowuje on elementy sieci oraz zasadnicze procesy w niej realizowane. Model obejmuje:

- strukturę sieci,
- zadania sieci,
- proces napływu informacji do sieci,
- proces uszkodzeń i zakłóceń sieci,
- proces przesyłania informacji w sieci.

Z uwagi na losowy charakter większości procesów zachodzących w sieci i ich wielofazowość prowadzącą do powstania złożonych analitycznych modeli masowej obsługi rozwiązywalnych przy dużych założeniach upraszczających oraz z uwagi na fakt, że sieć jest systemem hipotetycznym wykluczającym

możliwość przeprowadzenia eksperymentów dla oceny efektywności jej funkcjonowania celem jest prowadzenie badań sieci metodą symulacji komputerowej.

W pracy przedstawiono istotę symulacji cyfrowej jako metody badania systemów. Scharakteryzowano warunki opłacalności stosowania metody oraz korzyści wynikające z jej stosowania. Dla przedstawionego modelu sieci opracowano program symulacyjny na EMC ODRA 1305. Modelowanie prowadzono w języku FORTRAN. Zadawalająca ocena adekwatności modelu oraz szereg eksperymentów symulacyjnych na modelu sieci pozwalają na sprecyzowanie wniosków ujmujących:

A. Ocenę funkcjonowania sieci:

1. Sieć transmisji danych PZPDO ZT wyposażona w CI o niepełnej mobilności nie zapewnia ciągłości obiegu informacji w systemie dowodzenia. Przy konieczności dwukrotnego przesuwania SD dywizji oraz zakłóceń i uszkodzeniach urządzeń sieci rzędu 8% czasu pracy, zapewnia terminowe przesyłanie wymaganej ilości informacji z prawdopodobieństwem 0,8585. Wobec powyższego sieć o takim wyposażeniu może posiadać jedynie charakter eksperymentalny.
2. Sieć wyposażona w mobilne CI w analogicznych warunkach zapewnia terminowe przesyłanie informacji z prawdopodobieństwem 0,9921. Zapewnia ciągłość obiegu informacji i spełnia nakładane wymagania, zatem może mieć charakter użytkowy.
3. Osiągnięcie ciągłości obiegu informacji w sieci

możliwe jest dwoma sposobami:

- poprzez wyposażenie sieci w CI mogące pracować bez ograniczeń podczas przesuwania SD,
- poprzez wyposażenie sieci w dwa zestawy CI o niepełnej mobilności pracujące na zmianę. Jeden zestaw pracuje na SD dywizji, drugi przemieszcza się do nowego rejonu /np. do rejonu ZSD/.

4. Korzystniejszym sterowaniem kolejnością przesyłania informacji w sieci jest sterowanie według algorytmu priorytetów bezwzględnych.
5. Przy zastosowaniu w sieci, podczas sterowania przesyłaniem informacji priorytetów bezwzględnych, zwiększenie prawdopodobieństwa terminowego przesyłania informacji uzależnione jest od awaryjności urządzeń sieci oraz intensywności wymiany informacji między punktami dowodzenia.
6. Podniesienie efektywności funkcjonowania sieci w jej docelowej wersji, możliwe będzie drogą:
 - minimalizacji nadmiarów informacji przekazywanych w systemie dowodzenia,
 - wyposażenia sieci w mobilne komputery nowej generacji,
 - rozbudowy struktury sieci, zapewniającej automatyzację większego odcinka drogi obiegu informacji oraz wzrost niezawodności realizacji obiegu informacji,
 - wyposażenia sieci w urządzenia o mniejszej awaryj-

- ności i większej odporności na zakłócenia,
- doskonalenia metod i środków zabezpieczenia sieci przed możliwością celowego zakłócenia przez przeciwnika.

B. Ocenę możliwości i przydatności przedstawionej metody:

1. Opracowana metoda stanowi skuteczny sposób oceny efektywności funkcjonowania sieci transmisji danych PZPDO ZT.
2. Przedstawiona metoda badania może być wykorzystana do:
 - porównywania różnych sieci przesyłania informacji i wyboru optymalnej z punktu widzenia stawianych wymagań,
 - oceny efektywności funkcjonowania istniejących sieci przesyłania informacji,
 - badania i oceny efektywności nowych, przewidywanych do wdrożenia sieci transmisji, np: sieci podsystemu dowodzenia tyłami, podsystemu dowodzenia OPL, WR i A i innych,
 - badania osobliwości zachowania systemów rzeczywistych i hipotetycznych w różnych przewidywanych warunkach pola walki - badania pozwalające ocenić ryzyko związane z wprowadzeniem badanego systemu do eksploatacji,
 - oceny skutków wprowadzanych zmian w organizacji i wyposażeniu sieci podczas bieżącej eksploatacji,
 - oceny skutków prowadzonej przez przeciwnika walki radioelektronicznej.

3. Podczas projektowania nowych systemów przesyłania należy traktować jako zasadę - w pierwszym etapie projektowania - określenie działania systemu, sterowania systemem oraz wyposażenia technicznego i funkcji realizowanych przez jego elementy a następnie, zależnie od stopnia skomplikowania modelu, przeprowadzenie odpowiednich obliczeń analitycznych bądź też badanie całości działania systemu w oparciu o eksperyment symulacyjny na modelu systemu z wykorzystaniem komputera.
4. Symulacyjne badania hipotetycznych systemów przesyłania informacji są metodami pozwalającymi, w krótkim czasie i przy niskich nakładach, uzyskać oceny ich funkcjonowania dla złożonych struktur, obciążeń, sterowań, różnych charakterystyk niezawodnościowych urządzeń oraz przy różnorodnym oddziaływaniu czynników wymuszających.
5. Praktyczna użyteczność symulacji komputerowej uzależniona jest od stopnia poprawności odwzorowania w modelu zjawisk zachodzących w systemie rzeczywistym, możliwości dysponowanego komputera oraz języka modelowania.

Problem organizacji i oceny efektywności funkcjonowania sieci transmisji PZPDO ZT jest problemem otwartym.

Przedstawiona praca stanowi zaledwie próbę formalnego przedstawienia problemu i opracowania metody badawczej przy założeniach zbliżonych do rzeczywistości. Zdaniem autora, dalsze

prorowadzenie prac w tym zakresie jest nieodzowne i powinno być realizowane w następujących kierunkach:

- opracowania metod oceny funkcjonowania sieci transmisji informacji, wiążących w syntetycznej postaci jej skwantyfikowane parametry taktyczne, techniczne, i ekonomiczne,
- opracowania metod badań, oceny, opisu i odwzorowania różnorodnych czynników wymuszających oraz ich wpływu na sieć, badań mających na celu określenie typów i parametrów rozkładów tych czynników, umożliwiających zwiększenie dokładności ocen sieci,
- ciągłego prowadzenia badań - w zakresie aktualnego i przewidywanego obciążenia sieci - obrazujących typy i parametry rozkładów ruchu oraz określających typy i ilości wymaganych usług wraz z parametrami ich rozkładów. Warunkują one poprawną ocenę przyjmowanych rozwiązań i właściwą prognozę rozwoju struktur sieci,
- opracowania powszechnie akceptowanych metod oceny adekwatności modeli. Dysponowanie takimi metodami oceny adekwatności jest zagadnieniem istotnym z punktu widzenia praktycznego wykorzystania wyników uzyskanych w oparciu o badania modeli do oceny, sterowania i modyfikacji systemów rzeczywistych.

DODATEK

Ogólna charakterystyka sieci teleinformatycznych.

Szerokie zastosowania komputerów w różnych dziedzinach życia społecznego /w tym również w wielu dziedzinach wojskowych/, spowodowało powstanie masowych potrzeb kontaktu człowieka z komputerem oraz komputerów między sobą. Powstanie tych nowych specyficznych potrzeb spowodowało wyodrębnienie się w klasycznej telekomunikacji - zajmującej się problemami przesyłania informacji w relacjach "człowiek - człowiek" - nowej dziedziny zastosowań teleinformatyki realizującej komunikację człowieka z maszyną oraz maszyn między sobą. W literaturze [38] [16] sieć teleinformatyczną /często używa się nazwy sieć komputerowa/ określa się jako zbiór urządzeń informatycznych połączonych liniami telekomunikacyjnymi umożliwiającymi zdalną współpracę tych urządzeń. Przy czym jako urządzenia informatyczne traktuje się komputery, urządzenia wprowadzania i wyprowadzania danych oraz pamięci masowe. Natomiast linie telekomunikacyjne są liniami transmisji danych realizującymi przenoszenie informacji w postaci binarnej.

Sieć teleinformatyczną jako rodzaj sieci telekomunikacyjnej cechuje:

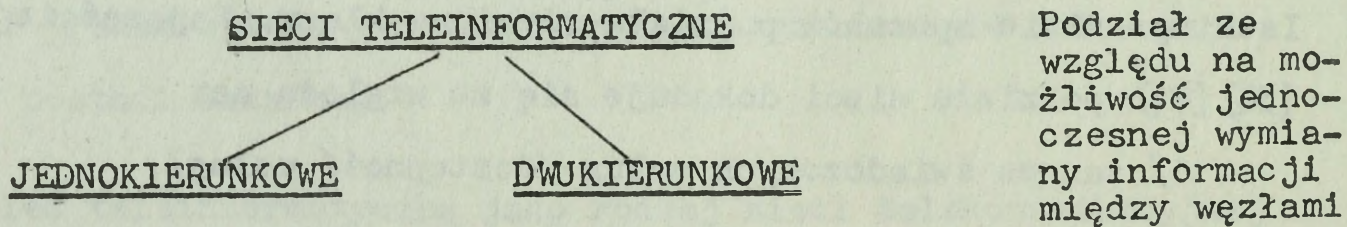
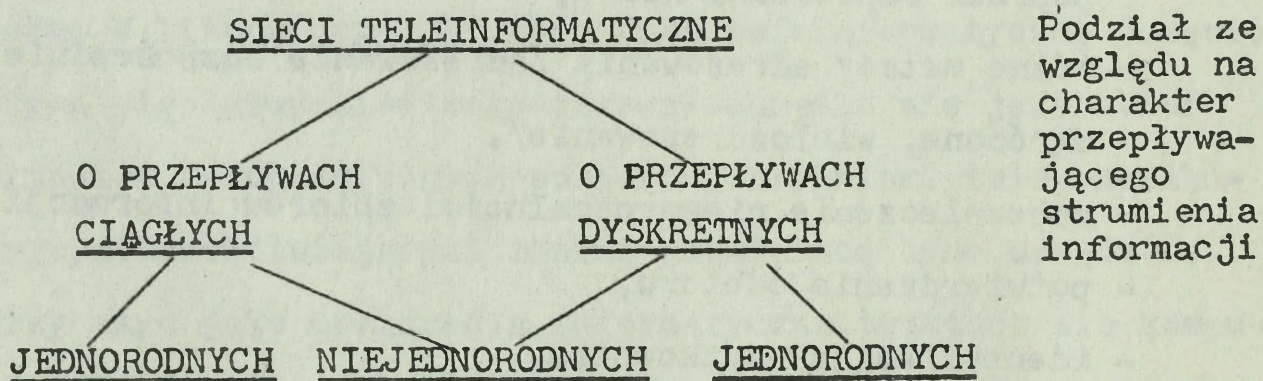
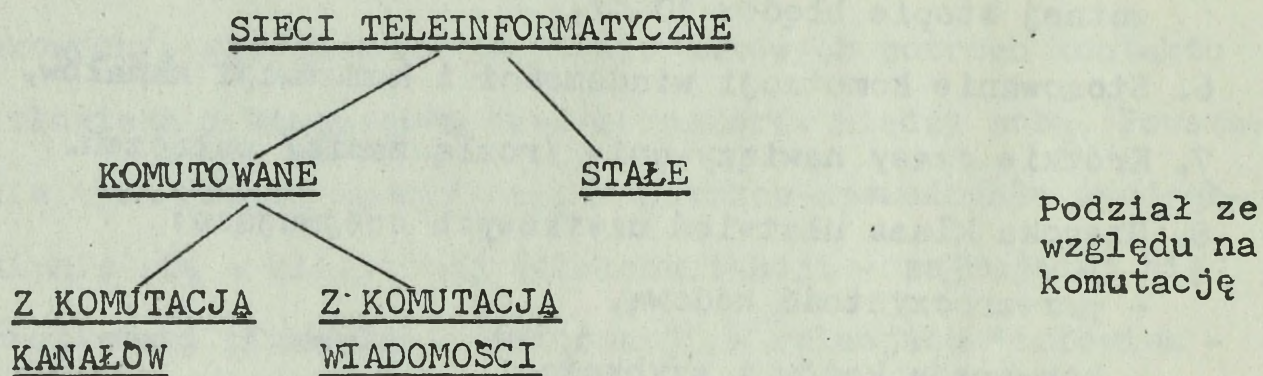
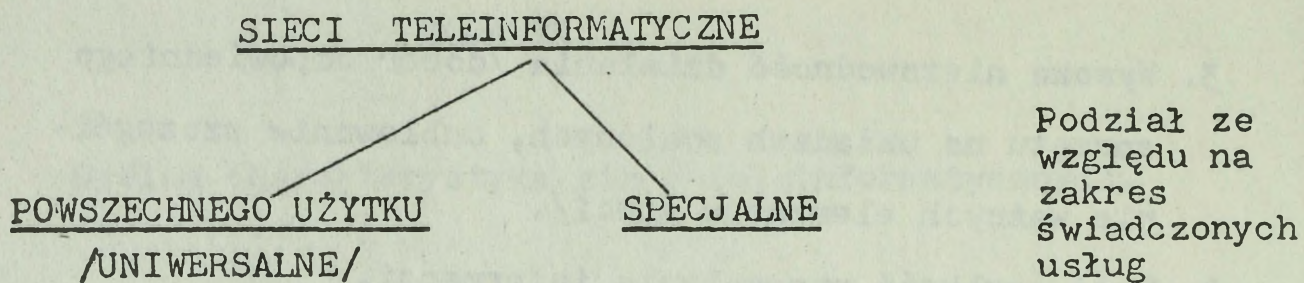
1. Wysoki stopień automatyzacji sieci.
2. Transmisja informacji odbywa się w postaci dyskretnej.

3. Wysoka niezawodność działania /dobór odpowiedniego sprzętu na układach scalonych, dublowanie szczególnie ważnych elementów sieci/.
4. Duża szybkość przesyłania informacji.
5. Wysoka wiarygodność transmisji /do 10^{-9} przy pierwotnej stopie błędów 10^{-3} /.
6. Stosowanie komutacji wiadomości i komutacji kanałów.
7. Krótkie czasy nawiązywania /rozłączania/ połączeń.
8. Szeroka klasa ułatwień użytkowych obejmująca:
 - przezroczystość kodową,
 - konwersję kodów i szybkości,
 - możliwość tworzenia wydzielonych sieci z dostępem poprzez odpowiedni klucz,
 - różne metody adresowania /adresowanie bezpośrednie skrócone, wieloadresowanie/,
 - zabezpieczenie nienaruszalności zbiorów informacji,
 - potwierdzenie odbioru,
 - identyfikacja użytkownika,
 - inne.

Istnieje wiele sposobów podziału sieci na klasy. Najczęściej [56] [71] podziału sieci dokonuje się ze względu na:

- 1/ zakres świadczonych usług /dostępność usług/,
- 2/ komutację stosowaną w sieci,
- 3/ przepływ strumienia informacji,
- 4/ możliwości wymiany informacji w sieci.

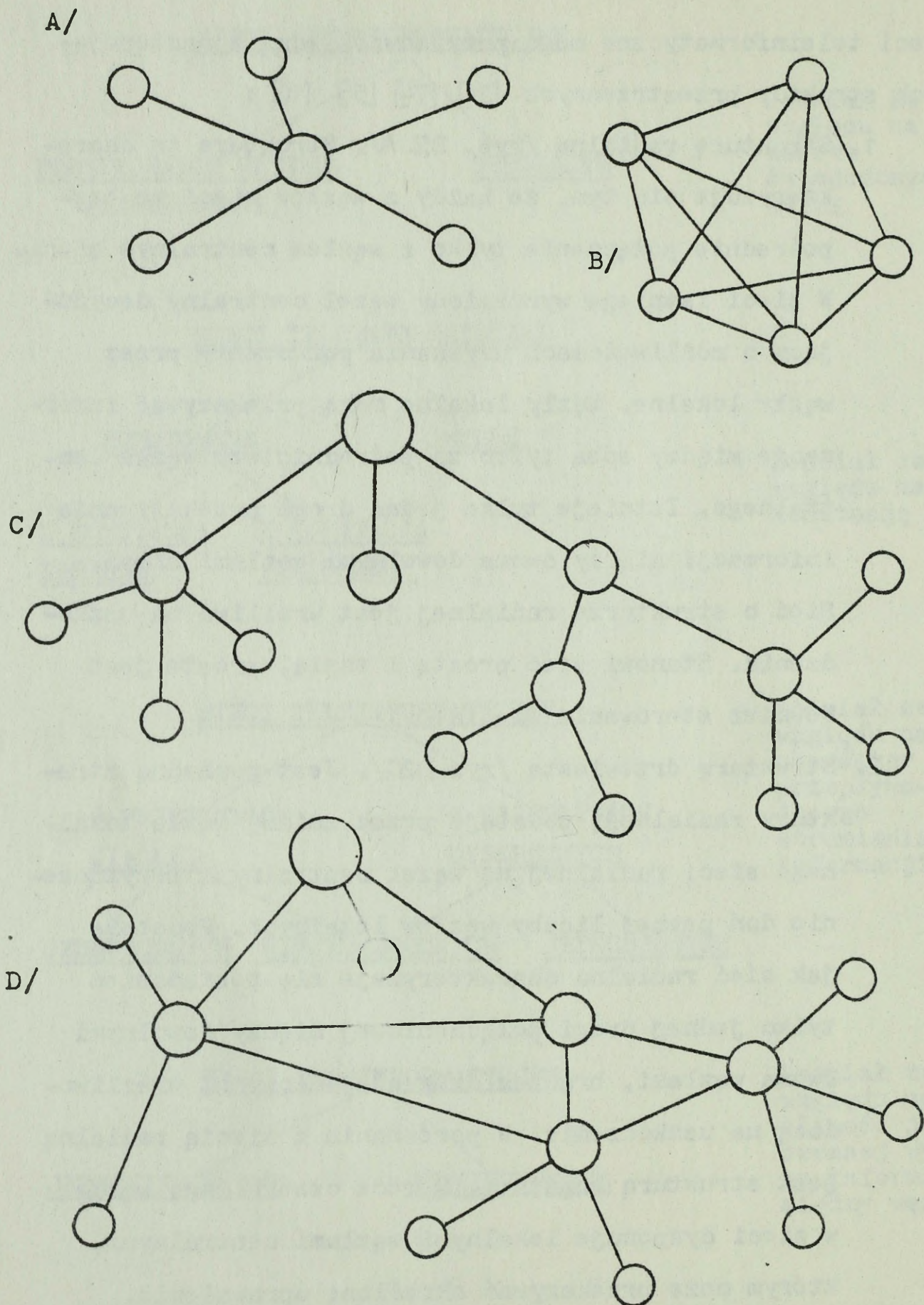
Uzyskany podział sieci teleinformatycznych ilustruje rys. D1



Rys. D 1 Schemat podziału sieci teleinformatycznych.

Sieci teleinformatyczne mogą przyjmować jedną z następujących struktur przestrzennych [71] [74] [56] [10] :

1. Strukturę radialną /rys. D2. A/. Struktura ta charakteryzuje się tym, że każdy z węzłów sieci ma bezpośrednie połączenie tylko z węzłem centralnym sieci. W sieci istnieje wyróżniony węzeł centralny decydujący o możliwościach uzyskania połączenia przez węzły lokalne. Węzły lokalne mogą przekazywać informacje między sobą tylko za pośrednictwem węzła centralnego. Istnieje tylko jedna droga przekazywania informacji między dwoma dowolnymi węzłami sieci. Sieć o strukturze radialnej jest wrażliwa na uszkodzenia. Stanowi sieć prostą i taną, proste jest również sterowanie siecią.
2. Strukturę drzewiastą /rys D2C/. Jest pochodną struktury radialnej, powstaje przez zmianę węzła lokalnego sieci radialnej na węzeł centralny i przyłączenie doń pewnej liczby węzłów lokalnych. Podobnie jak sieć radialna charakteryzuje się posiadaniem tylko jednej drogi połączeniowej między dowolnymi dwoma węzłami, brakiem dróg obejściowych, wrażliwością na uszkodzenia. W porównaniu z siecią radialną jest strukturą bogatszą. Oprócz centralnego węzła w sieci dysponuje lokalnymi węzłami centralnymi, którym może przekazywać określone uprawnienia. Komunikacja pomiędzy węzłami różnych podsieci lokal-



Rys. D 2 Podstawowe struktury przestrzenne sieci teleinformatycznych. A/ sieć o strukturze radialnej, B/ sieć o strukturze wieloboku zupełnego, C/ sieć o strukturze drzewa, D/ sieć o strukturze pętlicowej.

nych odbywa się poprzez ich węzły centralne i węzeł centralny sieci.

3. Strukturę wieloboku zupełnego /rys. D2 b/.

Strukturę tą charakteryzuje:

- brak wyróżnionych węzłów centralnych,
- każdy węzeł sieci ma bezpośrednie połączenie ze wszystkimi innymi węzłami,
- występuje wiele dróg obejściowych dla każdej pary węzłów,
- mała wrażliwość na uszkodzenie dróg połączeniowych,
- duży koszt budowy,
- skomplikowane sterowanie,

4. Strukturę pętlicową /rys. D2 d/. Uzyskuje się ją w efekcie rozbudowy struktury drzewiastej poprzez dodanie połączeń bezpośrednich między niektórymi jej węzłami. Stanowi pewien kompromis między strukturą drzewiastą niezbyt kosztowną lecz wrażliwą na uszkodzenia a strukturą wieloboku niezawodną w działaniu lecz wymagającą dużych nakładów.

Charakteryzuje ją:

- występowanie dróg obejściowych dla niektórych węzłów,
- występowanie tylko jednej drogi połączeniowej dla pewnych węzłów sieci,
- zmniejszenie wrażliwości na uszkodzenia,
- zwiększenie nakładów na sieć /wporównaniu z siecią C/.

Problem określenia struktury przestrzennej sieci, łącznie z problemem określenia struktury technicznej oraz struktury funkcjonalnej sieci, stanowi kompleks zagadnień związanych z budową sieci teleinformatycznych. Wybór ich każdorazowo uzależniony jest od przeznaczenia sieci przewidywanych warunków eksploatacji i stawianych jej wymagań.

LITERATURA

1. AKOF F.: Decyzje optymalne w badaniach stosowanych.
PWN W-wa, 1969 r.
2. AMANOWICZ M.: Symulacja działania systemu przewodowo-
radioliniowego związku taktycznego.
Materiały konferencji IST WAT W-wa, 1976 r.
3. AMANOWICZ M., SIWEK J.: Ocena efektywności wielofazowej
sieci łączności.
Materiały konferencji IST WAT W-wa, 1976 r.
4. ARTAMONOW G.T.: Cyfrowaja wyczislitel'naja maszina kak
sistema massowogo obsluziwanija. Massowoe obsluziwanie
w sistemach peredaczi informacji.
Nauka. Moskwa, 1969 r.
5. BARCZAK A.: Analiza procesów informacyjnych realizowanych
w PZPDO ZT z zastosowaniem metody symulacji cyfrowej.
Rozprawa doktorska ASG WP W-wa, 1976 r.
6. BARTON F.R.: Wprowadzenie do symulacji i gier.
WNT W-wa, 1974 r.
7. BAZELEWICZ E.: Peredacza danych.
Moskwa, 1969 r.
8. BIDZIŃSKI B.: Kierunki doskonalenia dowodzenia dywizją
zmechanizowaną /pancerną/ w polu.
Rozprawa habilitacyjna ASG WP W-wa, 1975 r.

9. BIDZIŃSKI B.: Usprawnienie dowodzenia dywizją i pułkiem w warunkach polowych.
Zbiór prac ASG WP W-wa, 1973 r.
10. DEWIS D., BARBER D.: Seti swiazi dla wycislitelnych maszin.
MIR Moskwa, 1976 r.
11. DOMANOWSKAJA E.: Powyszenie mocznosti reszenia pri optimizacji setej peredaczi danych na stochastycznych modeljach.
Nauka Kazachskoj SSR Auma - Ata, 1976 r.
12. DOMANOWSKAJA E., BERENBOIM: Razwite metoda aktiwnoi adaptacji dla issledowanija i optimizacji informacjonnych seti proizwolnoi konfiguracji. Optimizacja i modelirowanie słożnych sistem.
Nauka Kazachskoj SSR Auma - Ata, 1976 r.
13. EWANS G.W. i inni: Symulacja na maszynach cyfrowych.
WNT W-wa, 1973 r.
14. FILAR W., SIENKIEWICZ P.: Zasady budowy i wykorzystania banku danych na kwatermistrzowskim stanowisku dowodzenia ZT
Zeszyty naukowe ASG WP Nr 2, 1975 r.
15. FLAKOWSKI J.: Rozdział zadań w scentralizowanej sieci komputerowej.
Materiały konferencji INNK WAT W-wa, 1977 r.
16. FLAKOWSKI J., GOGOLEWSKI J., ZNOJKIEWICZ B.: Wybrane problemy projektowania sieci komputerowych.
Materiały konferencji INNK WAT W-wa, 1977 r.

17. FRANCKOWSKI S., KUBICKI W.: Węzeł komunikacyjny sieci komputerowej - zadania, bloki funkcjonalne, algorytmy. Materiały konferencji INNK WAT W-wa, 1977 r.
18. GOŁĄB Z., KOŁCZ S.: Współczesne dowodzenie wojskami. MON W-wa, 1974 r.
19. GORDON G.: Symulacja systemów. WNT W-wa, 1974 r.
20. HELWIG Z.: Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. PWN W-wa, 1975 r.
21. IWANOW D., SAWIELJEW W., SZEMANSKI P.: Zasady dowodzenia wojskami. MON W-wa, 1972 r.
22. JURKIEWICZ E.: Modelowanie i optymalizacja sieci teleinformatycznych. Materiały konferencji "Sieci teleinformatyczne" Gdańsk, 1975 r.
23. KOŁOSOV L.V., CAPKOV: Ob informacjonnom kriterii ocenki efektiwnosti prioritetnogo obslużiwanija zajawok w sistemach zbori i obrabotki danych. Uprawlajuszczie sistemy i masziny Nr 4 1973 r.
24. KLEINROCK L.: Komunikacjonnye seti stochasticeskije potoki i zadierżki soobszczenij. Nauka Moskwa, 1970 r.
25. KOŁODZIŃSKI E., PIETKIEWICZ T.: Adekwatność modeli symu-

lacyjnych.

Materiały konferencji IST WAT W-wa, 1976 r.

26. KOŁODZIŃSKI E., SUSKIEWICZ M.: Charakterystyka metod symulacyjnych stosowanych w badaniach systemowych.
Wojskowy Przegląd Organizacji i Informatyki Nr 1 1974 r.
27. KOŁODZIŃSKI E., SUSKIEWICZ M.: Symulacyjne metody badania systemów masowej obsługi.
Wojskowy Przegląd Organizacji i Informatyki Nr 2 1974 r.
28. KOŁODZIŃSKI E., SUSKIEWICZ M.: Języki symulacyjne do modelowania procesów dyskretnych.
Wojskowy Przegląd Organizacji i Informatyki Nr 3 1974 r.
29. KOŁODZIŃSKI E., SUSKIEWICZ M.: Analiza i organizacja procesu zautomatyzowanego przetwarzania informacji o sytuacji powietrznej.
Rozprawa doktorska. WAT W-wa, 1975 r.
30. KONDRATOWICZ L.: Symulacja cyfrowa w języku CSL.
PWN W-wa, 1974 r.
31. KOWALCZYK Z.: Zastosowanie symulacji w badaniach obiektów i systemów.
Materiały konferencji IST WAT W-wa, 1976 r.
32. KOWALCZYK Z., SAMORAJ J., WARCHOŁ S.: Symulacja działania systemu łączności radiowej.
Materiały konferencji IST WAT W-wa, 1976 r.
33. KOWALCZYK Z.: Modelowanie sieci łączności.
Rozprawa doktorska. WAT W-wa, 1972 r.

34. KOWALCZYK Z., AMANOWICZ M.: Metody oceny urządzeń i systemów łączności.
Materiały konferencji IST WAT W-wa, 1976 r.
35. KUBICKI W.: Wykorzystanie funkcji wartości do sterowania transmisją.
Materiały konferencji INNK W-wa, 1977 r.
36. KURKIEWICZ J., ODOLAK K., ZOŁOTUCHO W.: Protokół sieciowy dla sieci z komutacją pakietów.
Informatyka Nr 3/77.
37. KURKIEWICZ J., ODOLAK K.: Procedury liniowe transmisji danych. Część I i II.
Informatyka Nr 4 i 5/77.
38. KURKIEWICZ J., MICHALAK S.: Przegląd istniejących i projektowanych sieci teleinformatycznych.
Materiały konferencji "Sieci teleinformatyczne"
Gdańsk, 1975 r.
39. KURKIEWICZ J., ODOLAK K., ZOŁOTUCHO W.: Sieć transmisji danych - problemy organizacji i funkcjonowania.
Informatyka Nr 2/77.
40. KURNAL J.: Zarys teorii organizacji i zarządzania.
PWE W-wa, 1970 r.
41. LEWANDOWSKI S.: Wojna elektroniczna według poglądów zachodnich.
ASG WP W-wa, 1975 r.
42. LEWANDOWSKI S.: zasady i sposoby obezwładniania zakłóce-

niami - środki zakłóceń radioelektronicznych, ich charakterystyka i zasady bojowego wykorzystania.

ASG WP W-wa, 1975 r.

43. LESZ M.: Metody symulacyjne - zastosowania techniczno-ekonomiczne.
PWN W-wa, 1977 r.
44. MACKIEWICZ J.: Niektóre problemy łączności i polowych zautomatyzowanych systemów dowodzenia wojskami lądowymi.
Rozprawa doktorska. ASG WP W-wa, 1971 r.
45. MARTIN J.: Wprowadzenie do transmisji danych.
WNT W-wa, 1975 r.
46. MARTIN J.: Przyszłość telekomunikacji.
PWN W-wa, 1975 r.
47. MIZIN I.A.: Peredacza informacjii w setiach s komutacjiei soobszczenii.
Swiaź Moskwa, 1972 r.
48. MRUGAŁA B.: Problem harmonogramowania przepływu pakietów w sieci komputerowej.
Materiały konferencji INNK WAT W-wa, 1977 r.
49. NAYLOR T.H.: Modelowanie cyfrowe systemów ekonomicznych.
PWN W-wa, 1975 r.
50. NOWICKI J.: Zautomatyzowane systemy dowodzenia.
MON W-wa, 1974 r.
51. NOŻKO K.: Zagadnienia współczesnej sztuki wojennej.
MON W-wa, 1973 r.

52. OSZYWA W. i inni: Opracowanie i adaptacja metod wielo-
parametrowej optymalizacji struktury sieci telekomunika-
cyjnej za pomocą ETO.
WAT W-wa, 1972 r.
53. OSZYWA W. i inni: Metody optymalizacji struktury sieci
łączności z alternatywnym kierowaniem ruchu.
WAT W-wa, 1973 r.
54. OPROGRAMOWANIE maszyny cyfrowej WMD - urządzenia tran-
smisji danych.
DP - 0655001-2 ELWRO, 1974 r.
55. ORŁOWSKI H.: Modelowanie cyfrowe.
WNT W-wa, 1974 r.
56. OWCZYNNIKOW W.N.: Organizacja peredaczi informacji
w awtomatizirowannyh systemach uprawlenija.
Energia Moskwa, 1974 r.
57. PANKOW A.: Transmisja danych w systemach łączności
z obiektami ruchomymi.
Materiały konferencji "Sieci teleinformatyczne"
Gdańsk, 1975 r.
58. PERSPEKTYWY i tendencje rozwoju sprzętu łączności.
SzWŁ W-wa, 1976 r.
59. PODSTAWOWE założenia projektu wstępnego eksperymentalno-
użytkowego polowego zautomatyzowanego systemu dowodzenia
związku taktycznego.
ID ASG WP W-wa, 1974 r.
60. POPLAWSKI T.: Metody zwiększania efektywności ekonomi-

cznej polowych systemów łączności.

Materiały konferencji IST WAT W-wa, 1976 r.

61. PROGNOZA problemowa rozwoju do 1995 r. /2005/ w zakresie polowych węzłów łączności.
WIŁ W-wa, 1977 r.
62. PROGNOZA problemowa rozwoju techniki wojskowej do 1995 r. /2005 r./ w zakresie wymagań stawianych środkom systemów łączności i automatyzacji dowodzenia.
WIŁ W-wa, 1977 r.
63. PROGNOZA problemowa rozwoju techniki wojskowej do 1995 r. /2005 r./ w zakresie wozów dowodzenia i wyposażenia punktów dowodzenia.
WIŁ W-wa, 1977 r.
64. PROJEKT koncepcyjny PZSD ZT.
ID ASG WP W-wa, 1972 r.
65. PROJEKT wstępny PZPDO ZT.
ID ASG WP W-wa, 1974 r.
66. REWO L.: Optymalizacja szybkości transmisji danych.
Informatyka Nr 9/76.
67. SALWOWSKI S., SWIATŁOCH K.: Wydawanie sformalizowanych dokumentów bojowych część I.
ID ASG WP W-wa, 1973 r.
68. SALWOWSKI S., SWIATŁOCH K.: Wydawanie sformalizowanych dokumentów bojowych część II.
ID ASG WP W-wa, 1973 r.

69. SALWOWSKI S.: Wstępne propozycje organizacji eksperymentalnego systemu dowodzenia "Cięciwa - D".
ID ASG WP W-wa, 1974 r.
70. SAWKIN W.: Podstawowe zasady sztuki operacyjnej i taktyki.
MON W-wa, 1974 r.
71. SIERADZAN R., PUCHALSKI F., HĄCEL E.: Transmisja danych w systemach informatycznych.
MON W-wa, 1974 r.
72. SOCHACKI J.: Transmisja danych.
Problemy telekomunikacji W-wa, 1966 r.
73. TECHNICZNE systemy transmisji danych w sieciach polowych dla armii ogólnowojskowej.
WAT W-wa, 1967 r.
74. VYSTARKIN J.P.: Seti obmena informacji meźdu EWM.
Nauka Moskwa, 1975 r.
75. WINKOWSKI J.: Programowanie symulacji procesów.
WNT W-wa, 1973 r.
76. WSTĘPNE wymagania taktyczno-techniczne na zestaw urządzeń zdalnego przetwarzania danych.
WTT 364/Łącz.
77. ZACHAROW .: Efektywność sistem swiazi.
Elektroswiaź, 1967 r.
78. ZADANIA realizowane przez wydział operacyjny 4 DZ.
ID ASG WP W-wa, 1972 r.

79. ZADANIA realizowane przez wydział polityczny 4 DZ.
ID ASG WP W-wa, 1972 r.
80. ZADANIA realizowane przez wydział rozpoznania 4DZ.
ID ASG WP W-wa, 1972 r.
81. ZADANIA realizowane przez szefa OPL 4 DZ.
ID ASG WP W-wa, 1972 r.
82. ZADANIA realizowane przez wydział artylerii 4 DZ.
ID ASG WP W-wa, 1972 r.
83. ZADANIA realizowane przez szefa saperów 4 DZ.
ID ASG WP W-wa, 1972 r.
84. ZADANIA realizowane przez szefa zabezpieczenia chemicznego 4 DZ.
ID ASG WP W-wa, 1972 r.
85. ZADANIA realizowane przez wydział łączności 4 DZ.
ID ASG WP W-wa, 1972 r.
86. ZADANIA realizowane przez wydział organizacyjno- ewidencyjny 4 DZ.
ID ASG WP W-wa, 1972 r.
87. ZASADA działania UTD - 3A.
Album 27/6 ELWRO, 1975 r.
88. ZIELIŃSKI R.: Generatory liczb losowych.

Oszacowanie ilości informacji przekazywanych w relacjach
ZT - ZO oraz ZT - Oddział.

Przedstawiona ocena ilości informacji przekazywanych między sztabami oddziału i związku taktycznego oraz związku taktycznego i związku operacyjnego, sporządzona została w oparciu o badania prowadzone przez ID ASG WP w 4 DZ, w których autor uczestniczył. Badania miały na celu zmodelowanie aktualnego stanu systemu dowodzenia ZT. Modelowanie prowadzono w oparciu o metody pracy dowódcy i sztabu dywizji podczas organizacji i prowadzenia działań. Podstawowym rodzajem działań uwzględnianym podczas modelowania było natarcie, uwzględniono również specyfikę działań obronnych oraz działań w warunkach szczególnych.

Zgodnie z procedurą badań modelowanie prowadzili oficerowie ZT o dużym doświadczeniu w pracy sztabów i dowodzeniu w warunkach polowych. Wyniki prac zespołu modelującego, pod względem merytorycznym akceptowane były przez dowództwo okręgu wojskowego.

Zakresem modelowania systemu objęto metodykę pracy sztabu ZT, strukturę opracowania i obiegu informacji, w tym dokumenty wchodzące i wychodzące ze sztabu ZT.

W oparciu o uzyskany materiał [78] [79] [80] [81] [82] [83] [84] [85] [86] można dokonać zestawienia dokumentów napływających do sztabu ZT i wysyłanych zeń z uwzględnieniem ich

objętości, ilości wysyłanych /otrzymywanych/ dokumentów w ciągu doby walki oraz ich formy.

W zestawieniu przyjęto oznaczenia:

- formy dokumentu:

P - dokument w postaci pisemnej /maszynopisu/,

M - dokument w postaci mapy,

K - dokument w postaci kalki,

T - dokument w postaci telegramu,

- nadawcy /odbiorcy/ dokumentu:

A - sztab armii,

ODD - sztab oddziału.

DOKUMENTY WCHODZACE

| LP | Nazwa dokumentu | Nadawca /odbiorca/ | Forma dokumentu | Ilość dokumentów/dobę | Objętość dok. stron |
|----|---|--------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | <u>WYDZIAŁ POLITYCZNY</u> Meldunek sytuacyjny z sekcji politycznej oddziału | ODD | P | 2 | 2 |
| 2 | <u>WYDZIAŁ OPERACYJNY</u> Rozkaz operacyjny d-cy armii do natarcia /do obrony/ /wyciągi z rozkazu/ | A | P | 1 | 6 |
| 3 | Zarządzenie bojowe d-cy armii do natarcia /obrony/ | A | P | 1 | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|-----|-----|---|---|
| 4 | Meldunek bojowy pz /pcz/ w natarciu /obronie/ | ODD | P,K | 2 | 2 |
| 5 | Zadania dywizji na mapie | A | M | 1 | 5 |

WYDZIAŁ ROZPOZNAWCZY

| | | | | | |
|----|---------------------------------|-----|-------|-------|-----|
| 6 | Komunikat rozpoznawczy | A | P,M,K | 1 | 2-3 |
| 7 | Meldunek rozpoznawczy terminowy | ODD | P,M,K | 2 | 1-2 |
| 8 | Meldunek rozpoznawczy doraźny | ODD | P,M,K | W.M.P | 1-2 |
| 9 | Zapotrzebowanie na wiadomości | ODD | P | W.M.P | 1-2 |
| 10 | Zarządzenie wstępne | A | P | 1 | 1-2 |
| 11 | Zarządzenie na rozpoznanie | A | P | 1 | 2-3 |

WYDZIAŁ ŁĄCZNOŚCI

| | | | | | |
|----|--|-----|---|-------|-----|
| 12 | Zarządzenie szefa łączności armii /z załącznikami/ | A | P | 1 | 10 |
| 13 | Meldunek o stanie łączności | ODD | T | 1 | 0,2 |
| 14 | Zapotrzebowanie na sprzęt łączności | ODD | P | W.M.P | 0,2 |

WYDZIAŁ ORGANIZACYJNO - EWIDENCYJNY

| | | | | | |
|----|-----------------------------|-----|---|-------|---|
| 15 | Wykaz strat i braków wg. SW | ODD | P | 1 | 1 |
| 16 | Wykaz grupy uzupełnienia | A | P | W.M.P | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|---|-----|---|-------|---|
| 17 | Meldunek o jeńcach i zdobyczach wojennych | ODD | P | W.M.P | 1 |
| 18 | Meldunek 1 - SB | ODD | P | 1/m | 2 |

SZEF SAPERÓW

| | | | | | |
|----|--|-----|---|-----|-----|
| 19 | Zarządzenie bojowe szefa wojsk inżynieryjnych armii | A | P | 1 | 1-3 |
| 20 | Meldunek bojowy d-cy oddziału /pododdziału/ wojsk inżynieryjnych | ODD | P | 1-3 | 1-3 |

SZEF ZABEZPIECZENIA CHEMICZNEGO

| | | | | | |
|----|---|-----|---|-----|-----|
| 21 | Zarządzenie OPBMAR /wyciąg z zarządzenia szefa wojsk chemicznych armii/ | A | P | 1 | 1-2 |
| 22 | Meldunek terminowy pułku | ODD | P | 1 | 1 |
| 23 | Zapotrzebowanie na sprzęt chemiczny | ODD | P | 1-2 | 0,5 |

DOKUMENTY WYCHODZACE

WYDZIAŁ POLITYCZNY

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| 1 | Meldunek o stanie moralno-politycznym i nastrojach | A | P | 2 | 2 |
|---|--|---|---|---|---|

WYDZIAŁ OPERACYJNY

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|-----|-------|-------|-----|
| 2 | Meldunek bojowy dywizji w natarciu /obronie/ | A | P,M,K | 2 | 2 |
| 3 | Sprawozdanie operacyjne dywizji w natarciu /obronie/ | A | P,M | 1 | 4 |
| 4 | Rozkaz bojowy dywizji do natarcia /obrony/ | ODD | P,M | 1 | 6-7 |
| 5 | Rozkaz bojowy do przegrupowania /marszu/ | ODD | P,M | W.M.P | 6 |
| 6 | Rozkaz bojowy do przegrupowania transportem kolejowym | ODD | P,M | W.M.P | 6 |
| 7 | Rozkaz bojowy dywizji do forsowania przeszkody wodnej | ODD | P,M | 1 | 6 |
| 8 | Zarządzenie wstępne dywizji do natarcia /obrony/ /przegrupowania/ | ODD | P | 1 | 1 |

WYDZIAŁ ROZPOZNAWCZY

| | | | | | |
|----|---------------------------------|-----|-------|-----|-----|
| 9 | Komunikat rozpoznawczy | ODD | P,M,K | 1-2 | 2-3 |
| 10 | Meldunek rozpoznawczy terminowy | A | P,M,K | 1 | 2-3 |
| 11 | Meldunek rozpoznawczy doraźny | A | P,M,K | 3-4 | 1-2 |
| 12 | Zapotrzebowanie na wiadomości | A | P | 2-3 | 1-2 |
| 13 | Zarządzenie na rozpoznanie | ODD | P | 1 | 3-4 |
| 14 | Zarządzenie wstępne | ODD | P | 1 | 1-2 |

WYDZIAŁ ŁĄCZNOŚCI

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--|-----|---|---|-----|
| 15 | Zarządzenie łączności | ODD | P | 1 | 5-8 |
| 16 | Wyciąg z tabeli danych sieci i kierunków radiowych | ODD | P | 1 | 10 |
| 17 | Wyciąg z tabeli danych radioliniowych | ODD | P | 1 | 4 |
| 18 | Tabela sygnałów rozpoznawczych osób funkcyjnych | ODD | P | 1 | 1 |
| 19 | Kryptonimy stacji telefonicznych i adresy | ODD | P | 1 | 1 |
| 20 | Wyciąg z tabeli przydziału częstotliwości KF i UKF oraz danych radiowych | ODD | P | 1 | 0,5 |
| 21 | Meldunki o stanie łączności | A | T | 1 | 0,2 |
| 22 | Zapotrzebowanie na sprzęt i części zamienne | A | T | 1 | 0,2 |

WYDZIAŁ ORGANIZACYJNO-EWIDENCYJNY

| | | | | | |
|----|---|-----|---|-------|-----|
| 23 | Wykaz strat i braków w/g SW | A | P | W.M.P | 1 |
| 24 | Wykaz grupy uzupełnienia | ODD | P | W.M.P | 1 |
| 25 | Meldunek o jeńcach i zdobyczach wojennych | A | P | 1/m | 1 |
| 26 | Meldunek 2 - SB | A | P | 1/m | 4-6 |

SZEF SAPERÓW

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--|-----|-----|-----|-----|
| 27 | Zarządzenie wstępne dla oddziałów i pododdziałów wojsk inżynieryjnych | ODD | P | 1-2 | 1-3 |
| 28 | Zarządzenie bojowe zabezpieczenia inżynieryjnego działań dla oddziałów i pododdziałów inżynieryjnych | ODD | P,T | 1 | 1-2 |
| 29 | Zarządzenie bojowe inżynieryjnego zabezpieczenia działań dla innych rodzajów wojsk | ODD | P | 1 | 1-2 |
| 30 | Meldunek bojowy o stanie wojsk inżynieryjnych | A | P,M | 1 | 1-2 |

SZEF ZABEZPIECZENIA CHEMICZNEGO

| | | | | | |
|----|--|-----|---|-----|-----|
| 31 | Zarządzenie ochrony wojsk przed skażeniami | ODD | P | 1-2 | 1 |
| 32 | Meldunek terminowy /doraźny/ | A | P | 1 | 1-3 |
| 33 | Zapotrzebowanie na sprzęt chemiczny | A | P | 1-2 | 1-2 |

Z przedstawionego zestawienia dokumentów otrzymanych i wysyłanych przez sztab ZT wyznaczono ilości informacji jakie on otrzymuje i wysyła. Ilości te dotyczą okresu jednej doby.

Ilość informacji przekazywanych w relacji określono jako sumę iloczynów objętości dokumentu i krotności jego przesyłania

$$O_r = \sum_i O_i \times n_i$$

| Relacja | Ilość informacji | | Ilość dokumentów w relacji | Średnia objętość dokumentu | |
|------------------|------------------|-----|----------------------------|----------------------------|-------|
| | znak | str | | znaków | stron |
| A → ZT | 46500 | 31 | 10 | 4650 | 3,1 |
| ODD → ZT | 52350 | 35 | 23 | 2380 | 1,58 |
| ZT → A | 60600 | 41 | 22 | 2750 | 1,85 |
| ZT → ODD | 98250 | 66 | 22 | 4460 | 3 |
| SUMARYCZ- NIE | | | | | |
| ZT -- A | 107100 | 72 | | | |
| ZT -- ODD | 150600 | 101 | | | |

W zestawieniu dokumentów wykonanych w ciągu doby walki można wyróżnić cztery przedziały objętości dokumentów.

| Przedział | Wielkość dokumentów stron | Ilość dokumentów |
|-----------|---------------------------|------------------|
| 1 | < 1 | 7 |
| 2 | 1 - 2] | 40 |
| 3 | 2 - 3] | 12 |
| 4 | > 3 | 12 |

Przedstawione w tabeli oszacowanie dokonane zostało przy założeniu, że sztab ZT w okresie wypracowywania decyzji i planowania działań posiada wszystkie niezbędne informacje o stanie, położeniu i działaniu oddziałów i pododdziałów i nie zwaraca się po dodatkowe informacje do sztabów oddziałów i sztabu armii.

Wydrukowano w 15 egz

Egz. nr 1-15 B.Gł.OZS

Wyk. kpt. Salwowski

Druk B.K.

Nr 0936/WW

