



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

TAJNE
Egz. Nr 15

Kpt. mgr inż. Eugeniusz PIEDZIUK

PRZEPUSTOWOŚĆ SIECI ŁĄCZNOŚCI RADIOLINIOWEJ I PRZEWODOWEJ ARMII W OPERACJI ZACZEPNEJ

Rozprawa doktorska

11807

WARSZAWA 1979





AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

TAJNE
Egz. Nr 15

Kpt. mgr inż. Eugeniusz PIEDZIUK

PRZEPUSTOWOŚĆ SIECI ŁĄCZNOŚCI RADIOLINIOWEJ I PRZEWODOWEJ ARMII W OPERACJI ZACZEPNEJ

Rozprawa doktorska

11807

WARSZAWA 1979

A K A D E M I A S Z T A B U G E N E R A L N E G O W P

Do użytku
służbowego
Egz.Nr...15

Prakt. Prot. 320/21.03.015

BIBLIOTEKA NAUKOWA ASG WP
Nr ewid. 9780
(III)
Dział Zbiorów Specjalnych

Kpt.mgr inż.Eugeniusz PIEDZIUK

PRZEPUSTOWOŚĆ SIECI ŁĄCZNOŚCI RADIOLINIOWEJ I PRZEWODOWEJ ARMII W OPERACJI ZACZEPNEJ

Rozprawa doktorska

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
11807
Akademii Obrony Narodowej

Opracowana
pod kierownictwem naukowym

płk.doc.dr.hab.n.w.inż. Tadeusza POPŁAWSKIEGO

WARSZAWA PAŹDZIERNIK 1979 r.

SPIS TRESCI

WSTEP 4

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ 10

I. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU DOWODZENIA WOJSKAMI ARMII 14

1.1. Wymagania stawiane dowodzeniu wojskami armii 14

1.2. Struktura organizacyjno-funkcjonalna systemu dowodzenia wojskami armii 17

1.3. Charakterystyka przekazywanych informacji w systemie dowodzenia wojskami armii 32

II. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU ŁĄCZNOSCI ARMII W OPERACJI ZACZEPNEJ 40

2.1. Wymagania stawiane systemowi łączności armii 40

2.2. Struktury organizacyjne systemów łączności armii 45

2.3. Organizacja sieci łączności radioliniowej i przewodowej osiowo-przestrzennego systemu łączności armii 55

2.4. Czynniki określające zakres wykorzystania sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii w procesie przesyłania informacji 67

III. METODY BADANIA PRZEPUSTOWOSCI SIECI ŁĄCZNOSCI RADIOLINIOWEJ I PRZEWODOWEJ ARMII 80

3.1. Charakterystyka metod badania sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii 80

3.2. Wybrane metody analityczne badania przepustowości sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii 92

3.3. Wykorzystanie symulacji komputerowej do badania przepustowości sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii 109

3.3.1. Istota symulacji komputerowej jako metody badania systemów łączności 108

3.3.2. Model informacyjno-funkcjonalny sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii /opis formalny . 114

3.3.3. Charakterystyka założeń modelu sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii 127

3.3.4. Opis algorytmu symulacyjnego sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii 138

IV. OCENA PRZEPUSTOWOSCI SIECI ŁACZNOSCI RADIOLINIOWEJ I PRZEWODOWEJ ARMII 142

4.1. Analiza przepustowości sieci łączności radioliniowej i przewodowej dokonana na podstawie wyników badań symulacyjnych 142

4.2. Wnioski dotyczące badania i usprawnienia systemu łączności radioliniowej i przewodowej armii 188

ZAŁACZNIKI :

1. Schemat łączności radioliniowej i przewodowej armii w operacji zaczepnej /wariant/wklejka po str.196

2. Schemat blokowy programu symulacyjnego sieci łączności 197

3. Zestawienie numerów wydruków badania symulacyjnego 198

4. Zestawienie numerów kolejek,relacji i węzłów łączności /Wariant 1/ 199

5 - 14 Wyniki eksperymentu symulacyjnego /Wariant 1/ 200

15. Zestawienie numerów kolejek,relacji i węzłów łączności /Wariant 2/ 230

16-25 Wyniki eksperymentu symulacyjnego /Wariant 2/ 231

[illegible] programu,dane wyjściowe i wyniki obliczeń wydano oddzielne opracowanie tylko do egz.1 / ..

[illegible] 261

WSTĘP

Wzrost ilości informacji we wszystkich obszarach i płaszczyznach ludzkiej działalności spowodował, że informacja obok materii i energii traktowana jest współcześnie jako trzeci podstawowy element otaczającej nas rzeczywistości. Rola informacji uległa również istotnemu przewartościowaniu w wojskowych systemach dowodzenia. System dowodzenia traktowany jest jako zbiór elementów wewnętrznie skoordynowanych i współpracujących ze sobą dla osiągnięcia założonego celu. System dowodzenia jest układem złożonym, którego sprawność funkcjonowania w zasadniczym stopniu decyduje o powodzeniu w działaniach bojowych. Doskonalenie systemu dowodzenia armii i dostosowanie go do wymagań współczesnego i przewidywanego charakteru walki wymaga między innymi konstruowania i wprowadzania do wyposażenia wojsk nowoczesnych technicznych środków dowodzenia.

Przyszłe pole walki charakteryzować będzie wyjątkowa złożoność sytuacji. Ogromna siła współczesnych środków rażenia i zastosowanie w wojskach dużej ilości nowoczesnej techniki, wprowadziły jakościowo nowe poglądy w teorii i praktyce dowodzenia. Proces dowodzenia jest procesem decyzyjno-informacyjnym. Najistotniejszym elementem dowodzenia jest decydowanie o najwłaściwszym i najekonomiczniejszym wykorzystaniu ludzi, broni i sprzętu zarówno w szkoleniu jak i działaniach bojowych. Aby sprostać temu zadaniu niezbędne jest zdobywanie, gromadzenie, przesyłanie i przetwarzania informacji, podejmowanie na ich podstawie odpowiednich decyzji, przekazywanie tych decyzji wykonawcom, zapewnienie warunków ich realizacji oraz kontrolowanie jakości ich wykonania.

"Integralną część procesu dowodzenia stanowią procesy informacyjne, które realizowane są w obszarze funkcjonowania podsystemu informacyjnego określonego systemu dowodzenia. System informacyjny stanowi pewien zorganizowany kompleks środków technicznych wraz z obsługującą go kadrą, którego podstawowym zadaniem jest pobieranie, przechowywanie, przesyłanie, przetwarzanie i rozpowszechnianie lub wydawanie informacji zgodnie z wymaganiami narzuconymi przez użytkowników systemu". 1/

Przytoczona definicja systemu informacyjnego wskazuje, że jego bazą materialną i techniczną jest przede wszystkim system łączności określonego szczebla dowodzenia, rozumiany jako zespół węzłów łączności, stanowisk dowodzenia, pomocniczych węzłów łączności, punktów retranslacyjnych i linii łączności armii oraz węzłów łączności stanowisk dowodzenia podległych związków i oddziałów, których funkcjonowanie powinno odpowiadać potrzebom dowodzenia, charakterowi operacji i wykonywanym przez wojska zadaniom.

Problemem o zasadniczym znaczeniu w procesie dowodzenia jest walka o czas. Szybkość reagowania dowództw i sztabów na zmiany zachodzące na polu walki stanowi jedną z głównych cech współczesnego dowodzenia. Wzrost przestrzennego rozmachu operacji i wysoka aktywność działań bojowych z całą ich złożonością, spowodowały gwałtowny wzrost ilości informacji napływających do systemu dowodzenia. Wzrostowi ilości informacji towarzyszy z jednej strony większa częstotliwość przekazywania, przyjmowania i przetwarzania informacji, a z drugiej strony znaczne skracanie czasu przeznaczonego na jej opracowanie podyktowane wymogami współczesnego i przewidywanego pola walki. Mimo wielu usprawnień realizowanych w płaszczyźnie organizacyj-

---

1/ Kulikowski J.L. "Teoretyczne podstawy organizacji systemów informatycznych", T.XV,Z. 4 1970 r.

nej,metodologicznej,technicznej i technologicznej organa dowodzenia nie zawsze otrzymują informacje zapewniające operatywne dowodzenie.Jedną z wielu przyczyn takiego stanu rzeczy jest fakt,że stosowane obecnie téchniczne środki łączności,jak również organizowany system łączności armii,z punktu widzenia niezawodności i skrytości działania oraz przepustowości kanałów łączności,nie zawsze będzie w pełni odpowiadał potrzebom i wymaganiom stawianym dowodzeniu na współczesnym polu walki.

Doskonalenie systemu łączności jest obecnie problemem wymagającym racjonalnego i zdecydowanego rozwiązania.Zagadnienia z tym związane znajdują się w centrum zainteresowania współczesnych armii świata.Z punktu widzenia zapewnienia wymaganej przepustowości szczególne znaczenie mieć będzie sieć łączności radioliniowej i przewodowej armii.Jest ona podstawowym elementem systemu łączności armii.Od jej możliwości oraz sposobów wykorzystania zależeć będzie w głównej mierze skuteczność funkcjonowania całego systemu łączności armii.Wobec powyższego słusznym wydaje się rozpatrzenie problemu: w jakim stopniu aktualnie organizowana sieć łączności radioliniowej i przewodowej zabezpiecza potrzeby informacyjne użytkowników systemu dowodzenia armii w operacji zaczepnej oraz jakie istnieją możliwości w zakresie zwiększenia jej przepustowości.

Celem rozprawy jest określenie przepustowości i możliwości efektywnego wykorzystania sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii w operacji zaczepnej jak również opracowanie użytecznej metody jej badania.Przebadanie sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii w operacji zaczepnej z uwzględnieniem wymagań i warunków,jakie stwarza współczesne pole walki ze względu na różnorodność i objętość przesyłanych informacji jest zagadnieniem złożonym.

Charakterystyki i atrybuty przeważającej ilości informacji przesyłanych w systemie łączności mają charakter losowy.Realizacja procesów takich jak: proces komutacji łączy,proces transmisji informacji,proces dezaktualizacji informacji,proces uszkodzeń systemu łączności oraz trudność odtwarzania rzeczywistych warunków,w jakich funkcjonować będzie system łączności armii,skłaniają do stosowania metody symulacji komputerowej. Przeprowadzone dotychczas badania różnych systemów z zastosowaniem metody symulacji komputerowej wskazują,że metoda ta może być z powodzeniem zastosowana do badania systemów łączności. Metoda symulacji komputerowej pozwoli odtworzyć możliwie dokładnie rzeczywiste warunki działania systemu łączności,umożliwi analizę jego funkcjonowania z uwzględninieniem dynamiki zmian oraz szczegółową ocenę na podstawie wybranych kryteriów.

Wymienione procesy losowe można ująć kompleksowo metodą analityczną.Jednak rozwiązanie podstawowych zależności opisujących zachowanie się systemu,za pomocą znanego aparatu matematycznego,jest mało efektywne.Metody analityczne pozwalają na badanie systemu przede wszystkim w stanie statycznym.Najbardziej korzystne rezultaty uzyskuje się na drodze badania systemów opierając się na obu wymienionych metodach,to znaczy:analitycznej i symulacji komputerowej.W pracy scharakteryzowano niektóre z wybranych metod analitycznych i wskazano na możliwości wykorzystania ich do badania przepustowości sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii.

Wyniki badania sieci łączności radioliniowej i przewodowej dla użytkowników systemu dowodzenia mogą stanowić narzędzie oceny skuteczności funkcjonowania całego systemu łączności armii.Natomiast eksploatatorom i organizatorom pozwolą na bieżąco usprawniać i korygować jego strukturę techniczną i orga-

nizacyjną. Słuchaczom akademii, wyniki pracy mogą służyć jako jeszcze jedna z metod oceny systemu dowodzenia i łączności armii. Przeprowadzone badania pozwolą także ocenić przepustowość aktualnie organizowanej sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii w operacji zaczepnej, jak również sprecyzować wnioski dotyczące kierunków jej rozwoju i sposobu wykorzystania w konwencjonalnym oraz perspektywicznym polowym zautomatyzowanym systemie dowodzenia.

Problematykę dotyczącą przepustowości sieci łączności przedstawiono w czterech rozdziałach.

W rozdziale pierwszym uwzględniając wymagania stawiane dowodzeniu scharakteryzowano strukturę organizacyjno-funkcjonalną systemu dowodzenia wojskami armii oraz przekazywane w nim informacje.

W rozdziale drugim dokonano analizy struktur organizacyjnych systemów łączności, które mogą być rozwijane na szczeblach operacyjnych oraz określono stawiane im wymagania z punktu widzenia potrzeb dowodzenia wojskami armii . Szczegółowo opisano strukturę organizacyjno-techniczną sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii oraz zwrócono uwagę na niektóre czynniki ograniczające jej wykorzystanie w procesie dowodzenia.

W rozdziale trzecim przedstawiono metody badania systemów łączności oraz scharakteryzowano wybrane metody analityczne badania przepustowości sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii. Szczegółowo opisano metodę symulacji komputerowej, jako metodę badania przepustowości sieci łączności radioliniowej i przewodowej. Przedstawiono model informacyjno-funkcjonalny sieci łączności. Sformułowano i sprecyzowano założenia wstępne modelu oraz wskaźniki oceny przepustowości sieci łączności. Przedstawiono schemat blokowy algorytmu symulacyjnego wraz z opisem realizowanych przez niego funkcji,

W rozdziale czwartym dokonano analizy wyników badań symulacyjnych,przedstawiono uogólnione wnioski dotyczące zastosowania metody symulacji komputerowej w zakresie badania przepustowości sieci łączności radioliniowej i przewodowej oraz wskazano na sposoby wykorzystania wyników badań w celu usprawnienia pracy systemu i zastosowania ich zarówno w istniejących,jak i perspektywicznych systemach łączności.

Pragnę złożyć podziękowanie promotorowi płk.doc.dr.hab. n.w.inż.Tadeuszowi POPŁAWSKIEMU - za merytoryczne kierowanie rozprawą,płk.dr.inż.Zygmuntowi KOWALCZYKOWI,płk.dr.Józefowi MACKIEWICZOWI,kpt.mgr.inż.Markowi AMANOWICZOWI - za pomoc w rozwiązywaniu niektórych zagadnień rozprawy.

Składam również podziękowanie Szefostwu Wojsk Łączności MON i Katedrze Taktyki Wojsk Łączności ASG WP - za udzieloną pomoc i stworzenie warunków do realizacji podjętego tematu.

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

a_{ix} - gałąź łącząca węzły

B - macierz pojemności gałęzi

$B_{/t/}$ - stan systemu łączności

b_{ij} - pojemność gałęzi

$\mathbb{C}$ - zbiór stanów w których mogą znajdować się kanały łącz.

$\bar{\mathbb{C}}_{/t/}$ - zbiór określający stany wszystkich kanałów łączności w dowolnej chwili czasu "t"

C_o - kanał łączności jest sprawny i nie zajęty

c_1 - kanał łączności jest niesprawny

c_2 - kanał łączności jest zajęty

D - macierz dyspersyjna

$\mathbb{D}$ - zbiór miejsc realizacji zadań w systemie łączności

D_a - bezwzględna zdolność przepustowa sieci

D_o - względna zdolność przepustowa sieci

$\bar{\mathbb{D}}_{/t/}$ - zbiór stanów wszystkich zadań - stan systemu łączności w płaszczyźnie informacyjnej

d - odległość między stacjami r/l lub aparatowniami łączności dalekosiężnej

d_o - zadanie nie zostało zgłoszone do realizacji

d_1 - zadanie zostało zrealizowane

d_2 - zadanie zostało zgłoszone i znajduje się w kolejce

d_3 - zadanie jest realizowane

d_4 - zadanie jest przesyłane

d_5 - zadanie zostało zdezaktualizowane

d_k^i - miejsce przebywania informacji w systemie

E_e - nakłady ekonomiczne

F - dystrybuanta zmiennej losowej

$\tilde{F}$ - zbiór funkcji opisanych na łukach grafu

$\mathcal{F}$ - zbiór funkcji opisanych na wierzchołkach grafu

$\mathbb{F}$ - zbiór dystrybuant zmiennych losowych

$\mathcal{F}^1$ - struktura przestrzenna węzłów łączności

G - graf struktury sieci łączności

G_s - zysk anteny stacji zakłócającej

G_z - zysk energetyczny anteny stacji zakłócającej

I - liczba wiadomości przekazywanych w czasie pracy systemu

$I_{r,p}$ - ilość stacji r/l lub aparatowni dalekosiężnych

J - ilość produkcji systemu łączności

k - ilość zgłoszeń

l - długość osi radioliniowej lub przewodowej

L - odległość na jaką przekazywana jest wiadomość

$\mathbb{L}$ - macierz odległości rozpatrywanej sieci

l_{ix} - długość gałęzi łączącej węzły

L^{kmax} - macierz najkrótszych dróg

$Ł_{ij}$ - zbiór gałęzi rozdzielających sieć

Ł - zbiór łuków /linii łączności/

M - współczynnik zależny od typu anteny

$\mathbb{M}$ - zmodyfikowana macierz długości

μ_k - ilość występujących kanałów

μ_o - ilość niezależnych obserwacji zmiennej losowej

μ_w - ilość przekazywanych wiadomości

P - priorytet zadania

$\hat{P}$ - zmienna losowa wyróżnionych wartości priorytetu

P_s - moc zakłócanej stacji radioliniowej

P_{str} - prawdopodobieństwo straty zgłoszenia

P_t - prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości

P_z - moc stacji zakłócającej

Q_l - sumaryczna wartość kolejki

$Q_{śr}$ - średnia długość kolejki

r - liczba relacji

r_z - odległość między zakłócanymi stacjami radioliniowymi

R - odległość nadajnika zakłócającego od odbiornika zakłócanej stacji

$\hat{R}$ - zmienna losowa numerów relacji przesyłania informacji

S - odchylenie standartowe

$\mathcal{S}$ - struktura sieci łączności

S_p - powierzchnia anteny

S_{je} - przekrój sieci

S^2 - wariancja

T_{ocz} - średni czas oczekiwania na przekazanie wiadomości

$\hat{T}$ - zmienna losowa czasu zgłoszenia na realizację zadania

$\bar{T}_{pob}$ - czas pobytu wiadomości w systemie

$\bar{T}_{prz}$ - średni czas przekazywania wiadomości

$\bar{T}_r$ - średni czas pobytu wiadomości w n-tej relacji

t_d - czas dezaktualizacji wiadomości

t_{ef} - czas efektywnego przekazania wiadomości

t_{ocz} - czas oczekiwania wiadomości w kolejce

t_{pob} - czas pobytu wiadomości/w systemie/i-tej

$t_{poł}$ - czas niezbędny do połączenia abonentów

t_{prz} - czas przekazywania i-tej wiadomości w systemie

t_{sym} - czas trwania symulacji

t_z - czas sumaryczny zajętości kanału

U_{iN} - najkrótsza droga od dowolnego węzła

$U_{\alpha/2}$ - wielkość odczytywana z tablic rozkładu "t" Studenta

V_γ - wartość przekroju sieci

w - wskaźnik efektywności funkcjonowania systemu

$\mathcal{W}$ - zbiór węzłów łączności

$\mathcal{X}$ - zbiór punktów terenowych określających położenie węzłów łączności

x - węzeł łączności

$\bar{x}$ - estymator wartości średniej

x_i - zmienna losowa wartości wyników n-tej obserwacji

Z - zbiór zależnościpomiędzy elementami sieci łączności

z_{ob} - liczba terminowo przekazywanych wiadomości

z_z - liczba zdezaktualizowanych wiadomości

β - współczynnik wagowy

γ - efektywność ekonomiczna

$\varkappa$ - współczynnik wykorzystania kanału łączności

Λ - intensywność strumienia zgłoszeń w sieci

λ - intensywność strumienia zgłoszeń w relacji

μ - intensywność przekazywania wiadomości

φ - strumień pomiędzy węzłami

I. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU DOWODZENIA WOJSKAMI ARMII W OPERACJI ZACZEPNEJ

1.1. Wymagania stawiane dowodzeniu wojskami armii

Dowodzenie wojskami to celowa działalność dowódcy sztabu i innych organów dowodzenia w zakresie przygotowania działań bojowych i kierowania wysiłków wojsk na pomyślne wykonanie zadania bojowego w toku walki, przez uzyskiwanie i studiowanie danych o sytuacji, podejmowanie decyzji stosowanie do tej sytuacji oraz przekazywanie zadań wykonawcom. 2/

Istota dowodzenia wyraża się więc w ciągłym i zorganizowanym oddziaływaniu dowódcy i sztabu na podległe wojska w celu wykonania zadania bojowego z najmniejszymi stratami i w czasie nakazanym przez przełożonego.

Dowodzenie, stanowiąc ciągły proces informacyjny, polega na zbieraniu, przechowywaniu, przetwarzaniu /opracowywaniu/ i przekazywaniu informacji, organizowaniu działań bojowych i kierowaniu działalnością wojsk.3/ Wzrastające możliwości ogniowe i manewrowe środków prowadzenia walki, stawiają nowe, coraz wyższe wymagania w zakresie dowodzenia wojskami.

We współczesnych warunkach z uwagi na szybki rozwój walki i możliwości częstych zmian sytuacji, dowodzenie wojskami należy tak organizować, aby cały proces - od zdobywania informacji do przekazywania zadań wykonawcom - był jak najkrótszy i wysoce sprawny.

2/ D. Iwanow, P.Sawieliejew, P.Szemański - Zasady dowodzenia wojskami, Warszawa 1973, str.30 .

3/ Gołąb Z., St. Kołcz - Współczesne dowodzenie wojskami, W-wa 1974 str. 28.

Dowodzenie, jako proces informacyjny będzie przede wszystkim uzależnione od sprawnego obiegu informacji pomiędzy organami i szczeblami dowodzenia. W związku z tym dowodzenie wojskami armii powinno być jak najbardziej operatywne, ciągłe, stanowcze, elastyczne i skryte.

Istnienie broni masowego rażenia, a szczególnie broni rakietowo-jądrowej, zmusza dowódców i organy dowodzenia do utrzymania wojsk w stałej gotowości bojowej, aby mogły one natychmiast przystąpić do realizacji zadań bojowych tak w chwili wybuchu wojny, jak i w toku jej prowadzenia.

Częste zmiany położenia i wysokie tempo działań wojsk spowodują, że czas na organizację walki będzie bardzo krótki.

Zwiększony zasięg i szybkość działania środków rażenia zwiększyły również głębokość zadań bojowych i poszerzyły pasy działania wojsk, a mianowicie w operacji armijnej wynoszą :

- szerokość pasa natarcia od 60 do 100 km ,
- głębokość zadania bliższego od 100 do 150 km ,
- głębokość zadania dalszego od 150 do 200 km ,
- głębokość całej operacji 250-350 km . 4/

Spowoduje wzrost źródeł informacji dotyczących położenia i działania wojsk własnych oraz przeciwnika.

Skuteczność dowodzenia wojskami w tych warunkach zależeć będzie od szybkiego i dokładnego zbierania, przetwarzania i przekazywania dużej ilości informacji. Dlatego też jednym z ważniejszych wymagań stawianych dowodzeniu wojskami jest wysoka operatywność pracy dowództw i sztabów.

Istotę tej operatywności stanowić będzie podejmowanie decyzji i organizacja działań w takim czasie, aby jak najskutecz-

---

4/ "Niektóre dane dotyczące organizacji wojsk,pojęć oraz norm operacyjno-taktycznych" ASG WP 1976

niej zapewnić wykonanie postawionego zadania bojowego.

Działania bojowe będą przebiegały dynamicznie i gwałtownie, z dużym rozmachem przestrzennym. W związku z tym organa dowodzenia znajdować się będą często w ruchu. Ponadto będą narażone na działanie broni rakietowo-jądrowej oraz oddziaływanie środków wojny radioelektronicznej, co wpłynie ujemnie na dowodzenie wojskami armii. Utrata dowodzenia wojskami, nawet na krótki okres czasu, może spowodować niewykonanie zadania bojowego./14,26,54,57,58,75,91/

Dlatego też szczególnego znaczenia nabiera ciągłość dowodzenia, którą osiąga się między innymi poprzez zapewnienie jego żywotności i zdolności szybkiego przystosowania się do powstałych zmian sytuacji bojowej.

Żywotność dowodzenia w dużym stopniu zależeć będzie od odpowiedniego rozmieszczenia stanowisk dowodzenia i węzłów łączności, sprawnego ich przesuwania i należytego maskowania w toku działań oraz wyposażenia dowództw i sztabów w odpowiednie techniczne środki dowodzenia, a szczególnie techniczne środki łączności.

Z uwagi na użycie broni masowego rażenia i stosowanie dużych ilości różnych rodzajów wojsk, walczące strony mogą ponieść znaczne straty, jak również doznać urazów moralnych i psychicznych. Dlatego też koniecznością staje się kształtowanie cech moralnych i silnej woli dowódców i oficerów sztabów wszystkich szczebli dowodzenia.

W takich sytuacjach istotnego znaczenia nabiera zagadnienie stanowczości dowodzenia wojskami. Wyrazem stanowczości między innymi będzie dążenie do wykonania otrzymanego zadania w nakazanym czasie, poprzez podejmowanie śmiałych decyzji i wcielanie ich w życie.

Zmiany w sytuacji bojowej zachodzące na polu walki zmuszać będą dowódców i sztaby do korygowania lub podejmowania nowych decyzji, a przez to do wprowadzania zmian w systemie dowodzenia wojskami.

W związku z tym dowodzenie wojskami powinno być także elastyczne. Oznacza to, między innymi, umiejętność dowódców i sztabów dostosowanie systemu dowodzenia do nowych warunków, co zapewni osiągnięcie zamierzonego celu walki.

Dowodzenie nie spełni swych zadań jeżeli nie będzie zachowana skrytość jego funkcjonowania. Skrytość dowodzenia wojskami ma na celu zachowanie w tajemnicy przed przeciwnikiem wszystkich przedsięwzięć dotyczących procesu obiegu informacji, a szczególnie rozmieszczenia stanowisk dowodzenia oraz węzłów łączności.

Doświadczenia ostatnich konfliktów zbrojnych oraz przeprowadzone ćwiczenia z wojskami, wskazują na duże możliwości przeprowadzenia rozpoznania przez nieprzyjaciela, a szczególnie rozpoznania radioelektronicznego. Dlatego też przeciwdziałanie rozpoznaniu przez nieprzyjaciela jest szczególnie ważnym zadaniem. Można je realizować poprzez odpowiednie wykorzystanie technicznych środków dowodzenia i łączności, skrócenie do minimum czasu przekazywania informacji, przestrzeganie zasad tajnego dowodzenia, a także stosowanie urządzeń do utajniania informacji, przesyłanych za pomocą technicznych środków łączności.

1.2. Struktura organizacyjno-funkcjonalna systemu dowodzenia wojskami armii

We współczesnej nauce i technice bardzo często stosuje się pojęcie "system". Pojęcie to wywodzi się z nauk matematycznych, między innymi z teorii mnogości i logiki matematycznej. Jedno-

cześnie w szeregu dyscyplinach, a w tym i nauce wojennej, czynione są próby określenia systemu stosownie do swoich potrzeb i wymagań.

Najogólniej rzecz biorąc, przez system rozumie się zbiór elementów składowych nazwanych obiektami, powiązanych ze sobą i realizujących pewne funkcje w określony sposób. 5/

System dowodzenia wojskami obejmuje ustaloną organizację organów i stanowisk dowodzenia, odpowiednio rozmieszczonych w terenie w celu zapewnienia dowodzenia za pomocą technicznych środków dowodzenia, a przede wszystkim technicznych środków łączności, która stanowią jego materialną bazę.

Wojska, jako obiekt dowodzenia stanowią złożony system z hierarchicznie ustawionych związków, oddziałów i pododdziałów rodzajów wojsk i służb, różniących się przeznaczeniem, sposobami działania, organizacją i uzbrojeniem. Każda jednostka organizacyjna w tym ogólnym systemie stanowi pewnego rodzaju podsystem, powiązany z nadrzędnym i podrzędnym podsystemem. Ta stopniowość podporządkowania systemu dowodzenia pozwala na stosowanie uporządkowanego obiegu informacji, co stanowi istotę systemu dowodzenia wojskami. /7,20,28,43,54,59,60/

System dowodzenia wojskami jest zatem złożonym,dynamicznym połączeniem wzajemnie powiązanych w określonym porządku organów i stanowisk dowodzenia z ich strukturą i wyposażeniem technicznym oraz z wzajemnymi stosunkami i metodami pracy osób funkcyjnych.

Działalność organów i stanowisk dowodzenia podporządkowana jest jednemu celowi i skierowana na utrzymanie wysokiej gotowości bojowej wojsk, wszechstronną organizację i zabezpieczenie działań bojowych oraz dokładne wykonanie przez podległe

---

5/ K. Gałkowski, E. Szlachcic - Teoria systemów, Wrocław 1975, str. 4 .

wojska postawionego im zadania bojowego.

Zasadniczymi komponentami systemu dowodzenia są osoby funkcyjne organów dowodzenia, stanowiska dowodzenia oraz techniczne środki dowodzenia zapewniające prawidłowe jego funckjonowanie. Poprawne funkcjonowanie systemu dowodzenia wojskami uzależnione jest od spełnienia ogólnych wymagań stawianych dowodzeniu, a ponadto od niezawodności i efektywności działania oraz jego mobilności.

Niezawodność działania systemu dowodzenia określa jego zdolność do zapewnienia dowodzenia wojskami w najbardziej skomplikowanych sytuacjach bojowych, na przykład : przejęcie dowodzenia przez inne stanowiska dowodzenia, zapewnienia dowodzenia w warunkach zmasowanych uderzeń broni jądrowej, w ruchu itp. .

Efektywność działania systemu dowodzenia będzie wysoka wówczas, gdy wojska posiadanymi środkami wykonają zadanie w. określonym czasie i zachowają zdolność bojową do prowadzenia dalszych działań.

Mobilność systemu dowodzenia oznacza jego zdolność do szybkiego przemieszczania się za ugrupowaniem wojsk i zapewnienia dowodzenia w ruchu. Uwarunkowana ona jest między innymi wyposażeniem stanowisk i organów dowodzenia w wysokosprawne techniczne środki dowodzenia.

Strukturę systemu dowodzenia oraz jego działanie należy rozpatrywać od strony organizacyjnej, funkcjonalnej i technicznej. Strona organizacyjna określa strukturę organów i stanowisk dowodzenia. Strona funkcjonalna określa działalność osób funkcyjnych, zgodnie z ich obowiązkami i współzależnościami pomiędzy organami dowodzenia. Strona techniczna określa techniczne środki wykorzystywane do dowodzenia wojskami.

W skład organów dowodzenia armii wchodzą :

- dowództwo armii,
- zarząd polityczny,
- sztab armii,
- szefostwo wojsk rakietowych i artylerii,
- szefostwo wojsk obrony przeciwlotniczej,
- szefostwo wojsk inżynieryjnych,
- szefostwo wojsk chemicznych,
- oddział kadr,
- prokuratura armii,
- sąd armii.

Do kierowania tyłami armii są oddzielne organa dowodzenia.

Dowódca armii dowodzi podległymi wojskami i ponosi pełną odpowiedzialność za wykonanie przez nie postawionych zadań. W swej działalności opiera się on na sztabie i pozostałych organach dowodzenia, które pomagają mu organizować działania bojowe i kierować wojskami w toku walki.

Sztab armii jest zasadniczym organem dowodzenia, przy pomocy którego dowódca dowodzi podległymi związkami i oddziałami.

Sztab realizuje następujące zadania :

- zapewnia utrzymanie wysokiego stanu moralno-politycznego wojsk i stałej gotowości bojowej,
- zdobywa i studiuje dane o sytuacji operacyjno-taktycznej oraz przedstawia je dowódcy we właściwym czasie i formie, aby mógł on jak najszybciej podjąć decyzję,
- zgodnie z zamiarem dowódcy planuje działania bojowe, organizuje dowodzenie, współdziałanie, zabezpieczenie działań bojowych i służbę porządkowo-ochronną,
- organizuje współdziałanie pomiędzy poszczególnymi oddziałami, wydziałami, szefami służb /osobami funkcyjnymi/,

- kieruje pracą podległych organów dowodzenia.

Szef sztabu jest organizatorem pracy dowództwa i przełożonym osób funkcyjnych sztabu.

W strukturze organizacyjnej sztabu armii wyodrębnia się następujące oddziały :

- oddział operacyjny,
- oddział rozpoznawczy,
- oddział organizacyjny i uzupełnień,
- szefostwo wojsk łączności,
- wydział topograficzny,
- wydział polityczny,
- wydział informatyki,
- kancelarię sztabu.

Szefowie rodzajów wojsk i służb wraz z podległymi oficerami ponoszą pełną odpowiedzialność za powierzoną im dziedzinę pracy w zakresie dowodzenia, za stan podległych im rodzajów wojsk, służb i wykonanie przez nie zadań bojowych. Swoje obowiązki spełniają oni zgodnie z decyzją dowódcy, a działanie podległych im sił i środków uzgadniają ze sztabem ogólnowojskowym.

Organa zarządzania tyłami armii przeznaczone są do kierowania pracą jednostek tyłowych.

W skład tych organów wchodzą :

- szef tyłów /zastępca dowódcy armii/,
- wydział polityczny,
- sztab tyłów armii,
- oddział służby zdrowia,
- oddział komunikacji wojskowej,
- służby kwatermistrzowskie,
- służby techniczne,
- wydział finansów.

Armia ogólnowojskowa może składać się z 4 do 6 dywizji, w tym jedna do dwóch pancernych,brygady rakiet operacyjno-taktycznych,brygady artylerii,pułku artylerii przeciwpancernej,pułku rakiet przeciwlotniczych,do dwuch puków artylerii artylerii przeciwlotniczej średniego kalibru,brygady saperów, brygady chemicznej,pułku pontonowego i innych oddziałów i pododdziałów wojsk inżynieryjnych,artylerii,chemicznych,łączności, rozpoznania,regulacji ruchu,a także jednostek i urządzeń tyłowych.

Skład bojowy armii nie jest stały i w toku operacji zaczepnej,może ulegać zmianom np.:mogą być podporządkowane armii nowe związki taktyczne z odwodu frontu,skierowane związki taktyczne do odwodu frontu itp.

Armia może być wzmocniona: artylerią,jednostkami wojsk inżynieryjnych,chemicznych,wojsk walki radioelektronicznej i innymi.W celu zapewnienia ciągłego dowodzenia wymienionymi wojskami wchodzącymi w skład armii z organów dowodzenia oraz oddziałów i pododdziałów łączności organizuje się odpowiednie stanowiska dowodzenia.

Stanowiska dowodzenia-to określone siły i środki organów dowodzenia,oddziałów i pododdziałów łączności oraz obsługi,rozmieszczone w terenie w celu zapewnienia dowodzenia wojskami.Ciągłe i sprawne dowodzenie wojskami zapewnia się między innymi,poprzez odpowiednią ilość stanowisk dowodzenia, prawidłową ich organizację oraz właściwe ich rozmieszczenie i przesuwanie w toku operacji.

Są to problemy złożone,szczególnie w przypadku prowadzenia wojny jądrowej i dezorganizacji systemu dowodzenia i łączności.Aby można było w tych warunkach zachować ciągłość dowodzenia wojskami,wszystkie stanowiska dowodzenia i węzły łączności oraz cały system dowodzenia i łączności powinna cechować duża żywotność,a także wysoka sprawność organiza-

cyjna.Zniszczenie jednego ze stanowisk dowodzenia /węzła łączności/ nie może stać się przyczyną dezorganizacji systemu dowodzenia i powstawania przerw w kierowaniu wojskami.

Podczas ustalania stanowisk dowodzenia i określania systemu łączności,należy brać pod uwagę:

- zapewnienie ciągłości dowodzenia wojskami w warunkach zmasowanych uderzeń jądrowych nieprzyjaciela;
- rozśrodkowanie stanowisk dowodzenia i węzłów łączności,aby wykluczyć możliwość ich obezwładnienia jednym uderzeniem jądrowym;
- zapewnienie scentralizowanego dowodzenia związkami, oddziałami armii wykonującymi wspólne zadanie wynikłe w toku bitwy;
- stworzenie możliwości równoległego i szybkiego zbierania danych o sytuacji bojowej przez SD i ZSD oraz równoczesnego przekazywania rozkazów i zarządzeń wykonawcom;
- organizowanie stanowisk dowodzenia i węzłów łączności zdolnych do zapewnienia dowodzenia wojskami w ruchu w działaniach rozwijanych na dużą głębokość.

Ciągłe i sprawne dowodzenie wojskami armii w każdej sytuacji bojowej wymaga:

- zorganizowania odpowiedniej ilości stanowisk dowodzenia,
- ustalenia sposobów organizowania i utrzymywania łączności,
- zapewnienia właściwego wykorzystania wszystkich rodzajów łączności,
- określenia sposobu przejęcia dowodzenia wojskami w wypadku zniszczenia zasadniczego stanowiska dowodzenia.

Aby stanowiska dowodzenia odpowiadały swemu przeznaczeniu, powinny być ruchliwe, nieduże liczebnie, wyposażone w nowoczesne środki dowodzenia i łączności oraz zapewniać normalne warunki do pracy i wypoczynku ludzi.

Ruchliwość stanowisk dowodzenia zależy jednak od składu i możliwości środków transportu będących w ich wyposażeniu. Stanowiska dowodzenia nadmiernie rozbudowane wymagają dużo czasu na ich rozwinięcia i przesunięcie, co obniża ich ruchliwość. Dlatego też stanowiska dowodzenia powinny posiadać niezbędne organa dowodzenia, stosować najlepsze metody pracy oraz mieć niezbyt duże liczebnie pododdziały obsługi i zabezpieczenia.

W celu zapewnienia dowodzenia wojskami armii w operacji zaczepnej organizuje się : stanowisko dowodzenia /SD/, zapasowe stanowisko dowodzenia /ZSD/, tyłowe stanowisko dowodzenia /KSD/, wysunięte stanowisko dowodzenia /WSD/. 6/ Ponadto w określonych sytuacjach może być organizowane pomocnicze stanowisko dowodzenia /PSD/. /5,14,20,54,55,58,81,91/

Wymienione stanowiska dowodzenia posiadają określone przeznaczenie, jednak we współczesnych działaniach bojowych wymagane jest zapewnienie wzajemnej zamiany funkcji poszczególnych stanowisk dowodzenia, aby w wypadku zniszczenia jednego z nich jego funkcję mogło przejąć inne stanowisko dowodzenia.

Stanowisko dowodzenia jest zasadniczym punktem dowodzenia z którego dowódca i sztab armii realizuje dowodzenie wojskami. Na stanowisku dowodzenia znajduje się zasadniczy skład sztabu zarządu politycznego armii, szefowie rodzajów służb i wojsk wraz ze swymi organami dowodzenia, grupa operacyjna sztabu

---

6/ W perspektywie przyjmuje się, że WSD będzie organizowane doraźnie, według potrzeb dowódcy armii.

tyłów armii, przedstawiciele współdziałających wojsk, a także oddziały, pododdziały obsługi i zabezpieczenia.

Stanowisko dowodzenia armii rozwija się na takich kierunkach i w takiej odległości od linii styczności wojsk, aby móc najlepiej dowodzić związkami i oddziałami pierwszego rzutu operacyjnego, wojskami rakietowymi, drugim rzutem /odwodami/, a także skąd najlepiej zapewnić ciągłość działania łączności.

Stanowisko dowodzenia armii powinno znajdować się w rejonie zapewniającym dogodne warunki maskowania i bezpieczeństwa, a przede wszystkim z dala od prawdopodobnych obiektów napadu jądrowego nieprzyjaciela, takich jak np. : większe zgrupowanie wojsk, ważniejsze węzły komunikacyjne, ważniejsze urządzenia tyłowe itp. Należy także unikać dużych kompleksów leśnych. Las wprawdzie zapewnia ukrycie i maskowania dowództw i sztabów, jednak po stwierdzeniu przez nieprzyjaciela obecności wojsk, może stać się przedmiotem uderzenia broni jądrowej lub środków zapalających, narażając tym samym na niebezpieczeństwo ludzi i sprzęt, a także utrudniając jego wyprowadzenie. Rozmieszczenie stanowisk dowodzenia w dużym lesie jest także niedogodne z punktu widzenia organizacji łączności, ponieważ ogranicza zasięg niektórych środków łączności oraz sprzyja powstawaniu zakłóceń w ich pracy.

Najodpowiedniejszym miejscem do rozmieszczenia stanowiska dowodzenia może być skraj lasu, małe miejscowości lub teren stwarzający naturalne warunki maskowania i ukrycia, np. : wąwozy, jary itp.

Przy posiadaniu wystarczającej ilości czasu, powinny być budowane urządzenia inżynieryjne do ukrycia ludzi, środków dowodzenia i transportu. Konieczność zapewnienia sprawnej organizacji pracy wymaga aby stanowisko dowodzenia rozmieszczać w sposób rozśrodkowany nawet w kilku sektorach.

Stanowisko dowodzenia armii należy rozmieszczać na kierunku działania głównego zgrupowania armii, pomiędzy jej pierwszym a drugim rzutem operacyjnym. Odległość stanowiska dowodzenia armii od linii styczności walczących wojsk może być w granicach 30 do 40 km., a przesuwa się w toku operacji raz na dobę.

Zapasowe stanowisko dowodzenia organizuje się równolegle ze stanowiskiem dowodzenia armii i powinno być zawsze w gotowości do przejęcia dowodzenia wojskami armii w przypadku zniszczenia stanowiska dowodzenia, a także w czasie jego przesunięcia do nowego rejonu rozmieszczenia. Zapasowe stanowisko dowodzenia rozmieszcza się w odległości 5 do 10 km od stanowiska dowodzenia i przesuwa się również raz na dobę.

Tyłowe stanowisko dowodzenia organizuje się w celu zapewnienia i kierowania pracą jednostek tyłowych armii. Rozmieszcza się je w rejonie zapewniającym trwałe utrzymanie łączności z jednostkami tyłowymi, stanowiskiem dowodzenia armii, tyłowym stanowiskiem dowodzenia przełożonego oraz tyłowymi stanowiskami podległych związków i oddziałów w odległości od 10 do 15 km od stanowiska dowodzenia armii.

Wysunięte stanowisko dowodzenia organizuje się w celu przybliżenia organów dowodzenia do wojsk pierwszego rzutu i zwiększenia żywotności systemu dowodzenia. Z wysuniętego stanowiska dowodzenia dowodzi się związkami i oddziałami działającymi na głównym kierunku uderzenia. Rozmieszcza się je w odległości 15 do 20 km od linii styczności walczących wojsk, a w toku operacji przesuwa się 1-2 razy na dobę.

Pomocnicze stanowisko dowodzenia może być organizowane dla dowodzenia wojskami działającymi na oddzielnym kierunku /rejonie/ w odległości od 20 do 30 km od linii styczności walczących wojsk. Na pomocniczym stanowisku dowodzenia znajdują się wyznaczeni oficerowie sztabu armii, szefostw rodzajów wojsk

i służb, a także pododdziały łączności i obsługi. Może być ono również przeznaczone do przejęcia dowodzenia w razie zniszczenia stanowiska dowodzenia lub zapasowego stanowiska dowodzenia, a niekiedy również do udzielenia pomocy w kierowaniu wojskami, szczególnie podczas likwidacji skutków uderzeń jądrowych.

Ważne znaczenie dla zachowania sprawnego i ciągłego dowodzenia w toku operacji ma właściwa organizacja przesunięć stanowisk dowodzenia. Przesuwanie poszczególnych stanowisk dowodzenia w odpowiednim czasie oraz skoordynowanie ich przesunięć w ramach systemu dowodzenia armii, stanowi zasadniczy warunnek utrzymania ciągłości działania łączności. Każda przerwa spowodowana dużym oddaleniem punktów dowodzenia powinna wskazywać na konieczność jego przesunięcia w nowy rejon - bliżej walczących wojsk.

Zasadniczy wpływ na przesunięcie stanowisk dowodzenia ma tempo działań wojsk, rodzaj wykorzystywanych środków łączności, czas przebywania w dotychczasowym rejonie rozmieszczenia oraz stopień zagrożenia ze strony nieprzyjaciela.

Z uwagi na wysokie tempo działań bojowych, istotne znaczenie w zapewnieniu ciągłości dowodzenia wojskami ma zdolność stanowisk dowodzenia do pracy w ruchu. Stanowiska dowodzenia armii wyposażone są obecnie w środki transportowe o dużej zdolności pokonywania trudnodostępnych terenów oraz w nowoczesne środki łączności, zdolne do pracy w ruchu.

Podczas przesuwania stanowisk dowodzenia należy zwracać uwagę na przestrzeganie następujących zasad :

- nie dopuszczać do pozostawania stanowisk dowodzenia w tyle za walczącymi wojskami,
- przesuwać oddzielnie grupę mobilną i zasadniczą stanowiska dowodzenia oraz pododdziały zabezpieczenia,

- przesuwać stanowisko dowodzenia możliwie szybko, skrycie i po wydzielonej drodze marszu,
- rozpoczynać przesunięcie stanowiska dowodzenia po postawieniu wojskom zadań bojowych i w określonej kolejności,
- meldować o gotowości przesunięcia stanowiska dowodzenia sztabowi przełożonemu i po jego zgodzie oraz zorganizowaniu łączności z nowego rejonu rozpoczynać przesuwanie,
- wyznaczyć każdemu przesuwającemu się zespołowi miejsce w kolumnie,
- wyznaczyć miejsce do ewentualnego zatrzymania kolumny na drodze marszu w celu nawiązania łączności i wymiany informacji.

W operacji zaczepnej armii system stanowisk dowodzenia powinna cechować szczególnie wysoka żywotność. Osiąga się ją przez odpowiednie rozmieszczenie, przesunięcie, maskowanie, rozbudowę inżynieryjną, obronę przeciwlotniczą i ochronę stanowisk dowodzenia oraz szybkie odtwarzanie ich zdolności po uderzeniach nieprzyjaciela./7,8,26,33,35,72,82/

Ciągłość i sprawność dowodzenia wojskami zależy nie od atruktury organów i stanowisk dowodzenia, ale także w znacznym stopniu od stanu i poziomu technicznych środków dowodzenia, które stanowią materialną bazę systemu dowodzenia. Wyposażenie stanowisk dowodzenia w nowoczesne techniczne środki dowodzenia, odpowiadające potrzebom organów dowodzenia, stwarza odpowiednie warunki funkcjonowania całego systemu dowodzenia.

Techniczne środki dowodzenia ze względu na przeznaczenie i charakter ich pracy można podzielić następująco :

a/ środki zdobywania informacji;

b/ środki przekazywania informacji;

- środki łączności,
- urządzenia transmisji danych,

c/ środki zobrazowania informacji;

d/ środki przetwarzania informacji;

- środki małej i średniej mechanizacji,
- środki dużej mechanizacji,
- środki elektroniczne,

e/ środki dowódczo-sztabowe.

Środki zdobywania informacji służą do uzyskiwania danych o wojskach przeciwnika, własnych, sytuacji powietrznej i chemicznej, meteorologicznej i innych. Do środków tych zalicza się: stacje radiolokacyjne, urządzenia noktowizyjne, przyrządy do rozpoznania skażeń promieniotwórczych i chemicznych, przyrządy do obserwacji wzrokowej, środki rozpoznania dźwiękowego, urządzenia telewizyjne, nawigacyjne i środki rozpoznania meteorologicznego.

Środki przekazywania informacji są najważniejszymi środkami dowodzenia. Od ich stanu ilościowego i technicznego zależy przede wszystkim trwałość i ciągłość łączności pomiędzy poszczególnymi elementami dowodzenia. Do środków tych zaliczamy : środki radiowe, radioliniowe, przewodowe, wojskowej poczty polowej i sygnalizacyjne.

Środki radiowe zapewniają ciągłą i szybką łączność w najbardziej trudnych warunkach pola walki i stanowią jeden z podstawowych środków w dowodzeniu wojskami na szczeblach taktycznych. Natomiast na szczeblu armii spełniają pomocniczą rolę w systemie łączności. Są one wrażliwe na zakłócenia radiowe przeciwnika, jak również nie w pełni gwarantują skrytości przekazywania informacji.

Środki radioliniowe są podstawowymi środkami łączności na szczeblu armii zapewniają one dupleksową, wielokanałową łączność telefoniczną i telegraficzną, głównie na postoju stanowisk dowodzenia. Za pomocą środków radioliniowych można zestawiać samodzielne łącza radioliniowe oraz wydłużać kierunki przewodowe jak również zdalnie sterować nadajnikami radiostacji średniej i dużej mocy. Dzięki zastosowaniu anten o kierunkowym promieniowaniu i stosunkowo dużym zysku energetycznym zapewniają one łączność na duże odległości przy małej mocy urządzeń nadawczych.

Środki przewodowe nie utraciły swego znaczenie we współczesnych warunkach prowadzenia działań bojowych. Zapewniają one wysoką jakość kanałów łączności, możliwość prowadzenia bezpośrednich rozmów oraz są mało wrażliwe na rozpoznanie i różnego rodzaju zakłócenia nieprzyjaciela. Wadą ich jest to, że są wrażliwe na uderzenia jądrowe i ogniowe oddziaływanie przeciwnika, a także potrzebują dużej ilości sił i czasu na zorganizowanie łączności.

Środki wojskowej poczty polowej, a zwłaszcza śmigłowce i samochody znajdują szerokie zastosowanie we wszystkich rodzajach działań bojowych, szczególnie przy przekazywaniu i dostarczaniu dokumentów bojowych, przesyłek pocztowych i prasy.

Środki zobrazowania informacji służą do zapisów rozkazów, zarządzeń i innych informacji oraz do powielenia dokumentów. Należą do nich: drukarki, maszyny do pisania, urządzenia fotokinematograficzne, dyktafony, magnetofony, projektory, urządzenia reprodukujące i inne.

Środki przetwarzania informacji zapewniają dowódcy i oficerom sztabu możliwość szybkiego przygotowania danych do powzięcia decyzji. Do środków tych zalicza się: najprostsze przyrządy kalkulacyjno-obliczeniowe, maszyny do liczenia i elektroniczne maszyny cyfrowe.

Środki dowódczo-sztabowe są przeznaczone przede wszystkim do zapewnienia łączności w ruchu. Ponadto służą one do rozmieszczenia i przesunięcia organów dowodzenia oraz pracy i odpoczynku określonych osób funkcyjnych tych organów. Zalicza się do nich wozy dowodzenia, powietrzne elementy dowodzenia i pojazdy specjalne.

Jednym z warunków zapewnienia ciągłości, operatywności i skrytości dowodzenia wojskami jest wyposażenie stanowisk dowodzenia w jak najbardziej nowoczesne techniczne środki łączności. Powinny one być niezawodne w eksploatacji, proste w obsłudze, zapewniać sprawne dowodzenie na postoju i w ruchu, w warunkach szybko zmieniającej się sytuacji oraz zakłóceń radioelektronicznych ze strony przeciwnika.

1.3. Charakterystyka przekazywanej informacji w systemie dowodzenia wojskami armii

Niezbędnym warunkiem zapewnienia sprawnego dowodzenia wojskami oraz dostosowania go, w razie potrzeby, do nowo powstałej sytuacji - jest stała znajomość położenia wojsk własnych i nieprzyjaciela oraz szybkie reagowanie na zmiany zachodzące na polu walki. Tylko aktualne dane o położeniu wojsk własnych i przeciwnika stanowią podstawę do właściwej oceny sytuacji i podejmowania odpowiednich decyzji.

W dowodzeniu wojskami stanowiącym ciągły proces informacyjny występują następujące etapy :

- zbieranie informacji o położeniu, działaniu i możliwościach wojsk własnych i nieprzyjaciela;
- opracowanie i analiza zebranej informacji w celu oceny sytuacji oraz możliwości bojowych wojsk własnych i przeciwnika;
- przekazanie podjętej decyzji wykonawcom i kontrola jej realizacji.

Istotnym czynnikiem systemu dowodzenia wojskami armii mającym wpływ na organizację systemu łączności, jest obieg informacji wynikający z powiązań organizacyjnych i charakteru informacji, to znaczy jej jakości i ilości oraz częstotliwości wymiany. Jakość i objętość informacji z kolei warunkuje ilość, rodzaj środków i kanałów łączności w poszczególnych ogniwach dowodzenia.

System łączności w operacji zaczepnej armii powinien zapewniać wymianę informacji:

- dowódcy i sztabowi armii z dowódcą i sztabem frontu /przełożonym/ oraz z dowódcami i sztabami podległych związków taktycznych,

- szefom rodzajów wojsk i służb armii z ich przełożonymi i podwładnymi szefami oraz z podległymi związkami i oddziałami rodzajów wojsk,
- w zakresie kierowania uderzeniami wojsk rakietowych i artylerii armii,
- w zakresie kierowania obroną przeciwlotniczą armii,
- w zakresie kierowania organami i elementami rozpoznawczymi armii,
- między stanowiskami dowodzenia armii oraz wewnątrz tych stanowisk /pomiędzy komórkami organizacyjnymi dowództwa i sztabu armii/,
- z organami,jednostkami i sztabem armii,a innymi rodzajami sił zbrojnych i wojsk /lotnictwo,marynarka wojenna,desanty operacyjne/ oraz słsiadami naszej armii,
- w ramach współdziałania pomiędzy elementami ugrupowania operacyjnego armii,
- w zakresie powiadamiania wojsk armii o zagrożeniu kosmicznym,powietrznym,jądrowym,chemicznym,itp.

W poszczególnych okresach operacji zaczepnej armii,ilość informacji i częstotliwość jej wymiany będzie różna.Szczególnie informacje przesyłane w takich okresach jak:przełamywanie strefy taktycznej obrony nieprzyjaciela,forsowania szerokich przeszkód wodnych,odpierania przeciwuderzeń dużych sił nieprzyjaciela,prowadzenie bitwy spotkaniowej,wykonywanie zmasowanych uderzeń jądrowych na siły nieprzyjaciela,likwidacja skutków uderzeń jądrowych nieprzyjaciela,prowadzenia działań okrążających,spotkanie z innymi związkami i podczas przekazywania zadań bojowych na następny kolejny dzień operacji,itp. wymagają wielokanałowej i trwałej łączności.

Duża ilość różnorodnego sprzętu i środków walki znajdujących się na wyposażeniu wojsk, spowodowała znaczne zwiększenie ilości informacji niezbędnych do podejmowania decyzji. Szczególne znaczenie będą mieć informacje dotyczące : środków broni masowego rażenia, sytuacji powietrznej i chemicznej, działania desantów itp.

Nieznajomość sytuacji lub otrzymanie przez sztab danych nie odpowiadających rzeczywistości, a szczególnie opóźnionych może doprowadzić do tego, że każde działanie i przeciwdziałanie nieprzyjaciela będzie stanowić dla nacierającego zaskoczenie, a nieaktualne wiadomości mogą wywrzeć ujemny wpływ na treść decyzji podejmowanej przez dowódcę armii.

Wraz ze zwiększeniem ilości niezbędnych informacji, zmniejsza się czas na ich zbieranie i opracowywanie. W warunkach gdy zachodzi potrzeba natychmiastowego podjęcia decyzji, zwłaszcza o użyciu broni jądrowej, ważniejsze informacje o położeniu i możliwościach wojsk własnych i nieprzyjaciela muszą napływać do sztabu armii w zasadzie bez przerwy, bowiem opóźnione decyzje mogą pociągnąć za sobą nieobliczalne następstwa.

Dlatego też, zbieranie i gromadzenie, przetwarzanie i przesyłanie informacji jest podstawowym atrybutem procesu dowodzenia, natomiast głównym czynnikiem determinującym jego wartość jest czas.

Umiejętność szybkiej analizy sytuacji, wybieranie z ogromnej ilości napływających informacji, danych podstawowych, mających istotne znaczenie do podjęcia decyzji przez dowódcę, to zasadnicza cecha operatywności pracy sztabu armii.

Dlatego też zachodzi konieczność klasyfikacji informacji pod względem jej wartości. Na wartość informacji składają się dwa elementy: stopień ważności informacji oraz czas jej aktual-

ności. 7/

Czas aktualności informacji jest to czas, po którego upływie reakcja na daną informację bądź nie da rezultatów, bądź też będzie ona mniejsza od przewidywanej. Z punktu widzenia potrzeb operacyjno-taktycznych informacje można klasyfikować między innymi ze względu na :

- stopień ważności informacji;
- stopień pilności, czyli czasu w którym informacja powinna dotrzeć do adresata;
- drogi przekazywania informacji od źródeł do adresata.

Stopień pilności informacji skorelowany ze stopniem ważności wiąże się z czasem pełnego jej obiegu. Czas pełnego obiegu informacji jest sumą czasów trwania wszystkich operacji wykonywanych od momentu jej zdobycia lub otrzymania do chwili jej przetworzenia i przekazania w formie decyzji bezpośredniemu wykonawcy zadania bojowego. 8/

Olbrzymia ilość informacji przy ograniczonej pojemności środków ich przekazywania i przetwarzania oraz ograniczonych możliwościach zużytkowania przez odbiorców, stwarza konieczność klasyfikacji informacji z punktu widzenia stopnia ich pilności na: alarmowe, pilne, zwykłe. 9/

Zgodnie z obowiązującymi zasadami w Siłach Zbrojnych PRL, 10/ informacje /telegramy, sygnały/ w zależności od ich ważności i pilności dzielą się na : "Powietrze", "Pilne państwowe", "Samolot",

---

7/ B. Bidziński: Kierunki doskonalenia dowodzenia dywizją zmechanizowaną /pancerną/ w polu. ASG 1975,s.54.

8/ Tamże.

9/ W "Jedinaja pierspiektywnaja koncepcija postrojenija automatizirowannoj sistiemy uprawlienija suchoputnymi wojskami w zwienie diwizija-armia-front", Moskwa 1974,s. - przyjęto podział informacji na trzy kategorie: I-stopnia pilności, II-stopnia pilności, III-stopnia pilności. Odpowiada to podziałowi informacji na : alarmowe, pilne i zwykłe.

10/ "Przepisy prowadzenia korespondencji telegraficznej i telefonicznej", Warszawa 1963 s. 16;
"Przepisy korespondencji radiowej" Warszawa 1967 s. 7.

"Poza kolejnością", "Promień", "Ratunek", "Pilne", "Zwykłe". Informacje te nadaje się według podanej kolejności z przerywaniem nadawania i odbioru pozostałych informacji znajdujących się niżej w klasyfikacji. Jednak, ze względu na stosunkowo mały udział procentowy informacji o najwyższym stopniu pilności przekazywanych w systemie łączności armii, jak również dla prostoty i jasności rozważań w pracy określa się informacje: "Powietrze", "Pilne państwowe", "Samolot", "Poza kolejnością", "Promień", "Ratunek" - jako alarmowe.

Informacjami alarmowymi będą takie informacje, które wymagają natychmiastowej reakcji, ze strony adresata. Do informacji tych można zaliczyć: dane o broni jądrowej i środkach jej przenoszenia, o przygotowaniu nieprzyjaciela do wykonania uderzenia bronią masowego rażenia, o skutkach uderzeń jądrowych wykonywanych przez przeciwnika lub wojska własne, pojawieniu się wojsk rakietowych i lotnictwa, desantach powietrznych, nagłych zmianach w sytuacji wojsk własnych i sąsiadów, skażeniu terenu, przeszkodach wodnych, utracie zdolności bojowej oddziałów itp.

Informacje alarmowe przekazuje się bepośrednio od źródła informacji do dowódcy lub oficerów sztabu natychmiast poza wszelką kolejnością, a czas ich obiegu nie powinien przekraczać 10 - 15 minut. 11/

Informacjami pilnymi będą wszystkie niezbędne informacje dla podjęcia decyzji i dowodzenia wojskami.

Do informacji pilnych należą: meldunki i zarządzenia o położeniu, charakterze działań, stanie wojsk własnych i nieprzyjaciela, meldunki o możliwości wprowadzenia do walki nowych oddziałów nieprzyjaciela, bazach zaopatrzeniowych, punktach przygotowania broni rakietowo-jądrowej, zarządzenia bojowe dotyczące wykonania zadań w ograniczonym czasie, zabezpieczenia działań

11/ Ogólne wymagania operacyjno-organizacyjno-funkcjonalne na polowy techniczny system dowodzenia /kierowania/ wojskami frontu. Warszawa 1975 str. 7.

wojsk itp.

Informacje pilne przekazuje się po przekazaniu informacji alarmowych, a czas ich obiegu nie powinien przekraczać od 20-30 minut. 12/

Do informacji zwykłych należą pozostałe informacje, występujące w procesie dowodzenia, które nie zostały określone rodzajem ważności i pilności. Mogą one być przekazywane w dalszej kolejności, a czas ich obiegu nie powinien przekraczać 60 do 90 minut. 13/

Zapewnienie ciągłości obiegu informacji uzależnione będzie od drogi przekazywania. Wymaga to stosowania sposobów i środków jej przekazywania.

Do najważniejszych z nich można zaliczyć:

- styczność osobistą dowódcy lub oficera sztabu z podwładnymi lub innymi odbiorcami informacji,
- przesyłanie przez techniczne środki łączności,
- przekazywanie dokumentów w formie pisemnej, graficznej, taśm magnetofonowych i innych,
- sygnały dźwiękowe i wzrokowe.

Przekazywanie informacji osobiście przez dowódcę lub oficera sztabu zapewnia właściwe jej zrozumienie, wyjaśnienie wątpliwości oraz dużą skrytość. Jednak ze względu na charakter współczesnych działań bojowych, sposób ten nie jest możliwy do zastosowania na szeroką skalę, a tylko w niektórych wybranych fragmentach operacji. Dlatego też w operacji zaczepnej armii większość informacji będzie przesyłana przez techniczne środki łączności, z wykorzystaniem urządzeń : szyfrujących, kodujących, utajniających i transmisji danych oraz sformalizowanych dokumentów, tabel rozmównicznych i sygnałowych.

12/ Tamże

13/ Tamże

Za pomocą technicznych środków łączności informacje mogą być przekazywane w postaci pisemnej lub graficznej oraz rozmów bezpośrednich.

Graficzna forma przesyłania informacji przez środki telekopiowe, foto-telegraficzne i telewizyjne, umożliwia najszybsze i obrazowe przedstawienie danych oraz odczytanie i zrozumienie ich w bardzo krótkim czasie.

Pisemna forma przesyłania informacji umożliwia utrwalenie dowolnej treści za pomocą powszechnie stosowanych i dostępnych środków dowodzenia i łączności takich jak: maszyny do pisania, dalekopisy itp. Jednakże przesyłanie informacji w formie pisemnej jest pracochłonne i wymaga odpowiedniego czasu na jej opracowanie. Skrócenie czasu można między innymi osiągnąć przez stosowanie sformalizowanych i zunifikowanych dokumentów bojowych, dyktafonów itp.

W celu podejmowania uzasadnionych decyzji dowódca i sztab armii muszą posiadać wiele różnorodnych danych o sytuacji, które dzieli się następująco: dane o nieprzyjacielu, wojskach własnych, sąsiadach, o skażeniach terenu, warunkach hydrometerologicznych itp.

Wzrost źródeł informacji, rozmach operacji i walki, wysoka aktywność działań bojowych spowodowały znaczny wzrost ilości informacji napływających do organów dowodzenia. Ta olbrzymia ilość informacji przy ograniczonych możliwościach przepustowych technicznych środków dowodzenia i łączności oraz oddziaływaniu nieprzyjaciela, powoduje, że aktualnie stosowane metody realizacji procesu informacyjnego nie w pełni odpowiadają wymaganiom stawianym dowodzeniu wojskami armii.

Usprawnienie działania procesu informacyjnego armii jest problemem wymagającym właściwego rozwiązania. Poszukiwanie teoretycznych i praktycznych rozwiązań tej problematyki napotyka je

nak na duże trudności. Wynikają one ze złożoności procesu dowodzenia wojskami na polu walki oraz z tradycjonalizmu struktur organizacyjnych wojsk i organów dowodzenia. Spowodowane są one również niedostosowaniem do współczesnych potrzeb metod pracy dowództw i sztabów, brakiem doskonałych środków dowodzenia i łączności, a także brakiem danych statystycznych odnośnie ilości informacji, przesyłanych na poszczególnych kierunkach dowodzenia w różnych okresach działań bojowych./8,29,30,31,82,88,98/

W ostatnich latach do wojsk coraz szerzej wprowadza się doskonalsze techniczne środki dowodzenia i łączności. Głównym celem tego przedsięwzięcia jest automatyzacja procesów informacyjnych. Konieczność zastosowania zautomatyzowanych systemów dowodzenia i łączności wymaga prowadzenia określonych prac i badań,mających na celu usprawnienie lub skrócenie czasu obiegu informacji oraz bardziej efektywne wykorzystanie istniejącego obecnie systemu dowodzenia i łączności armii, a w tym również sieci łączności radioliniowej i przewodowej. Dlatego też za podstawę do analizy przepustowości istniejącej sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii, przyjęto ilości informacji na określonych kierunkach dowodzenia z wymagań stawianych polowemu zautomatyzowanemu systemowi dowodzenia wojskami armii. 14/

14/ "Poliewaja awtomatizirowannaja sistiema uprawlenija wojskami fronta", Moskwa 1974 , str.

II. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU ŁĄCZNOSCI ARMII W OPERACJI ZACZEPNEJ

2.1. Wymagania stawiane systemowi łączności armii

W celu zapewnienia dowodzenia wojskami armii organizuje się określony system łączności.

System łączności jest to zespół węzłów łączności stanowisk dowodzenia,pomocniczych węzłów łączności,punktów retranslacyjnych i linii łączności armii,oraz łączności stanowisk dowodzenia podległych związków i oddziałów,połączonych funkcjonalnie w sposób odpowiadający organizacji dowodzenia wojskami, charakterowi operacji i wykonywanym przez wojska zadaniom.

Skład bojowy armii oraz duża ilość elementów ugrupowania operacyjnego i zabezpieczenia operacji,powoduje konieczność organizowania odpowiedniego,szeroko rozgałęzionego systemu łączności zapewniającego szybkie przesyłanie określonej ilości informacji.

Znaczne rozśrodkowanie wojsk,duża głębokość zadań bojowych i szerokość pasa działania oraz znaczne odległości występujące pomiędzy stanowiskami dowodzenia armii,podległych związków i oddziałów /dochodzące do 70-90 km/ powodują,że system łączności powinien sprawnie funkcjonować na dużej przestrzeni.

Dla porównania przedstawiono wskaźniki rozmachu operacji zaczepnej armii ogólnowojskowej:współczesnej i z okresu II wojny światowej w tabeli nr 2.1.

TABELA NR 2.1.

Wskaźniki	Współczesne operacje	Operacje w okresie II wojny światowej
Głębokość operacji	250 - 350 km	100 - 200 km
Wzrost głębokości oper.	2,5 - 3	1
Szerokość pasa natarcia	60 - 100 km	ok. 40 km
Rozmach przestrzenny	do 35.000 km^2	do 5.000 km^2
Wzrost rozmachu przestrz.	7	1
Średnie tempo operacji	40 - 60 km/dobę	12 km/dobę
Wzrost tempa operacji	4 - 5	1
Czas trwania operacji	7 - 9 dób	10 dób

Z tabeli nr 2.1. wynika,że system łączności,ze względu na ograniczony zasięg środków,powinien być rozbudowany wzdłuż i wszerz pasa działania armii,mając za podstawę węzły łączności stanowisk dowodzenia i pomocnicze węzły łączności.

W warunkach stosowania broni masowego rażenia i nowoczesnej techniki bojowej,operacja zaczepna armii charakteryzuje się dużą manewrowością i szybkością działania wojsk.Wymaga to zapewnienia łączności nie tylko pomiędzy rozwiniętymi stanowiskami dowodzenia / na postoju/,ale również z dowódcami i sztabami znajdującymi się w ruchu.

W zależności od zaistniałej sytuacji operacyjnej,ilość wymienionych informacji z poszczególnymi związkami i oddziałami armii będzie nierównomierna. Mogą zmieniać się zarówno kierunki wymiany informacji,jak również rodzaje i czas ich obiegu. W związku z tym system łączności armii musi cechować się dużą mobilnością oraz elastycznością i łatwością przystosowania go do zaistniałej sytuacji.Można to osiągnąć,między innymi,przez kompleksowe wykorzystanie różnych środków łączności i prawidłowe ich rozmieszczenie w terenie oraz szybkie dokonywanie zmian w systemie łączności,zgodnie z aktualnymi potrzebami dowodzenia.

Na węzły łączności armii i podległych związków i oddziałów mogą być wykonywane przez nieprzyjaciela uderzenia jądrowe i klasycznymi środkami rażenia.Możliwości zniszczenia przez nieprzyja-

ciela określonych węzłów łączności i organów dowodzenia wymaga zapewnienia łączności o dwa szczeble w dół i w górę,z pominięciem pośredniego organu dowodzenia.Ponadto na szeroką skalę mogą być stosowane aktywne i dywersyjne zakłócenia łączności radiowej i radioliniowej.Wymaga to wykonania odpowiednich przedsięwzięć,zabezpieczających pracę sił i środków łączności przed różnorodnym oddziaływaniem nieprzyjaciela.

Zadanie i wymaganie stawiane systemowi łączności armii oraz warunki w jakich on funkcjonuje,spowodowały,że system ten charakteryzuje się następującymi właściwościami:

- jest systemem wielozadaniowym,ponieważ w warunkach jednolitości system realizuje odrębne zadania związane z dowodzeniem,współdziałaniem,kierowaniem tyłami i powiadamianiem;
- informacje są w nim przesyłane za pomocą różnorodnych sygnałów np.: analogowych,cyfrowych czy znaków numerycznych,ze względu na różnorodność wymagań stawianych dowodzeniu;
- występowaniem różnorodnych kanałów telekomunikacyjnych spowodowanym koniecznością przesyłania sygnałów o różnej postaci.Kanały te między innymi różnią się przepustowością,pasmem przepuszczania,jakością transmisji itp.;
- występowaniem abonentów o różnym stopniu ważności wyróżniających się między innymi: kolejności obsługi,korzystaniem z wydzielonych kanałów,szybkością przesyłania informacji,co stworzyło potrzebę zapewnienia właściwych sposobów obsługi;
- nierównomiernym obciążeniem systemu łączności funkcji czasu.Uzależnione ono jest od rodzaju działań bojowych oraz aktualnej sytuacji bojowej.Wielkość i dynamika zmiany obciążenia posiada różnorodny przebieg i będzie największa w czasie przełamywania pierwszego pasa obrony;

- zmienną strukturę w czasie dynamiki walki wraz z wykonywaniem zadania bojowego oraz na skutek ograniczonego czasu poprawnej pracy urządzeń łączności oraz oddziaływania nieprzyjaciela poprzez niszczenie i zakłócanie zarówno poszczególnych urządzeń,jak i całych węzłów łączności,

Ogólnie można stwierdzić,że system łączności,uwzględniając jego przeznaczenie,zadania,czas wykorzystania na polu walki,powinien spełniać między innymi szereg wymagań,[16/] do których między innymi należą;

- terminowość organizacji systemu - określa czas przeznaczony na organizację systemu łączności;
- niezawodność systemu - określa właściwości działania urządzeń łączności bez przerw,powstających w wyniku okresowej i losowej niesprawności technicznej;
- żywotność systemu - określa możliwości systemu łączności w zakresie wykonywania swoich funkcji w warunkach oddziaływania środków rażenia;
- odporność systemu na zakłócenia - określa możliwość systemu łączności przeciwstawiania się zakłóceniom;
- skrytość systemu - określa właściwość systemu łączności przeciwstawiania się rozpoznaniu w zakresie określenia jego struktury i odbioru wiadomości przez osoby niepowołane;
- przepustowość systemu określa właściwość terminowego przekazywania informacji z uwzględnieniem kryterium ich pilności;
- wierność przekazywanych informacji - określa możliwość przekazu wiadomości w systemie łączności bez zniekształceń;

16/ D.Ł. Buraczenko, G.D. Zawarin, N.J. Koliew i inni: Obszczaja tieoria swiazi. Moskwa 1976 str. 17.

- mobilność systemu - określa się właściwość szybkiego rozwijania, zwijania i przemieszczania środków łączności.

Z powyższych rozważań wynika, że w celu zapewnienia potrzeb dowodzenia w warunkach współczesnego pola walki, system łączności armii powinien [17]:

- stanowić jednolitą organizacyjno-konstrukcyjną całość, umożliwiającą kompleksowe wykorzystanie wszystkich środków i urządzeń łączności w powiązaniu z systemami łączności, przełożonego, podwładnego i współdziałających wojsk;
- zapewniać niezbędną ilość i rodzaje kanałów łączności w poszczególnych relacjach dowodzenia oraz możliwość uzyskiwania łączności o jeden - dwa szczeble dowodzenia w dół i w górę;
- obejmować swym zasięgiem cały pas działania armii, zapewniając utrzymanie bezpośredniej /lub pośredniej/ łączności z zainteresowanymi dowódcami i sztabami oraz dokonywanie połączeń z rządanym abonentem z każdego punktu dowodzenia;
- charakteryzować się dużą mobilnością oraz giętkością i elastycznością w celu ewentualnego dokonywania w jego strukturze zmian, stosownie do zaistniałej sytuacji operacyjnej;
- być odpornym na różnorodne oddziaływanie nieprzyjaciela oraz odpowiednio żywotnym nawet w przypadku naruszenia sprawności działania niektórych jego elementów;
- cechować się ekonomicznością wykorzystania sił i środków łączności.

17/ A.Iomanow: Główne kierunki rozwoju systemów i sprzętu łączności. Warszawa 1976 str.3.

2.2. Struktury organizacyjne systemów łączności armii

System łączności jest podstawowym elementem systemu dowodzenia wojskami armii. Realizuje on główne zadania w procesie informacyjnym armii. Dlatego też powinien cechować się szczególną żywotnością oraz wysoką sprawnością organizacyjno-techniczną i eksploatacyjną. Zniszczenie jednego elementu nie może stać się przyczyną dezorganizacji łączności i powstaniu przerw w dowodzeniu wojskami.

Zarysowujące się od pewnego czasu dysproporcje pomiędzy możliwościami obecnie organizowanych systemów łączności, a potrzebami wojsk w zakresie dowodzenia, zmuszają do ciągłego doskonalenia struktury organizacyjno-technicznej systemu łączności, usprawnienia sposobu jego rozwijania oraz wykorzystania zgodnie z potrzebami dowodzenia /51, 60, 71, 72, 73, 74/

System łączności armii może być rozwijany w różny sposób. Stąd też występują określone modele systemu łączności, a mianowicie :

- osiowy system łączności /centralnych węzłów łączności/,
- przestrzenny system łączności /pomocniczych węzłów łączności/,
- osiowo-przestrzenny system łączności /kombinowany system łączności/.

Wymienione systemy łączności posiadają pewne cechy wspólne oraz wiele cech charakterystycznych tylko dla danego systemu.

Są to zarówno cechy dodatnie,jak i ujemne.

Pierwszy model - osiowy system łączności,przyjęty z okresu II wojny światowej,opiera się na węzłach łączności stanowisk dowodzenia i osi łączności armii.Każdy węzeł łączności stanowi ośrodek, od którego budowane są linie łączności /za pomocą różnych środków łączności/,wiążące bezpośrednio dany węzeł z węzłami łączności stanowisk dowodzenia dowództwa i sztabu przełożonego, podległych dowództw i sztabów, a także współdziałających związków /oddziałów/.Główną linią łączności tego systemu jest oś łączności rozwijana po linii przesunięcia SD armii.Na osi łączności utrzymana jest łączność pomiędzy stanowiskami dowodzenia armii, a także ze związkami i oddziałami pierwszego rzutu operacyjnego armii.Ponadto za pomocą tej osi mogą być doprowadzone określone kanały łączności od sztabu przełożonego i sąsiadów.

Podstawowymi elementami tego systemu są:

- węzły łączności stanowisk dowodzenia,
- oś łączności /radioliniowa i przewodowa lub radioliniowo-przewodowa/ rozwijana po linii przesunięć SD,
- kierunki łączności /radioliniowe,przewodowe/,rozwijane od poszczególnych węzłów łączności stanowisk dowodzenia podległych związków,oddziałów i jednostek tyłowych a także jednostek współdziałających.W systemie tym główną rolę spełniają węzły łączności SD odpowienio połączone ze sobą za pomocą wielokanałowych stacji radiol

niowych i linii przewodowych. Do węzłów łączności stanowisk dowodzenia podłączają się wszystkie związki taktyczne i oddziały armii. Model przedstawiono na rys. 2.1.

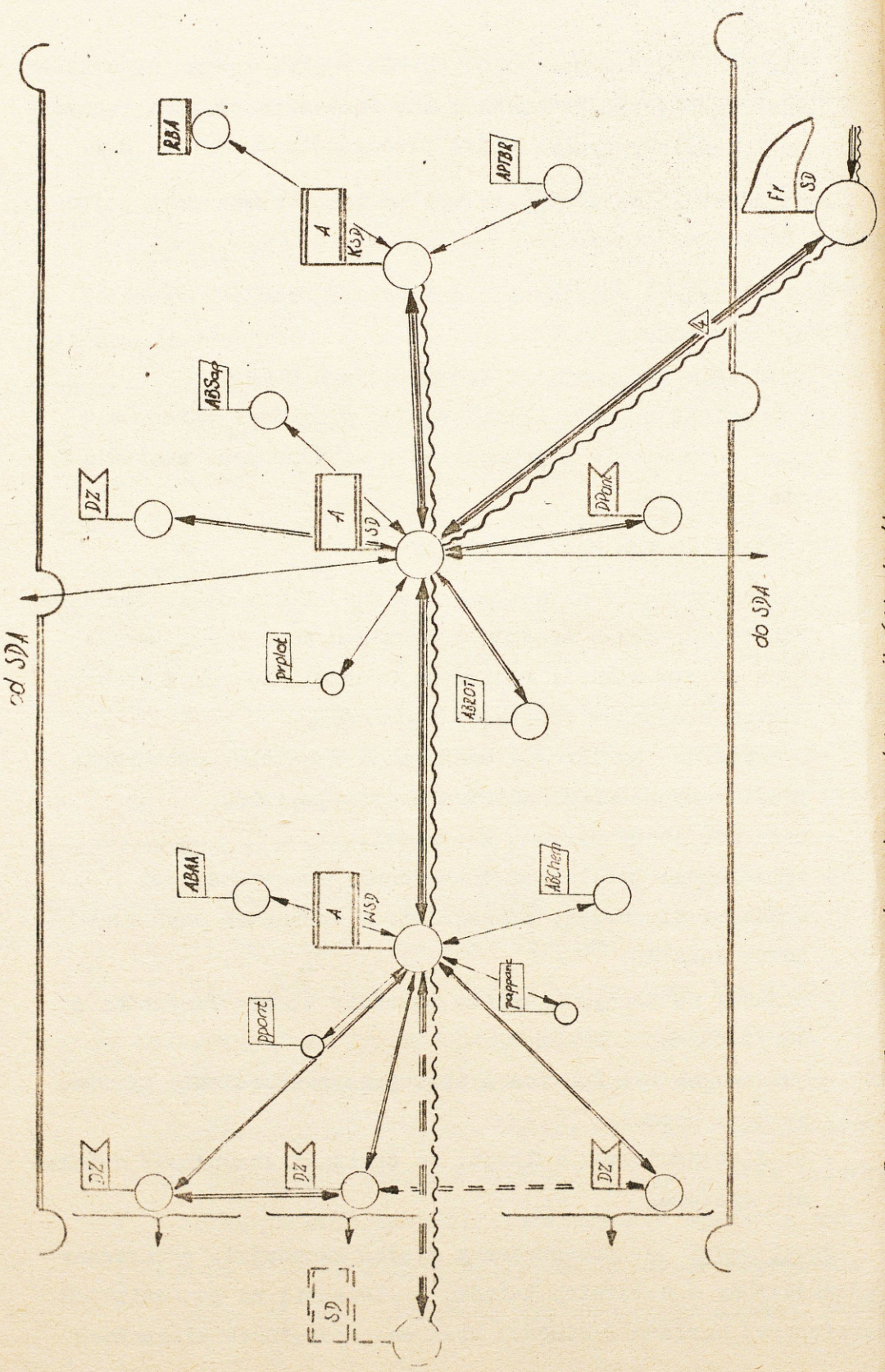
Doświadczenia wskazują, że system ten posiada mastępujące zalety :

- zastosowanie mniejszej ilości sił i środków łączności do jego budowy,
- łatwość organizacji kierowania jego pracą,
- ze względu na małą liczbę węzłów łącznòści skraca się czas rozwinięcia i uruchomienia systemu oraz zestawiania połączeń.

Natomiast do wad należy zaliczyć :

- skoncentrowanie na węzłach łączności stanowisk dowodzenia różnorodnych środków i urządzeń łączności, koniecznych do organizacji radiowych, radioliniowych i przewodowych kierunków /relacji/ łączności,
- ograniczone możliwości maskowania stanowisk dowodzenia przed rozpoznaniem radiowym nieprzyjaciela,
- mała mobilność systemu łączności,
- ograniczone możliwości dokonywania manewru siłami i środkami łączności, szczególnie w warunkach szybkiego tempa działań,
- przerwa na jednym kierunku powoduje utratę łączności z danym korespondentem,
- przerwa na osi łączności spowoduje rozdzielenie systemu na dwie części,
- brak obejściowych relacji, co obniża niezawodność działania systemu.

Drugi model - przestrzenny system łączności, opracowany i udoskonalony w ostatnich latach, opiera się na pomocniczych /strefowych/ węzłach łączności oraz dalekosiężnych kierunkach


RBA
A
KSD
APTBR
Fr
SD
4
ABSap
DZ
A
SD
DPont
prplot
ABROT
od SDA
do SDA
ABAA
A
WSD
ABChem
pappant
ppont
DZ
DZ
DZ
SD

międzywęzłowych, rozwijanych w pasie działania armii.

Podstawowymi elementami tego systemu są :

- pomocnicze węzły łączności,
- węzły łączności stanowisk dowodzenia,
- kierunki łączności /radioliniowej i przewodowej łączące wyżej wymienione węzły łączności/.

W systemie tym zasadniczą rolę spełniają pomocnicze węzły łączności, łączące system łączności armii z systemami łączności sztabu przełożonego oraz podległych związków i oddziałów w jednolitą i funkcjonalną całość.

Węzły łączności stanowisk dowodzenia stanowią ośrodki uzupełniające, za pomocą których zapewnia się połączenia z najbliższymi pomocniczymi węzłami łączności, poprzez które uzyskuje się połączenie z żądanym abonamentem.

Wymienione węzły łączności odpowiadnio/równomiernie/ rozmieszczone w pasie działania armii, połączone są między sobą za pomocą wielokanałowych stacji radioliniowych, a w sprzyjających warunkach również za pomocą linii przewodowych. Każdy węzeł łączności powinien mieć połączenie co najmniej z dwoma innymi /sąsiednimi/ węzłami przestrzennego systemu łączności. Pozwala to na tworzenie okrężnych kierunków łączności i uzyskiwanie dodatkowych połączeń pomiędzy abonentami różnych stanowisk dowodzenia. Zasadnicza część łączy dalekosiężnych jest przeznaczona do ogólnego użytku. Jednak w uzasadnionych przypadkach, ważniejszym abonentom mogą być wydzielone łącza dla ich potrzeb.

Równomierne rozmieszczenie pomocniczych węzłów łączności zapewnia uzyskiwanie połączeń z dowolnego rejonu poszczególnym dowódcom i sztabom w pasie działania armii oraz szybkie przełączanie określonych łączy i kanałów zgodnie z potrzebami.

Przestrzenny system łączności różni się od poprzedniego modelu /osiowego systemu łączności/ tym, że funkcję osi i rozwiniętych od niej kierunków łączności, spełnia symetrycznie rozwinięte w pasie działania armii siatka połączeń międzywęzłowych - wzdłuż i wszerz frontu. W punktach krzyżowania się siatki, rozwijane są pomocnicze węzły łączności, wyposażone w odpowiednie środki i urządzenia łączności /końcowe, komutacyjne, transmisyjne/. Model przedstawiono na rys. 2.2.

Podstawowymi zaletami tego systemu są:

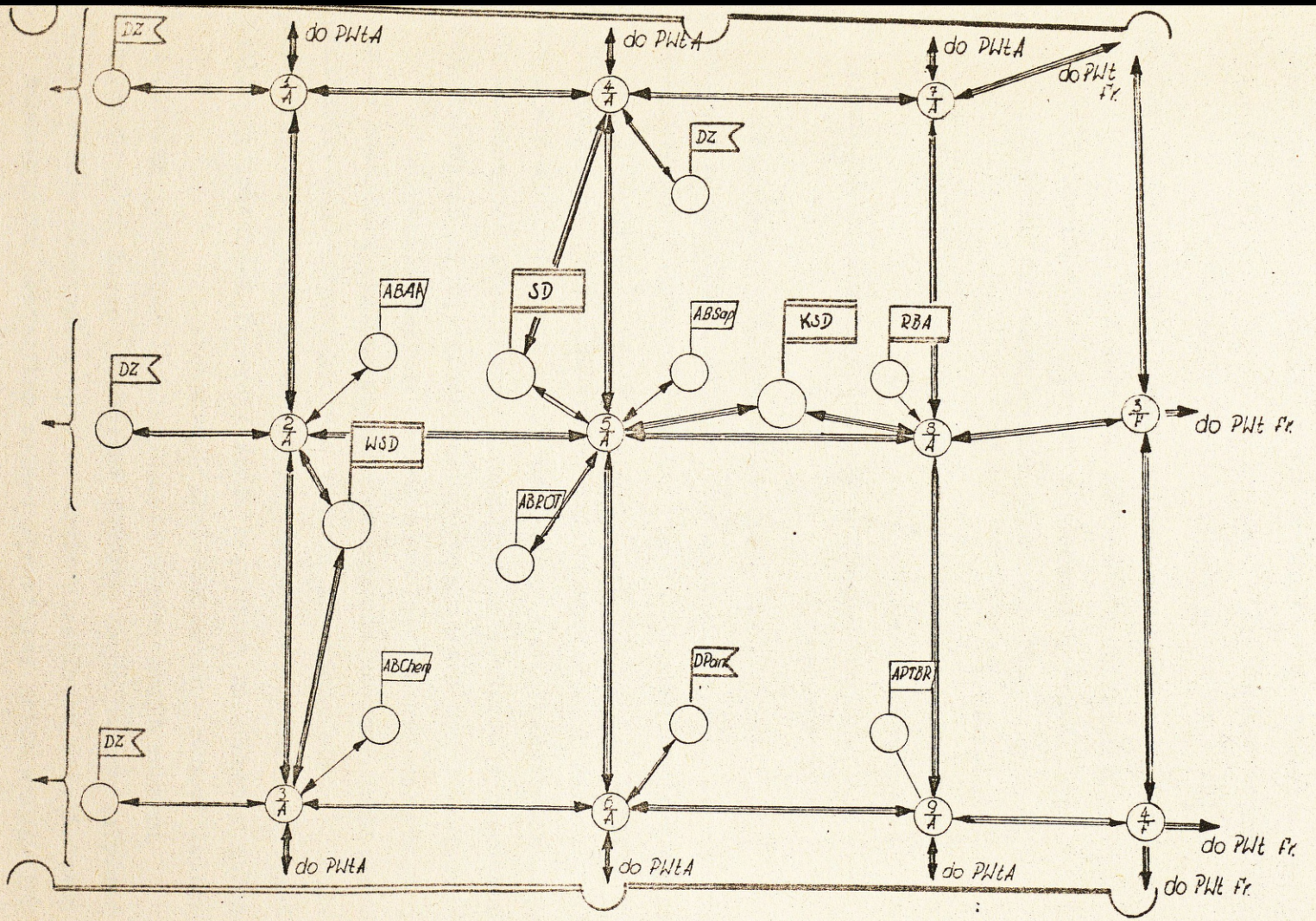
- większa niż osiowego niezawodność działania,
- możliwość uzyskania dużej ilości połączeń okrężnych,
- szybkość nawiązywania łączności pomiędzy węzłami, szczególnie w czasie przesunięć punktów dowodzenia,
- większa odporność na oddziaływanie środków radioelektronicznych przeciwnika, dzięki możliwości stosowania kombinowanych połączeń.

Natomiast wadami tego systemu są:

- duże zużycie sił i środków łączności w porównaniu z osiowym systemem łączności,
- złożona organizacja łączności i kontrola jego pracy,
- konieczność posiadania wielokanałowych automatycznych lub półautomatycznych urządzeń łączności, bez których niemożliwe jest uzyskiwanie szybkich połączeń dalekosiężnych.

Przestrzenny system łączności jest systemem perspektywicznym ze względu na stosunkowo dużą niezawodność pracy oraz mobilność stanowisk dowodzenia, a szczególnie ich węzłów łączności.

Organizacja przestrzennego systemu łączności jest uwarunkowana koniecznością posiadania odpowiednich pododdziałów łączności, wyposażonych w określone środki i urządzenia łączności, a szczególnie w wielokanałowe stacje radioliniowe i automatyczne urządzenia komutacyjne. Niezawodność jego działania oraz szybkość uzyskiwania określonych połączeń dalekosiężnych można osiągnąć sto-



Rys. 2.2. Przestrzenny system łączności armii. (Wariant)

sując sterowanie urządzeniami komutacyjnymi przy pomocy elektronicznych maszyn cyfrowych.

Dzięki temu można między innymi osiągnąć:

- poszukiwanie dróg połączeniowych niezależnie od uszkodzeń określonych urządzeń łączności,
- zapewnienie priorytetu w uzyskiwaniu połączeń dla ściśle określonych osób funkcyjnych lub kategorii wiadomości,
- magazynowanie wiadomości oraz przesyłanie ich według dokonanej klasyfikacji,
- kontrola pracy łączy i przesyłanych wiadomości według kodów adresowych.

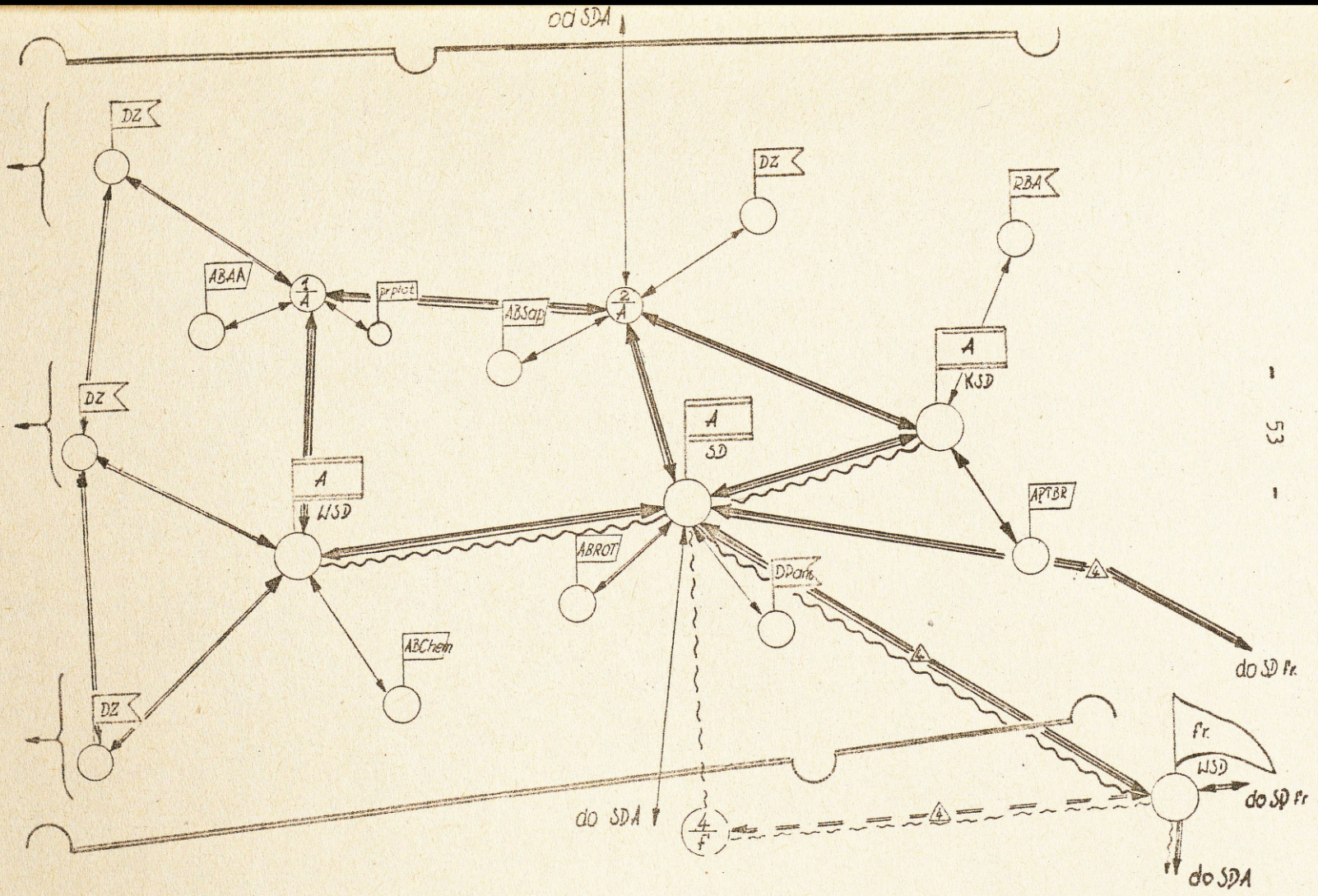
Trzeci model - osiowo-przestrzenny system łączności, opiera się na węzłach łączności stanowisk dowodzenia i pomocniczych węzłach łączności odpowiednio połączonych dalekosiężnymi liniami łączności. Model przedstawiono na rys. 2.3.

Istota jego polega na tym,że zarówno węzły łączności stanowisk dowodzenia,jak i pomocnicze węzły łączności spełniają podobne funkcje w zakresie uzyskiwania określonych połączeń dalekosiężnych. Wobec tego osiowo-przestrzenny system łączności jest połączeniem poprzednio wymienionych systemów łączności.[15/] Węzły łączności osiowo-przestrzennego systemu łączności są połączone wielokanałowymi liniami radioliniowymi oraz wielokanałowymi liniami przewodowymi, które tworzą osie i kierunki łączności budowane do frontu, a także kierunki łączności rozwijane wzdłuż frontu - zwane rokadami łączności.

Znaczna ilość bezpośrednich relacji łączności istniejących pomiędzy wymienionymi węzłami łączności, sieci dróg okrężnych, powstałych w rezultacie odpowiedniego połączenia węzłów łączności między sobą, zwiększają realne możliwości utrzymywania

---

15/ E. Piedziuk: Projekt struktury osiowo-przestrzennego systemu łączności armii. WAT 1970 str. 24.



Rys. 2.3. Osiowo - przestrzenny system łączności armii. (wariant)

niezawodnej i ciągłej łączności w całym pasie działania armii.

Do zalet omawianego systemu łączności można zaliczyć:

- równomierne rozmieszczenie sił i środków łączności w pasie działania armii,
- niezawodność działania i szybkość uzyskiwania połączeń dalekosiężnych,
- dużą odporność na oddziaływanie ogniowe nieprzyjaciela,
- możliwość uzyskiwania okrężnych połączeń dalekosiężnych,
- większą ekonomiczność w porównaniu z przestrzennym systemem łączności.

Natomiast wadami powyższego systemu łączności są:

- konieczność zaangażowania większej ilości sił i środków - w porównaniu z osiowym systemem łączności,
- trudność w eksploatacji, z uwagi na brak odpowiednich urządzeń komutacyjnych,
- potrzeba większej ilości czasu na jego rozwinięcie - w porównaniu z osiowym systemem łączności.

W obecnych warunkach z uwagi na ograniczone możliwości oddziałów łączności armii i braku automatycznych urządzeń komutacyjnych, osiowo-przestrzenny system łączności najbardziej odpowiada stawianym wymaganiom w zakresie zapewnienia niezawodności i ciągłości działania łączności w operacji zaczepnej armii

2.3. Organizacja sieci łączności radioliniowej i przewodowej osiowo-przestrzennego systemu łączności armii

System łączności armii jest częścią składową systemu łączności frontu.Natomiast systemy łączności podległych związków i oddziałów,są częściami składowymi systemu łączności armii.Jest to możliwe dzięki technicznemu "powiązaniu" tych systemów przez stosowanie jednolitych urządzeń i aparatury końcowej na węzłach łączności.Umożliwia to nawiązanie łączności z przełożonymi i podległymi organami dowodzenia oraz ewentualne podłączenie się elementów ugrupowania operacyjnego armii do systemu łączności sztabu przełożonego lub systemu podległych związków i oddziałów./52,59,60/

Podstawowymi środkami systemu łączności dalekosiężnej armii są środki łączności radioliniowej uzupełnione środkami łączności przewodowej.Do organizacji sieci łączności radioliniowej są stacje radioliniowe /R-404,R-409 M1,R-405 Z/ z czasowym lub częstotliwościowym systemem zwielokrotnienia i pracujące w decymetrowym lub metrowym zakresie fal.Do organizacji sieci łączności przewodowej stosowany jest polowy kabel dalekosiężny /PKD 2 x 2/ i aparatownie łączności dalekosiężnej: AŁD - 1,w skład której wchodzą: urządzenia telefonii nośnej P - 304,telegrafii wielokrotnej P - 318;AŁD - 3, w skład której wchodzą : urządzenia telefonii nośnej "Czajka", urządzenie telefonii wielokrotnej "Leda",pracujące na zasadzie częstotliwościowego rozdziału kanałów.Z uwagi na podobne właściwości dotyczące transmisji informacji i niektóre identyczne parametry taktyczno-techniczne,zapewniające duże możliwości współpracy,środki radioliniowe i przewodowe są wykorzystywane w ścisłym powiązaniu.

Obecnie eksploatowane środki radioliniowe oraz przewo-

dowe swymi zaletami, szczególnie w warunkach oddziaływania radioelektronicznego nieprzyjaciela, znacznie przewyższają środki radiowe.

Spośród cech charakterystycznych sieci łączności radioliniowej należałoby wymienić następujące :

- duża stabilność łączności /charakteryzująca się stałym poziomem sygnału w punkcie odbioru, niezależnie od stanu jonosfery/;
- odporność na zakłócenia przemysłowe i atmosferyczne oraz w pewnym stopniu na zakłócenia nieprzyjaciela;
- możliwość uzyskiwania dużej ilości kanałów, co pozwala na przesyłanie ilości informacji oraz tworzenie szerokich kanałów, przez co zwiększa się szybkość przekazywanej informacji /transmisja danych/;
- przez stosowanie stacji pośrednich istnieje możliwość budowy długich linii radiowych oraz stosunkowo szybkie nawiązywanie łączności w terenie trudnodostępnym;
- łatwość współpracy środków radioliniowych ze środkami przewodowymi oraz prostota zestawiania radioliniowych lub radioliniowo-przewodowych łączy.

Natomiast do cech charakterystycznych sieci łączności przewodowej można zaliczyć:

- dobrą jakość kanałów łączności,
- niemożliwość zakłócania oraz trudność podsłuchiwania, przechwytywania przez nieprzyjaciela prowadzonych rozmów,
- możliwość uzyskania dużej ilości kanałów przez zastosowanie urządzeń zwielokrotniających,
- łatwość współpracy ze środkami radioliniowymi oraz prostota zestawiania i komutacji łączy przewodowych lub przewodowo-radioliniowych.

Środki radioliniowe wykorzystywane są z reguły do budowy linii radiowych. Mogą również służyć do wydłużania: zwielokrotnionych polowych linii kablowych, łączy przyjętych z sieci telekomunikacyjnej do węzłów łączności, jak również do zdalnego sterowania radiostacjami.

Środki przewodowe wykorzystywane są zasadniczo do budowy polowych linii kablowych, jak również do przedłużania łączy przyjętych z sieci telekomunikacyjnej oraz linii radiowych.

Za pomocą tych środków oraz opierając się na odpowiednio rozmieszczonych stanowiskach dowodzenia armii, podległych związków taktycznych i oddziałów, organizowana jest sieć łączności radioliniowej i przewodowej armii. Głównymi elementami sieci łączności radioliniowej i przewodowej są węzły łączności stanowisk dowodzenia armii oraz związków taktycznych i oddziałów powiązane ze sobą w jednolitą całość za pomocą osi, kierunków, rokad i linii łączności.

Tak zorganizowany jednolity system łączności zapewnia realizację potrzeb zarówno dowództwa i sztabu armii, jak również poszczególnych szefów rodzajów wojsk i służb oraz szefa tyłów armii. Jednolitość tego systemu osiąga się między innymi poprzez:

- scentralizowane planowanie,
- kompleksowe wykorzystanie wszystkich sił i środków łączności znajdujących się na szczeblu armii,
- wykorzystanie środków i urządzeń łączności węzłów stanowisk dowodzenia armii przez wszystkich użytkowników.

Natomiast organizacja łączności jest uzależniona od następujących czynników :

- zadania, składu i ugrupowania operacyjnego armii,
- ilości i rozmieszczenia stanowisk dowodzenia armii oraz podległych związków i oddziałów,

- ilości posiadanych sił i środków radioliniowych i prze wodowych,

- warunków terenowych w pasie działania armii.

W ramach struktury organizacyjnej w łączności radiolinio i przewodowej armii zestawia się odpowiednią ilość i rodzaje kanałów łączności - stosownie do potrzeb w zakresie ilości, terminowości i operatywności wymiany informacji w określonej relacji dowodzenia. Zapewnienie wymaganej ilości i rodzajów kanałów łączności osiąga się poprzez:

- jednoczesne stosowanie w określonej relacji różnych środków łączności /radioliniowych i przewodowych/;

- stosowanie wielokanałowych środków łączności /np. : R-404, AŁD-1/;

- dublowanie sieci i kierunków łączności.

Z oddanych do eksploatacji kanałów łączności wydziela się kan ały ogólnego użytku wykorzystywane przez wszystkich abonentów danego węzła łączności oraz kanały specjalnego przeznaczenia, które są wydzielane do wyłącznego użytku szefostwa danego rodzaju wojsk lub określonych osób funkcyjnych. Część kanałów utajnia się za pomocą telefonicznych i telegraficznych urządzeń utajniających.

W systemie łączności armii rozróżnia się łączność daleko siężną i łączność wewnętrzną organizowaną na stanowiskach dow dzenia. Ruch dalekosiężny komutowany jest ręcznie, natomiast ruch wewnętrzny jest zautomatyzowany.

Środki i urządzenia łączności radioliniowej i przewodowej rozwinięte na węzłach łączności stanowisk dowodzenia armii za pewniają:

- dalekosiężną łączność telefoniczną i telegraficzną w ka nałach utajnionych i jawnych,

- łączność telekopiową utajnioną i jawną,
- transmisję danych cyfrowych, wykorzystywaną dla potrzeb ośrodków obliczeniowych,
- łączność szyfrową i kodową.
- telefoniczną i radiotelefoniczną łączność wewnętrzną na stanowiskach dowodzenia.

Dalekosiężną łączność radioliniową wykorzystuje się zarówno w rejonie wyjściowym. jak i w toku prowadzenia operacji zaczepnej armii.

Dalekosiężną łączność przewodową wykorzstuje się przede wszystkim w rejonie wyjściowym, lecz zakres jej rozbudowy jest uzależniony od czasu pobytu wojsk w tym rejonie. Natomiast w toku operacji, ze względu na tempo natarcia wojsk oraz stosunkowo długi czas rozwijania polowych linii kablowych,posiada ona ograniczone zastosowanie.

Łączność środkami radioliniowymi i przewodowymi w armii może być organizowana na kierunkach osi radioliniowej i przewodowej /radioliniowych z wstawkami przewodowymi lub odwrotnie/. Łączność na kierunku radioliniowym jest z reguły utrzymywana w rejonie wyjściowym do operacji, na rubieży wejścia do bitwy; natomiast w toku operacji,łączność utrzymuje się na osi radioliniowej. Do organizacji łączności radioliniowej na szczeblu armii w operacji zaczepnej atosuje się stacje radioliniowe R-404, /24k. tlf./ za pomocą których buduje się oś armijną, rokady i wstawki umożliwiające odbiór łączy z sieci telekomunikacyjnej państwa. Stacje radioliniowe R-409 M1 /6k. tlf./ wykorzystuje się do łączności ze związkami taktycznymi, natomiast stacje radioliniowe R-405 Z /2k. tlf., 2k. tlg./ do łączności ze związkami i oddziałami rodzajów wojsk oraz tyłów. Ze względu na brak kanałów telegraficznych w stacjach radioliniowych R-404 i R-409 M1 stosuje się odpowiednio telegraficz-

ne urządzenia zwielokratniające "P-318" i "Ledę", znajdujące się na aparatowniach AŁD-1 i AŁD-3. Za pomocą tych urządzeń jest możliwość uzyskania 6 lub 6/3 kanałów telegraficznych w jednym kanale telefonicznym.

Do organizacji łączności przewodowej w armii stosuje się polowy kabeł dalekosiężny PKD 2 x 2 za pomocą którego buduje się oś przewodową zwielokrotnioną urządzeniami telefonii nośnej P-304 oraz telegrafii wielokrotnej P-318 wchodzących w skład aparatowni AŁD-1. Natomiast do łączności ze związkami taktycznymi, w zależności od sprzyjających warunków w sytuacji operacyjno-taktycznej, buduje się kierunki przewodowe za pomocą kabla PKD 2 x 2 zwielokrotnione aparaturą telefonii nośnej "Czajka" i telegrafii wielokrotnej "Leda" wchodzące w skład aparatowni AŁD-3. Wariant organizacji łączności radioliniowej i przewodowej w operacji zaczepnej przedstawiono na schemacie zał.nr 1

Sieć łączności, radioliniowa i przewodowa, z frontem organizowana jest siłami i środkami frontu najczęściej na kierunku w rejonie wyjściowym, a na osi - w toku operacji zaczepnej. Doprowadzone do stanowiska dowodzenia armii kanały relacji frontowej zazwyczaj są wykorzystywane następująco :

a/ wydzielane do ogólnego użytku,

b/ wydzielane do wyłącznego użytku dla potrzeb :

- "wcz" armii radzieckiej,
- szefostwa WRiA,
- WSD DŁSzR,
- WSD plm/DLM/,
- szefostwa OPL,
- SOAS,
- szefa tyłów,
- łączności telegraficznej,
- transmisji danych;

c/ wydłużane do ZSD /WSD/ [18] i TSD armii,

d/ zestawiane do SD sztabu generalnego, okręgu wojskowego oraz Dowództwa Zjednoczonych Sił Zbrojnych UW /WSD, ZSZ, na TDW/.

W operacji zaczepnej armii łączność radioliniowa i przewodowa organizowana na osi pomiędzy stanowiskami dowodzenia i na kierunkach do ZT zapewniania jest siłami i środkami pułku radioliniowo-kablowego.

W określonych sytuacjach operacyjnych, w zależności od potrzeb w zakresie dowodzenia wojskami armii, a także ilości posiadanych środków i urządzeń, w systemie łączności armii mogą być budowane dwie osie łączności radioliniowej i przewodowej: główna i pomocnicza. Osie te połączone są ze sobą rokadami, co zapewnia stosowanie odpowiedniego manewru kanałami, dzięki czemu system łączności staje się bardziej elastyczny i w szerszym zakresie możliwe jest uzyskiwanie połączeń okrężnych. Główna oś łączności wykorzystywana jest do łączności pomiędzy punktami dowodzenia armii oraz ze związkami i oddziałami działającymi na głównym kierunku uderzenia, natomiast pomocnicza oś łączności ze związkami i oddziałami działającymi na pomocniczym kierunku uderzenia.
Sieć łączności radioliniowo-przewodową w armii organizuje się następująco :

- po osi przesunięcia stanowisk dowodzenia armii /ZSD, WSD, SD, KSD/ organizuje się oś radioliniową za pomocą stacji R-404 i oś przewodową za pomocą kabla PKD 2 x 2 oraz aparatowni AŁD-1, w razie potrzeby opierając się na tej osi - ze związkami i oddziałami podłączonymi do niej,

- na bezpośrednim kierunku radioliniowym i pośrednim, z wykorzystaniem osi radioliniowej, za pomocą stacji R-409 M1

18/ dla zapewnienia bezpośredniej wymiany informacji między dowódcą armii i frontu;

i aparatowni AŁD-3 ze stanowiska dowodzenia lub wysuniętego stanowiska dowodzenia do dywizji pierwszego rzutu operacyjnego i ABROT.

- na bezpośrednim kierunku radioliniowym za pomocą stacji R-409 M1 z SD lub ZSD /WSD/ do podległych DZ,
- na bezpośrednim kierunku radioliniowym za pomocą stacji R-405 Z z SD armii prplot /do OK OPL armii/,
- na bezpośrednim lub pośrednim kierunku z wykorzystaniem osi radioliniowej i przewodowej za pomocą stacji R-405 z SD, ZSD /WSD/ do pozostałych związków i oddziałów/ BSap, BChem, ppont, brrel, papanc, itp./ w zależności od ich miejsca w ugrupowaniu operacyjnym armii,
- na bezpośrednich kierunkach radioliniowych za pomocą stacji R-405 Z z KSD /SD/ armii do RBA i APTBR,
- na bezpośrednim lub pośrednim kierunku radioliniowym za pomocą stacji R-409 M1 /R-405 Z/ przez PWŁ lub SD frontu utrzymuje się łączność z sąsiednimi armiami /na bezpośrednim kierunku łączności organizuje się siłami własnymi tylko do linii rozgraniczenia, na danych radioliniowych przydzielonych przez sąsiada prawego/,
- z armią lotniczą łączność radioliniową, z reguły przez węzeł łączności frontu lub na bezpośrednich łączach wydzielonych z osi /kierunku/ frontowego.

Łączność radioliniowa i przewodowa pomiędzy KSD armii a KSD podległych związków taktycznych i oddziałów utrzymywana jest zasadniczo poprzez węzły łączności SD armii i SD odnośnych związków taktycznych i oddziałów. Natomiast do łączności z jednostkami tyłowymi należy wykorzystywać miejscową sieć telekomunikacyjną istniejącą w strefie tyłów armii. Jednakże w celu poprawy parametrów charakteryzujących system łączności takich jak, między innymi: niezawodność, żywotność, przepustowość, odporność

na zakłócenia itp., łączność przewodowa powinna być organizowana :

- do oddziałów i pododdziałów armii, z którymi nie zapewnia się łączności radioliniowej - budując linie do najbliższych węzłów łączności,
- od węzłów łączności stanowisk dowodzenia armii do najbliższych stacjonarnych obiektów telekomunikacyjnych,
- ze związkami i oddziałami /pododdziałami/ armii rozmieszczonymi w pobliżu węzłów łączności stanowisk dowodzenia,
- z niektórymi związkami wykonującymi główne zadanie w ugrupowaniu operacyjnym armii, w celu zdublowania kierunków radioliniowych,
- w celu stworzenia okrężnych kierunków łączności,
- ze związkami i oddziałami odpierającymi przeciwuderzenie dużych sił nieprzyjaciela,
- z ABROT i prplot w przypadku pozostania w jednym i tym samym rejonie, przynajmniej na przeciąg jednej doby.

W celu zapewnienia ciągłości dowodzenia wojskami przy organizacji łączności z poszczególnymi związkami taktycznymi i oddziałami prowadzącymi działania na kolejnych rubieżach, należy wydłużać oś radioliniową i przewodową, wysyłając wcześniej środki łączności w rejon przemieszczenia SD armii, jak również przystąpić do ich rozwijania i nawiązywania łączności. Biorąc pod uwagę fakt, że głębokość zadania dalszego w operacji zaczepnej armii może wynosić 150 ÷ 200 kilometrów, a także fakt, że armijna oś radioliniowa i przewodowa w rejonie wyjściowym do operacji zaczyna się od KSD armii rozmieszczonego w odległości 35 - 55 km od linii styczności walczących wojsk, oddziały łączności armii powinny dysponować stacjami radioliniowymi, polowym

kablem dalekosiężnym i aparatowniami łączności dalekosiężnej umożliwiającymi rozwinięcie i nawiązanie łączności na głębokości 200 ÷ 250 km. Natomiast przyjmując najkorzystniejszą /ze względów taktyczno-technicznych/ odległość odcinka przelotowego linii radiowej 30 km i odległość między obsługiwanymi stacjami wzmacniakowymi 50 km można zapisać zależność :

$$I_{r,p} = \frac{l}{d} + 1 \qquad /2.1/$$

gdzie: $I_{r,p}$ - ilość stacji radioliniowych lub aparatowni dalekosiężnych,

d - odległość między stacjami radioliniowymi lub aparatowniami w km,

l - długość osi radioliniowej lub przewodowej w km .

Ilość stacji radioliniowych korzystając z wyżej podanego wzoru wynosi :

$$I_r = \frac{200 \div 250}{30} + 1 = 8 \div 9 \text{ stacji}$$

Ilość aparatowni łączności dalekosiężnej wynosi :

$$I_p = \frac{200 \div 250}{50} + 1 = 5 \div 6 \text{ aparatowni.}$$

Niezależnie od budowy osi radioliniowej i przewodowej oddziały łączności armii /prlk, pł/ posiadają środki do organizacji :

- rokad na wysokości stanowisk dowodzenia armii w ilości 3 ÷ 4 stacji radioliniowych R-404 oraz 2 ÷ 3 aparatowni łączności dalekosiężnej AŁD-1,
- kierunków radioliniowych i przewodowych umożliwiających przyjęcie łączy z państwowej sieci telekomunikacyjnej w

ilości 4 - 5 stacji radioliniowych R-404 i 3 - 4 aparatowni łączności dalekosiężnej AŁD-1.

Natomiast do łączności między stanowiskami dowodzenia armii i związkami taktycznymi przydziela się z oddziałów łączności armii /prlk/ na okres operacji po dwie stacje radioliniowe R-409 M1 wraz z aparatowniami łączności dalekosiężnej AŁD-3 w następującym celu:

- przy pomocy jednej stacji organizuje się łączność na dwóch kierunkach pomiędzy SD z ZT,a SD armii lub ZSD /WSD/,PWŁ armii,
- przy pomocy drugiej stacji zapewnia się łączność w nowym rejonie rozmieszczenia stanowiska dowodzenia związku taktycznego.

Jeżeli odległość SD armii i SD ZT jest tak duża,że przekracza zasięg stacji radioliniowych,organizuje się jeden kierunek radioliniowy,korzystając z armijnej osi radioliniowej.
Celem przyjęcia kierunków radioliniowych od ZT na ZSD /WSD/ i SD wydziela się 2 - 3 stacje R-409 M1 na poszczególnych węzłach.Do przyjęcia pozostałych kierunków radioliniowych zorganizowanych za pomocą stacji R-405 od ZT,oddziałów i pododdziałów armii wydziela się na SD 3 - 4 stacje R-405 Z,na ZSD /WSD/ 2 - 3 stacje R-405Z,a na KSD 2 - 3 stacje R-405 Z.
Ilość stacji na poszczególnych SD armii uwarunkowana jest jednak miejscem rozmieszczenia SD ZT,oddziałów i pododdziałów w pasie działania armii.Oprócz wymienionych kierunków i osi w armii w zależności od sytuacji operacyjnych i podczas dowodzenia,może być organizowanych kilka PWŁ.W trakcie prowadzonych działań bojowych,struktura organizacyjna systemu łączności armii będzie ulegać zmianie.Np. w czasie przygotowania operacji zaczepnej armii w rejonie wyjściowym organizuje się sieć łączności radioliniowej i przewodowej,której wykorzysta-

nie ze względu na maskowanie może być ograniczone. Natomiast z chwilą rozpoczęcia operacji zaczepnej wykorzystywana jest cała organizowana sieć łączności. Struktura sieci jest w tym momencie najbogatsza, a jej zdolność przepustowa największa. Dlatego też, omawiając strukturę organizacyjno-techniczną sieci łączności radioliniowej i przewodowej, a w niej ilość i rodzaj kanałów łączności w określonych kierunkach dowodzenia , nie sposób pominąć zagadnienia przepustowości. Zagadnienie to będzie omówione szczegółowo w następnym rozdziale. Aby organizowana sieć łączności przewodowej i radioliniowej była ciągła, niezawodna, odporna na zakłócenia i o właściwej przepustowości w toku operacji zaczepnej należy zwrócić szczególną uwagę między innymi na :

- właściwe planowanie łączności radioliniowej i przewodowej, odpowiednio do istniejących i przyszłych warunków sytuacji operacyjnej w ramach systemu łączności armii,
- posiadanie odpowiedniego i najkorzystniej rozmieszczonego, w stałej gotowości użycia, odwodu sił i środków łączności,
- terminowe przemieszczanie: stacji radioliniowych i aparatowni dalekosiężnych oraz budowę linni kablowych,
- prawidłowy wybór tras linii radiowych oraz linii kablowych,
- właściwy wybór rodzajów pracy poszczególnych łączy radioliniowych i przewodowych lub radioliniowo-przewodowych,
- odpowiedni dobór fal roboczych dla stacji radioliniowych
- długość i jakość kabli łącznikowych, łączących stacje radioliniowe lub aparatownie łączności dalekosiężnej,
- utrzymanie w ciągłej sprawności środków łączności radioliniowej i przewodowej,

- wysokie kwalifikacje załóg obsługujących sprzęt radioliniowy i przewodowy.

Właściwa struktura organizacyjno-techniczna sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii warunkuje terminowe i operatywne przesyłanie informacji w organizowanych relacjach łączności dla potrzeb dowodzenia wojskami.

2.4. Czynniki określające zakres wykorzystania łączności radioliniowej i przewodowej armii w procesie przesyłania informacji

Organizowana sieć łączności radioliniowej i przewodowej armii, ze względu na czynniki /wymuszenia/ wpływające na zakres jej wykorzystania, w toku operacji bardzo często nie spełnia wymagań stawianych systemowi łączności, a tym samym nie w pełni może sprostać potrzebom dowodzenia wojskami. Do zasadniczych czynników ograniczających wykorzystanie łączności radioliniowej i przewodowej armii m.in. można zaliczyć :

- zniszczenia dokonane przez nieprzyjaciela,
- zakłócenia pracy sieci łączności radioliniowej i przewodowej,
- warunki propagacji fal radiowych,
- awarie techniczne urządzeń łączności,
- rozwijanie, zwijanie oraz przemieszczanie środków i urządzeń łączności,
- ograniczone możliwości techniczno-eksploatacyjne środków i urządzeń łączności /np.: trasy linii radiowych, kablowych, dobór częstotliwości roboczych, układy pra-

cy urządzeń łączności/,

- warunki psychofizyczne załóg urządzeń łączności.

Poniżej zostały omówione szerzej niektóre z tych czynników.

W toku prowadzenia działań bojowych duże trudności występują w zakresie zapewnienia ciągłości i operatywności dowodzenia. Trudności te wynikają między innymi z dużych możliwości przeciwnika w zakresie rozpoznania radioelektronicznego, niszczenia uderzeniami jądrowymi stanowisk dowodzenia oraz zwiększamia się odległości pomiędzy stanowiskami dowodzenia, co jest powodem powstawania przerw w łączności z wojskami. Dowódcy i oficerowie organów dowodzenia /osoby funkcyjne/ oraz techniczne środki dowodzenia, a wśród nich techniczne środki łączności, będą pracować w ruchu, pod ogniem i uderzeniami jądrowymi przeciwnika, w warunkach skażenia terenu i silnych zakłóceń radioelektronicznych. Dezorganizacja pracy środków łączności może doprowadzić do utraty dowodzenia wojskami, obniżenia skuteczności działania nowych rodzajów uzbrojenia, szczególnie wojsk rakietowych, lotnictwa, środków obrony przeciwlotniczej itp./6,8,25,27,40,42,47,67,68,74/

Dla osiągnięcia celów operacyjno-taktycznych, przewiduje się wykonanie kompleksowych zadań w zakresie rozpoznania radioelektronicznego oraz zakłócania i niszczenia środków, systemów radioelektronicznych oddziałów i związków taktycznych wojsk zmechanizowanych i pancernych pierwszego rzutu operacyjnego przeciwnika, wojsk rakietowych i artylerii, wojsk obrony przeciwlotniczej i lotnictwa, działających przede wszystkim na głównych kierunkach uderzeń.

W armii USA rozpoznanie i zakłócenia radioelektroniczne prowadzą bataliony i kompanie armijnej służby bezpieczeństwa i wojny elektronicznej.[19] Na podstawie doświadczeń wojen lok

---

19/ S.Lewandowski: Wojna elektroniczna w/g poglądów zachodnic ASG 1975 r. str. 5 .

nych oraz przeprowadzonych ćwiczeń za najbardziej opłacalne uważa się zakłócenia wąskopasmowe. Uzasadnia się to tym, że mogą one być wykonane maksymalną mocą stacji zakłócających i są w stanie zerwać wymianę informacji w relacjach łączności radiowej i radioliniowej, ponieważ natężenie pola elektromagnetycznego sygnału użytecznego w stosunku do natężenia pola sygnału zakłócającego mierzonego na wyjściu kanałów urządzeń łączności jest bardzo małe. Do zakłóenia łączności radioliniowej nieprzyjaciel będzie w zasadzie stosował ten sam rodzaj sygnałów jak w łączności radiowej. Jedynie do stacji radioliniowych z czasowym zwielokrotnieniem nieprzyjaciel może stosować zakłócenia impulsowe, powodujące zerwanie synchronizacji. W celu zakłócenia linii radiowej wystarczy zakłócić pracę na jednym odcinku przelotowym i tylko jednego toru nadawczego lub odbiorczego.

Na przykład w wojnie na Bliskim Wschodzie armia izraelska korzystając z doświadczeń i sprzętu USA stosowała zarówno w zakresie KF, jak i UKF, przede wszystkim zakłócenia wąskopasmowe tylko w czasie nadawania informacji. Po przestrojeniu się środków arabskich na częstotliwości zapasowe, już po kilku minutach ponownie wprowadzono zakłócenia, co świadczy o dobrze rozbudowanym systemie rozpoznania i śledzenia wszystkich zakresów częstotliwości.

W systemie łączności radioliniowej armii, wykorzystywane są stacje radioliniowe R-404 , R-409 M1, R-405 Z pracujące w zakresie UKF na falach metrowych i decymetrowych, umożliwiające organizację kierunków, osi oraz rokad. Wymienione stacje radioliniowe służą do nawiązania łączności w różnych pasmach częstotliwości, a mianowicie R-404 , w zakresie od 1550 do 2000 MHz, na 46 falach roboczych, R-409 M1 w zakresie od 60 do 480 MHz na 1200 falach roboczych, a R-405 Z w zakresie od 60 do 69,975 MHz na 134 falach roboczych i w zakresie od 390 do 420 MHz na 101 falach roboczych. Szerokość wykorzystywanego

pasma, a w związku z tym ilości fal, ogranicza możliwość manewru nimi w warunkach radioelektronicznego oddziaływania nieprzyjaciela. Fakt pracy stacji radioliniowych na dwóch falach roboczych /oddzielnie nadajnik i odbiornik/ oraz mała ilość fal roboczych i stosunkowo wąskie pasmo częstotliwości radiolinii R-405 Z i R-404 , stwarza konieczność częściowego powtarzania częstotliwości. Taka sytuacja ułatwia nieprzyjacielowi rozpoznanie i zakłócenie środków łączności. Jedynie stacja radioliniowa R-409 M1 posiada dość szerokie pasmo pozwalające na dokonywanie zmian częstotliwości z chwilą pojawienia się zakłóceń radioelektronicznych.

W omawianych stacjach radioliniowych wykorzystywane są anteny kierunkowe, a mianowicie: w R-405 Z - kanał falowy /Yagi/ i kątowy, w R-409 M1 logarytmiczna, zetowa o zasilaniu synfazowym, a w R-404 paraboliczna. Anteny te są umieszczone na metalowych masztach o różnej konstrukcji i wysokości. Szerokość wiązki promieniowania uzależniona jest od typu anteny: np. dla anteny parabolicznej radiolinii R-404 o średnicy 1,5 metrowej wynosi od 7 do 10 stopni, natomiast dla anteny kanał falowy rdl. R-405 Z 4 - 27 stopni w zależności od płaszczyzny polaryzacji. Również zysk energetyczny anten poszczególnych stacji będzie różny i uzależniony od powierzchni czynnej anteny. Zysk energetyczny anteny stacji R-404 będzie wynosił 24 dB, natomiast stacji R-405 Z z anteną - kanał falowy tylko 6 dB.

Powyższe czynniki pozwalają między innymi na osiągnięcie znacznego zasięgu /40-50 km/ przy niewielkich mocach nadajników stacji radioliniowych. Nie pozostaje to bez wpływu na możliwość rozpoznania i zakłócenia pracy stacji radioliniowych. Posługując się wzorem na moc stacji zakłócającej :

$$P_z = \frac{K_z^2 \cdot P_s \cdot G_s \cdot R^4}{G_z \cdot r_z^4} \qquad /2.2./$$

gdzie : R - odległość nadajnika zakłócającego od odbiornika zakłócanej stacji radioliniowej w km

r_z - odległość między zakłócanymi stacjami radioliniowymi w km

P_z - moc nadajnika zakłócającego w watach

G_z - zysk energetyczny anteny stacji zakłócającej

P_s - moc zakłócanej stacji radioliniowej

G_s - zysk antenowy zakłócanej stacji radioliniowej

K_z - współczynnik skuteczności zakłóceń w zależności od gleby, przyjmuje się od 0,6 do 1,8.

Zysk energetyczny anteny można obliczyć ze wzoru :

$$G = 4\pi \frac{S_p}{\lambda^2} \cdot M \qquad /2.3./$$

gdzie : S_p - powierzchnia anteny w m^2

λ - długość fali w m

M - współczynnik zależny od typu anteny, którego wartość zawarta jest w granicach 0,5 - 0,8

Należy stwierdzić, że zakłócenie pracy stacji radioliniowej przez nieprzyjaciela jest uzależnione od mocy stacji zakłócającej, odległości w czwartej potędze, zysku antenowego, mocy stacji zakłócanej, oraz kwadratu współczynnika zakłóceń. A więc ze wzrostem zysku antenowego nieprzyjaciel musi zwiększyć moc swojego nadajnika zakłócającego Zasięg zakłócenia pracy stacji radioliniowej znacznie przewyższa bezpośredni zasięg łączności stacji i może dochodzić do 150 km /jeżeli urządzenie zakłócające jest zamontowane na śmigłowcu/

Wadą stacji radioliniowej jest to, że nadajnik, bez względu na rodzaj pracy, ciągle emituje energię elektromagnetyczną.

Fakt ten ułatwia nieprzyjacielowi rozpoznanie trasy,a zjawisko kierunkowości promieniowania anten sprawia,że wykrytą stację można skutecznie zakłócić nie tylko na kierunku głównego listka charakterystyki promieniowania anteny,lecz także na listkach bocznych i to z mniejszą mocą.

Można stwierdzić,że skuteczność zakłócania łączności radioliniowej jest najczęściej większa od łączności radiowej ponieważ :

- zakłócenia pracy liniii radiowej /kierunku radioliniowego/ powodują przerwę w łączności na kilku lub kilkunastu łączach radioliniowych,telefonicznych i telegraficznych w danym kierunku dowodzenia;
- użycie pośrednich stacji radioliniowych linii radiowej /np. podczas wykorzystywania osi radioliniowej/ zwiększa prawdopodobieństwo zakłócenia;
- kierunkowość promieniowania i zysk energetyczny anten w określonych sytuacjach,zwiększają możliwości zakłócenia
- ciągłe promieniowanie energii elektromagnetycznej przez stacje radioliniowe ułatwia ich wykrycie.

Potencjalny przeciwnik posiada różnorodne środki walki radioelektronicznej,którymi jest w stanie w znacznym stopniu utrudnić dowodzenie,a nawet spowodować przerwy.Według poglądów istniejących w siłach zbrojnych NATO obezwładnienie zakłóceniami zamierza się realizować za pomocą specjalnych stacji zakłócających,zamontowanych na samochodach,samolotach i śmigłowcach oraz za pomocą nadajników zakłócających jednorazowego użytku wystrzeliwanych przez rakiety i artylerię lub zrzucanych z samolotów i śmigłowców w rejonie stanowisk dowodzenia i wązłów łączności.

Aby zapewnić ciągłe niezawodne działanie systemu łączności w warunkach silnego oddziaływania radioelektronicznego nie-

przyjaciela [20], muszą być spełnione następujące warunki :

a/ należy zaplanować przedsięwzięcia w zakresie maskowania radiowego i radioliniowego zgodnie z planem maskowania operacyjnego z następującymi celami :

- skrycie zamiaru i ugrupowania operacyjnego wojsk własnych,
- prowadzenie wszechstronnej dezinformacji,
- skrycie faktycznego systemu łączności i demonstrowanie pozornego, /np. na ćwiczeniu TARCZA-76 do tego celu użyto 10 % środków radiowych i radioliniowych/,
- utrudnienie przeciwnikowi rozpoznania prawdziwego systemu łączności w wyniku stosowania odpowiednich okresów wykorzystania poszczególnych środków łączności;

b/ należy przeciwnikowi uniemożliwić zorganizowanie skutecznych zakłóceń przez :

- niszczenie i obezwładnianie wykrytych środków walki radioelektronicznej za pomocą środków rażenia,
- przestrzeganie takich odległości pomiędzy stanowiskami dowodzenia, a tym samym i korespondującymi stacjami, aby były one mniejsze od odległości tych stanowisk od stacji zakłócających /np. analiza łączności radioliniowej w ćwiczeniu TARCZA-76 wykazała, że strona przeciwna mogła zakłócić stacjami naziemnymi tylko około 50 % pracujących stacji/;

c/ należy stosować określone przedsięwzięcia z zakresu ochrony łączności radioliniowej przed zakłóceniami, a mianowicie:

- organizować w miarę możliwości łączność na podstawowych kierunkach za pomocą środków radioliniowych pracujących w różnych zakresach częstotliwości,

---

20/ K.Patkowski : Ochrona radioelektroniczna systemów łączności armii i dywizji przed rozpoznaniem i zakłóceniami. ASG 1977, str. 15.

- organizować dodatkowe linie radiowe, aby móc realizować połączenia okrężne,
- przechodzić z fal roboczych na zapasowe,
- zarządzać ciszę radioliniową /w przypadku istnienia łączności przewodowej/,
- odpowiednio wybierać trasy linii radiowych i miejsca rozmieszczenia stacji radioliniowych,
- pracować stacjami radioliniowymi z minimalną mocą wyjściową nadajników /np. R-409 i R-405/,
- rozwijać maszty antenowe na niepełne wysokości i stosować anteny małowymiarowe /np. R-404/,
- zmieniać polaryzację anten /np. R-405/.

Istotny wpływ na pracę środków łączności będą także mieć warunki propagacji fal elektromagnetycznych. W dużym stopniu będą one zależeć od wybuchów broni jądrowej, dokonywanych na różnych wysokościach. Wybuchowi jądrowemu towarzyszą dwa rodzaje efektów elektromagnetycznych. Jeden z nich polega na promieniowaniu impulsów elektromagnetycznych o krótkim czasie trwania /podobny do wyładowania atmosferycznego/. Natomiast drugi wpływa na zmianę elektrycznych właściwości atmosfery w rejonie wybuchu jądrowego i może wywołać znaczne zaburzenia w propagacji fal radiowych. Powstałe przy wybuchach promieniowanie radioaktywne i cieplne powoduje dodatkową jonizację atmosfery, której stopień zależy od wysokości i mocy wybuchu. Podczas wybuchu na wysokościach mniejszych od 16 km obłok radioaktywny prowadzi do powstania znacznej koncentracji elektronów w warstwie D, która może istnieć przez kilka godzin. Ponieważ gęstość atmosfery tych warstw jest duża i podczas przemieszczania się elektronów zachodzi rekombinacja, zjonizowany obszar warstwy D będzie stosunkowo niewielki. Przy

wybuchach na wysokościach 16 do 64 km, gdzie gęstość jest mała warstwa D jonosfery będzie silnie jonizowana, a obszar jonizowany może osiągnąć odległość do 3.200 km od punktu zerowego wybuchu. Wybuchy na wysokościach 64 do 112 km powodują przemieszczenie się cząstek promieniowania na odległość kilku tysięcy kilometrów, jednakże odległości obszaru, w których zachodzi jonizacja warstwy D są ograniczone krzywizną ziemi i wynoszą ok. 1.000 km. Stwierdzono, że fale radiowe o różnej długości są różnie tłumione i rozpraszane przez silnie zjonizowaną warstwę D jonosfery.

Na szczeblu armii do organizacji sieci łączności radiolinowej są wykorzystywane stacje radioliniowe horyzontalne /R-405 Z , R -409 M i R-404 / pracujące na falach metrowych i decymetrowych. Fale o częstotliwościach zakresu metrowego /30 - 300 MHz/ posiadają zdolność przechodzenia przez "normalną" jonosferę. Ze względu na swoje możliwości propagacyjne zakres ten głównie wykorzystywany jest do łączności w granicach widoczności optycznej anten /przy braku stacji pośrednich/, ale możliwa jest również łączność na duże odległości w wyniku rozproszenia w kierunku ziemi niewielkiej ilości przekazywanej energii przez obszary o niezwykle wysokiej jonizacji. W stosunku do zakresu metrowego można wskazać dwa rodzaje oddziaływań wybuchu jądrowego. Zwiększona gęstość elektronów w atmosferze doprowadzi do zwiększenia efektu rozproszenia, w wyniku czego powinna nastąpić poprawa łączności na falach rozproszonych. Z drugiej strony jednak podwyższony stopień jonizacji powoduje pochłanianie znacznej części energii sygnału przez co zostanie on osłabiony.

Rozprzestrzenianie się fal zakresu decymetrowego /300-3000 MHz/ w małym stopniu podlega oddziaływaniu jonosfery o normalnym stopniu jonizacji. Fale te są wykorzystywane do łączności w granicach widoczności optycznej między stacjami naziemnymi

lotniczymi i satelitami. Fale decymetrowe posiadają właściwości rozpraszania się w atmosferze. Efekt rozproszenia się f nazywamy rozproszeniem troposferycznym - jest wykorzystywany łączności wzdłuż powierzchni ziemi /na odległość 1500 i więc kilometrów/.

Wybuchy jądrowe wywołujące zaburzenia jonosferyczne stosunkowo mało oddziaływują na pracę środków utrzymujących łączność w granicach optycznej widoczności anten. Praca ich może być tylko naruszona na krótki okres czasu w wyniku wybuchu na powierzchni ziemi lub na małej wysokości, a szczególnie pomiędzy bezpośrednio współpracującymi stacjami.

Natomiast łączność radiowa, nawet w ciągu kilku godzin po wybuchu, może być w znacznym stopniu jeszcze sparaliżowana. Należy się liczyć z możliwością zwiększenia obciążenia /strumienia zgłoszeń/ napływającego do kanałów radioliniowych i przewodowych, które będą zastępowały kanały radiowe.

Jak wspomniano wyżej, przy wybuchu jądrowym powstaje krótkotrwały impuls elektromagnetyczny, wywołujący przepięcia w urządzeniach antenowych i liniach kablowych /powstałe silne prądy topią przewody i niszczą izolację np. obwodów wejściowych/ uszkadzają aparaturę urządzeń łączności, porażają siłę żywą pomimo zabezpieczenia doprowadzeń linii kablowych i urządzeń antenowych odgromnikami oraz bezpiecznikami. Na oddziaływanie szczególnie jest narażona dalekosiężna sieć łączności przewodowej, sieć kablowa i urządzenia antenowe środków radioelektronicznych. Zasięg oddziaływania impulsu elektromagnetycznego powstałego przy wybuchu jądrowym przedstawiono w tabeli nr 2.2:

TABELA Nr 22.2.

Moc wyb. kt.	Promienie stref indukowania napięcia w antenach o wys. powyżej 10 m i w napowietrz. liniach łączności - w km		Promienie stref indukowania napięcia pomiędzy żyłą nieekran. linii kablowej o dł. 1 m., a ziemą w km.	
	10 kV	50 kV	10 kV	50 kV
1	2	1	1,1	0,4
10	2,5	1,3	1,6	0,6
100	3	1,5	2	0,7
1000	3,3	1,7	2,4	0,9

Wybuchy jądrowe stanowią zatem skuteczny środek walki, który może zniszczyć i obezwładnić sieci łączności radioliniowej i przewodowej z różnych odległości i w różny sposób.
Również pozostałe czynniki występujące przy wybuchu broni jądrowej takie, jak : fala uderzeniowa, promieniowanie przenikliwe, cieplne, i tp. rażą sprzęt łączności, np. fala uderzeniowa uszkadza anteny stacji radioliniowych, które posiadają niewielką mechaniczną odporność; promieniowanie przenikliwe zmienia parametry rezystorów, kondensatorów, uszkadza płytki kwarcu, zmienia charakterystyki tranzystorów i tp. Dlatego też istotnego znaczenia nabiera wykonanie ukryć dla urządzeń łączności w ramach zabezpieczenia inżynieryjnego stanowiska dowodzenia, układanie kabli polowych w ziemi, czy maskowanie urządzeń łączności szczególnie tych, które znajdują się w węzłach łączności.

W wypadku zniszczenia lub obezwładnienia sieci łączności radioliniowej i przewodowej, zachodzi konieczność natychmiastowego jej odtworzenia. Odwtorzenie sieci łączności radioliniowej i przewodowej dla potrzeb dowództwa i sztabu armii powinno być wykonane w ciągu dwóch godzin, a w pewnym zakresie po 4-6 godzinach. Przy odtwarzaniu łączności armii w pasie jej działania należy uwzględniać możliwość pokonywania stref skażeń promieniotwórczych. Możliwy czas przekroczenia strefy skażeń promieniotwórczych pokazano na przykładzie wybuchu o mocy 50 k w odległości 10 km od centrum wybuchu, co obrazuje tabela nr 2

TABELA Nr 2.3.

Dawka napromieniowania w R	Możliwy czas przekroczenia strefy skażeń promieniotwórczych na pojazdach w minutach:	
	Wozy dowodzenia	Samochody
10	100	210
30	50	90
50	35	70

Zakres oddziaływania wymienionych czynników na system łączności jest bardzo szeroki i zawiera się od zmiany parametrów kanałów łączności/np.wzrost zakłóceń,zmniejszenie przepustowości itp./poprzez zmniejszenie liczby dostępnych z punktu widzenia wymiany informacji, kanałów łączności, aż do głębokich zmian strukturalnych, spowodowanych wyeliminowaniem z eksploatacji całych wiązek łączy lub węzłów łączności.

Czynniki te w sposób istotny wpływają na niezawodną pracę lin

węzłów łączności. Na właściwą pracę, będą miały wpływ również uszkodzenia techniczne urządzeń łączności wchodzące w ich skład. Z dokonanej analizy wskaźników i charakterystyk urządzeń łączności wynika, że uszkodzenia w stosunku do badanego okresu czasu będą występowały stosunkowo rzadko. I dlatego ich wpływ na analizowaną sieć łączności będzie znikomy. Z tej też przyczyny w dalszych rozważaniach będą pominięte.

III. METODY BADANIA PRZEPUSTOWOŚCI SIECI ŁĄCZNOŚCI RADIOLINIOWEJ I PRZEWODOWEJ ARMII

3.1. Charakterystyka metod badania sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii

Wraz ze wzrostem wymagań stawianych dowodzeniu na współczesnym polu walki wzrosły wymagania stawiane systemowi łączności,co zwiększyło jego złożoność i wielkość.Sieć łączności radioliniowej i przewodowej armii w operacji zaczepnej jest systemem złożonym.Jego złożoność polega na istnieniu powiązań i wzajemnym wpływie poszczególnych części składowych i elementów.Zapewnienie elastycznej,terminowej,wiarygodnej i niezawodnej łączności woperacji zaczepnej armii staje się nielada problemem.Zachodzi więc potrzeba organizowania coraz bardziej efektywnej i elastycznej sieci łączności radioliniowej i przewodowej,a także właściwego kierowania nią.W warunkach obecnego pola walki podejmowanie decyzji dotyczących struktury sytemu łączności i kierowania nim staje się coraz mniej precyzyjne. Dlatego też rozwiązanie tego problemu można osiągnąć poprzez badanie systemów łączności przy znajomości i umiejętnym zastosowaniu właściwej metody badawczej,aby drogą prób i poszukiwań uzyskać najkorzystniejszy wynik,a na polu walki podjąć właściwą decyzję.

Badanie systemów uwarunkowane jest takimi elementami, jak:

- cel badań systemu,
- metody rozwiązywania problemu i aparat umożliwiający ich zastosowanie.

Badania podzielić można na następujące etapy :

- sformuowanie problemu,

- określenie celu badań i przyjęcie kryteriów oceny wyników,
- badanie działania danego systemu oraz poszukiwanie przyczyn i możliwych skutków dokonywanych zmian jako wyniku przewidywanych różnych wersji rozwiązań,
- wybór najlepszego rozwiązania.

Ogólnie rzecz biorąc, badanie systemów może być realizowane przy pomocy następujących metod badawczych, polegających na :

- obserwacji stanu rzeczywistego /metody eksperymentalne/,
- wykorzystanie modeli badanego systemu /metody modelowania/.

Metody eksperymentalne polegające na obserwacji systemów rzeczywistych mają zastosowanie wtedy, gdy koszty badań i warunki ich realizacji pozwalają na ich przeprowadzenie.
W przypadku badania systemu łączności przeprowadzenie obserwacji jego funkcjonowania i określenie jego parametrów, między innymi jego przepustowości w warunkach rzeczywistego pola walki, jest zadaniem kosztownym, długotrwałym i trudnym do wykonania ze względu na złożoność i niepowtarzalność sytuacji taktyczno-operacyjnej. Fragmentaryczne wyniki przeprowadzonych ćwiczeń szkieletowych lub z wojskami są niepełne i nie odzwierciedlają faktycznego stanu rzeczy. Mając to na uwadze, jedynie słuszną metodą jest prowadzenie badań modeli systemów łączności /metoda modelowania/. /10,13,18,22,48,50,61,80/

Ogólnie można stwierdzić, że model jest odwzorowaniem rzeczy i zjawisk czy procesów, które zamierzamy stworzyć lub określić. Innymi słowy: model powinien przedstawiać elementy systemu, wzajemne ich powiązanie i oddziaływanie. Otaczającą nas rzeczywistość można odzwierciedlić przy pomocy wielu form jak również można spotkać wiele rodzajów modeli i sposobów

ich klasyfikacji. Podział modeli na rodzaje, klasy czy grupy, przeprowadza się na podstawie kryteriów, przyjętych zależnie od konkretnych potrzeb, a wynikających z celu któremu klasyfikacja ma służyć.

Za jeden z najprostszych, ale niezbyt ścisłych kryteriów podziału modeli, można przyjąć charakter "materiału" /myśl, pismo, rysunek, materia, energia i tp./, z którego powstają:

- modele doznaniowe,
- modele opisowe,
- modele fizyczne.

Również modele można podzielić według formy odzwierciedlenia badanej rzeczywistości następująco :

- poglądowe,
- słowne,
- analogowe,
- matematyczne.

Budowa modelu, jego badanie oraz poszukiwania analogii pomiędzy zbudowanym modele a rzeczywistym systemem, charakteryzują badania modelowe. Zbudowane modele systemu stanowią przedmiot modelowania.

Modelowanie jest metodą badania procesów technicznych, fizycznych, chemicznych, bilogicznych i innych polegającą na dokonywaniu prób i pomiarów na modelach jako układach dogodnych ze względu na dużą różnorodność dostępnych technik pomiarowych, większe bezpieczeństwo operatora, mniejsze koszty badań.

W odniesieniu do systemów wojskowych, a szczególnie do sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii, ze względu na złożoność procesu i warunki w jakich funkcjonuje, poszukiwanie analogii między systemem rzeczywistym, a zbudowanym mode

lem sprawia pewne trudności.

Metody modelowania przyjęto zasadniczo dzielić na trzy rodzaje :

- modelowanie fizyczne,
- modelowanie analogowe,
- modelowanie matematyczne /strukturalne/.

Modelowanie fizyczne polega na budowaniu w odpowiedniej skali modelu mającego tę samą naturę fizyczną co badany układ.

Modelowanie analogowe wykorzystuje podobieństwo zjawisk zachodzących w układach o zupełnie odmiennej naturze.

Modelowanie matematyczne polega na formułowaniu zależności matematycznych opisujących badany proces i wyznaczeniu na ich podstawie wartości zmiennych, lub przebiegu funkcji interesujących badacza.

W modelowaniu matematycznym wyróżnia się :

- metodę analityczną,
- metodę symulacyjną.

Metoda analityczna polega na tym, że korzysta się w niej ze schematów : opis matematyczny - rozwiązanie równań. Zasadniczą zaletą tej metody jest gwarancja poprawnego wyniku jeżeli przy formułowaniu opisu matematycznego nie zostały poczynione żadne uproszczenia w założeniach i jeśli równanie rozwiązano dokładnie. W praktyce jednak udaje się spełnić te warunki dla względnie prostych systemów.

Metoda symulacyjna polega na tworzeniu modelu systemu, a właściwie procesu, i przeprowadzeniu eksperymentów na takim modelu. Metoda symulacyjna odgrywa szczególnie ważną rolę w procesie badania złożonych systemów. Dane uzyskane w wyniku jej realizacji dostarczają informacji o zachowaniu się systemu pod wpływem określonych zakłóceń /w postaci zmian parametrów/

wprowadzonych do modelu przez badającego w sposób z góry ustal
ny.Metody symulacji są obecnie niezastąpionym środkiem prognoz
zwłaszcza w stosunku do obiektów opisywanych przez złożone uk
dy zależności między zmiennymi występującymi w modelach matem
tycznych tych obiektów./2,3,36,38,63,64,83/

Stosując elektroniczne maszyny cyfrowe można bardzo szy
ko wykonać dostatecznie dużo eksperymentów nie powodując zakł
ceń w pracy systemu i przy małych nakładach kosztów.

Efektem końcowym procesu badania systemów łączności,bez
względu na to czy badaniu podlega tylko model,czy też system
rzeczywisty,jest jakościowa ocena procesów w nim zachodzących
W większości przypadków mamy do czynienia z systemami,z który
każdy opisywany jest dużą ilością parametrów.System lepszy we
ług jednych parametrów może okazać się gorszym według innych.
W związku z tym wynikła konieczność uogólnionej ilościowej oc
wojskowych systemów łączności w pełni charakteryzującej jakoś
systemu.Sformułowanie takiej oceny musi być przeprowadzone w
oparciu o wszechstronne i kompleksowe rozpatrzenie struktury
i funkcjonowanie badanego systemu łączności.Struktura systemu
bowiem ściśle wiąże się z jej funkcjonowaniem.Systemy z bardz
złożoną strukturą charakteryzują się bardziej złożonym fnkcjo
waniem.Nasuwa się więc pytanie : na ile efektywnie system wyk
nuje zadanie,dla realizacji którego został zaprojektowany.
O stopniu celowości wykorzystania systemu łączności do wymian
informacji w określonym czasie będzie świadczyć efektywność
funkcjonowania systemu.Ocenę efektywności przeprowadza się pr
pomocy specjalnych kryteriów,rozumianych jako miary stanowiąc
punkty odniesienia wielkości badanych parametrów decydujących
o jakości funkcjonowania systemów.

Jednym z pierwszych kroków podjętych dla ilościowego określenia efektywności okazuje się określenie postaci wskaźnika,który mógłby w wymierny sposób mówić o przystosowaniu sieci łączności do wypełnienia odpowiednich funkcji.Problemom określenia warunków i wymagań,którymi należy się posługiwać przy wyborze wskaźnika efektywności,jak również samej jego postacji poświęcono w literaturze dużo uwagi.

Prawidłowy wybór kryterium warunkuje sukces w ocenie.Proponuje się przy wyborze wskaźników efektywności wziąć pod uwagę następujące właściwości którymi powinny się cechować:

- wypływać z przeznaczenia systemu i posiadać sens fizyczny;
- dostatecznie i w pełni odzwierciedlać cechy systemu i maksymalnie uwzględniać wpływ różnych czynników na wybrane kryterium oceny;
- być konkretnym,to jest jednoznacznie - liczbowo wyrażać wyróżnioną cechę,co pozwoli zabezpieczyć obiektywność oceny przy porównywaniu systemów;
- być efektywnym w sensie statystycznym,tj.posiadać dostatecznie małą wariancję;
- opierać się na parametrach technicznych środków wykorzystywanych w systemie i być dogodnymi w pracach projektowych;
- zabezpieczać dogodność i prostotę eksperymentalnego sprawdzenia.

W charakterze wskaźnika efektywności zazwyczaj przyjmuje się,albo prawdopodobieństwo zajścia jakiegoś zdarzenia, albo wartość oczekiwaną w pewnej wielkości losowej.Do najczęściej spotykanych wskaźników charakteryzujących efektywność wymiany informacji w systemie łączności zaliczyć należy:[21/]

- prawdopodobieństwo straty zgłoszenia:

21/ Owczinnikow W.N. "Organizacja pieredaczi informacji w awtomatizirowanych sistiemach uprawlenia"-Moskwa 1974 str.91.

$$P_{str} = \frac{\alpha^{n_k} / n_k!}{\sum_{k=0}^{n} \alpha^k / k!} \qquad /3.1./$$

gdzie : n_k - ilość występujących kanałów /relacji/;

k - ilość zgłoszeń;

$\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$ gdzie: λ - intensywność strumienia zgłoszeń;

μ - intensywność przekazywania wiadomości;

- względną zdolność przepustową sieci:

$$D_o = 1 - P_{str} \qquad /3.2./$$

- bezwzględną zdolność przepustową sieci:

$$D_a = D_o \cdot \lambda \qquad /3.3./$$

- średni czas przekazywania wiadomości :

$$\bar{T}_{prz} = \frac{1}{n_w} \sum_{i=1}^{n_w} t_{prz}^{\,i} \qquad /3.4./$$

gdzie: n_w - ogólna liczba przekazywanych wiadomości;

$t_{prz}^{\,i}$ - czas przekazywania i-tej wiadomości.

- intensywność przekazywania wiadomości:

$$\mu = \frac{1}{T_{prz}} \qquad /3.5./$$

- średni czas oczekiwania na przekazanie wiadomości:

$$\bar{T}_{ocz} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} t_{ocz}^{j} \qquad /3.6./$$

gdzie: t_{ocz}^{j} - czas oczekiwania na przekazanie j-tej wiadomości.

W tych przypadkach, gdy zbyt długie przebywanie wiadomości w systemie prowadzić może do zakłóceń podczas skutecznego wykorzystania zawartej w niej informacji jako wskaźnika efektywności, przyjmuje się prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości:

$$P_t = P\left\{ t_{ef} + t_{poł} \right\}_{śr} \leq t_d \qquad /3.7./$$

gdzie: t_d - czas deaktualizacji informacji,

t_{ef} - czas efektywnego przekazania wiadomości,

$t_{poł}$ - czas niezbędny do połączenia abonentów i wykonanie innych czynności pomocniczych.

Efektywność funkcjonowania systemu można oceniać za pomocą średniego czasu pobytu wiadomości w systemie :

$$\bar{T}_{pob} = \sum_{r=1}^{R} \frac{\lambda_r}{\Lambda} \bar{T}_r \qquad /3.8./$$

gdzie: R - liczba relacji;

λ_r - intensywność strumienia zgłoszeń w r-tej relacji;

$\bar{T}_r$ - średni czas pobytu wiadomości w r-tej relacji;

$\Lambda = \sum_{r=1}^{R} \lambda_r$ - intensywność strumienia zgłoszeń w sieci.

System łączności może być rozpatrzony z punktu widzenia efektywności ekonomicznej :

$$\gamma = \frac{f/J, P_t/}{E_e} \qquad /3.9./$$

gdzie: P_t - jakość produkcji systemu charakteryzowana przez prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości;

E_e - ogólne nakłady ekonomiczne;

J - ilość produkcji systemu.

$$J = I \cdot L \qquad /3.10/$$

gdzie: I - liczba standartowych wiadomości przekazywanych w czasie pracy systemu;

L - odległość na jakie przekazywane są wiadomości.

W szeregu publikacjach [1,8,12,13,18,38,45,65] można spotkać się z próbami łączenia kilku wskaźników efektywności w jedno uogólnione kryterium w postaci:

$$W = \sum_{i=1}^{N} \beta_i \, W_i \qquad /3.11./$$

gdzie: W_i - szczegółowe wskaźniki efektywności;

β_i - współczynniki wagowe;

N - liczba uwzględnionych szczegółowych wskaźników efektywności.

Jednak stosowanie powyższego kryterium jest utrudnione ze względu: na subiektywność oceny związaną z pewną dowolnością przy wyborze współczynników wagowych, niedociągnięcie w jednym wskaźniku szczegółowym może być kompensowane kosztem innego wskaźnika.

Złożoność funkcji spełnianych przez system łączności radioliniowej i przewodowej/ specyfika jego funkcjonowania/ jak również potrzeba wszechstronnej oceny przy porównywaniu równoważnych rozwiązań systemowych powoduje, że powinien on być oceniany przy pomocy pewnego zbioru wskaźników, w którym wyróżnia się kryterium zasadnicze oraz szereg warunków ograniczających. Jako zasadnicze kryterium przyjmuje się zwykle w takich wypadkach wskaźnik efektywności, decydujący o stopniu przystosowania systemu do zabezpieczenia skuteczności dowodzenia wojskami. Jako ograniczenia przyjmuje się wskaźniki, które nie decydują bezpośrednio o stopniu realizacji zadań stawianych systemowi, lecz pozwalają osiągnąć cel mniejszym kosztem i w krótszym czasie.

Jako wskaźnik efektywności funkcjonowania systemu przyjęto prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości:

$$P_t = \frac{\sum_{i=1}^{R} Z_{ob}^{i}}{\sum_{i=1}^{R} Z_{ob}^{i} + \sum_{i=1}^{R} Z_{z}^{i}} \qquad /3.12./$$

gdzie: R - liczba relacji łączności;

Z_{ob}^{i} - liczba terminowo przekazanych wiadomości w i-tej relacji;

Z_{z}^{i} - liczba zdeaktualizowanych wiadomości w i-tej relacji.

Do kryteriów pomocniczych zaliczono:

- prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w j-tej klasie priorytetów

$$P_{t\,j} = \frac{\sum_{i=1}^{R} Z_{ob(j)}^{i}}{\sum_{i=1}^{R} Z_{ob(j)}^{i} + \sum_{i=1}^{R} Z_{z(j)}^{i}} \qquad /3.13./$$

gdzie: $Z_{ob(j)}^{i}$ - liczba terminowo przekazanych wiadomości w j-tej klasie priorytetu w i-tej relacji;

$Z_{z(j)}^{i}$ - liczba zdeaktualizowanych wiadomości w j-tej klasie priorytetu w i-tej relacji.

- średni czas pobytu wiadomości w systemie łączności:

$$\bar{T}_{pob} = \frac{1}{Z_{ob}} \sum_{i=1}^{Z_{ob}} t^{i}_{pob} \qquad /3.11./$$

gdzie: Z_{ob} - liczba terminowo przekazanych wiadomości w systemie;

t^{i}_{pob} - czas pobytu i-tej wiadomości w systemie.

- średni czas oczekiwania wiadomości w kolejce w węźle źródłowym:

$$\bar{T}_{ocz} = \frac{1}{Z_{ob}} \sum_{i=1}^{Z_{ob}} t^{i}_{ocz} \qquad /3.15./$$

gdzie: t^{i}_{ocz} - czas oczekiwania i-tej wiadomości w kolejce.

- średnią długość kolejki :

$$Q_{śr} = \frac{1}{t\ sym} \cdot Q_{\ell} \qquad /3.16./$$

gdzie: Q_{ℓ} - sumaryczna wartość kolejki;

t sym - czas trwania symulacji.

- współczynnik wykorzystania kanału łączności:

$$\mathcal{H} = \frac{1}{t\ sym} \cdot t_z \qquad /3.17./$$

gdzie: t_z - sumaryczny czas zajętości kanału przez wiadomość.

Przedstawione wskaźniki nie uwzględniają nakładów ekonomicznych ponoszonych przy organizacji i eksploatacji systemu łączności, jednak w wystarczającym stopniu pozwalają badaczowi ocenić efektywność jego funkcjonowania, jak również określić jego przydatność do realizacji procesu dowodzenia wojskami armii.

Badanie całościowe systemu, czyli wszystkich jego parametrów i właściwości może doprowadzić do zbyt dużych, a czasem nie wykonalnych praktycznie zadań matematycznych przez jednego badacza nawet przy użyciu maszyn cyfrowych. Stąd też badanie sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii w rozprawie ograniczono do jednego z podstawowych parametrów jakościowych, a mianowicie przepustowości tej sieci w wybranym okresie operacji zaczepnej.

3.2. Wybrane metody analityczne badania przepustowości sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii.

Problemy występujące przy organizacji sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii można podzielić następująco:

- zagadnienia związane z przesyłaniem informacji,
- zagadnienia związane z dostarczeniem informacji do adresatów.

Zagadnienie przesyłania informacji jest uzależnione od budowy kanałów łączności, użycia aparatury końcowej oraz wierności transmisji. Wskaźnikami jakościowymi tej grupy są: wierność

przekazywanej informacji i zdolność przepustowa sieci łączności. Do drugiej grupy zagadnień można zaliczyć: zagadnienia budowy sieci dostarczania informacji, kanały i urządzenia przetwarzania informacji. Wskaźnikami jakościowymi tej grupy są: niezawodność dostarczonej informacji, szybkość dostarczania informacji, stopień wykorzystania środków łączności.

Ogólnie przyjęto, że w sieci łączności wymiana informacji dokonuje się za pomocą łączenia kanałów i linii abonenckich. W zależności od sposobu łączenia kanałów i linii abonenckich sieci dzielą się na: niekomutowane i komutowane. Siecią niekomutowaną nazywa się sieć, w której do realizacji każdego strumienia służą odrębne zbiory dróg, przy czym z kanałów należących do tych dróg korzysta się do załatwienia tylko jednego strumienia informacji bez możliwości stosowania ich do załatwienia innych strumieni. W praktyce spotyka się określenie połączeń bezpośrednich /sztywne/.

W sieci komutacji kanałów dla przekazania informacji każdorazowo jest zestawiane połączenie, przy czym przy realizacji połączenia mogą być użyte dowolne kanały występujące w danym kierunku. Natomiast sieć komutacji informacji nie wymaga zestawienia połączenia między abonentami. Informacje w postaci wiadomości zawierające adres, numer odbiorcy wiadomości, kategorię, są przekazywane kolejno między węzłami sieci. W węzłach sieci znajdują się urządzenia pamięciowe, które w pierwszej kolejności przyjmują przekazywaną informację, a następnie poprzez jeden lub wiązkę wolnych kanałów kierują ją do urządzeń pamięciowych sąsiednich węzłów. Proces ten trwa tak długo, aż wiadomości dotrą do urządzeń pamięciowych węzła do którego podłączeni są odbiorcy wiadomości, skąd zostają one bezpośrednio przekazane adresatom.

W rzeczywistych sieciach łączności oba te sposoby komutacji mogą występować jednocześnie. Teoretycznie możliwe jest a nawet czasami celowe stosowanie „kombinowanego sposobu komutacji. Stanowi on połączenie sposobów przedstawionych poprzednio. W pierwszej kolejności opierając się na komutacji kanałów następuje próba zestawienia całej drogi połączeniowej między abonentami systemu. Jeżeli próba nie powiedzie się, to wiadomość łącznie z adresem zapisywana jest w pamięci węzła do którego można było zestawić drogę, a następnie przesyłanie odbywa się tak jak w sieciach komutacji informacji.

Komutacja kanałów i komutacja informacji jest często wykorzystywana dla potrzeb transmisji danych oraz przy przekazywaniu informacji telegraficznych. Tych dwóch systemów nie można rozpatrywać jako konkurujących ze sobą. Celowość zastosowania tego lub innego systemu zależy od szeregu warunków, a w tym od charakteru i wielkości obciążenia, wymaganych rodzajów pracy, wykorzystania kanałów itp. Podstawowe cechy tych sposobów komutacji można ująć następująco [22]:

1. Wykorzystanie kanałów łączności dla komutacji informacji dzięki obecności pamięci w węzłach komutacyjnych i tworzeniu się kolejek z przesyłanych wiadomości w warunkach zwiększonego obciążenia, może osiągnąć większą wartość niż w przypadku komutacji kanałów, gdzie jest ono ograniczone przez dopuszczalny procent niezrealizowanych połączeń. Przy komutacji kanałów do przesłania tej samej objętości informacji potrzeba kilkakrotnie więcej kanałów niż przy zastosowaniu komutacji informacji.

22/ J. Zwierko: Niektóre problemy budowy sieci łączności teledacyjnej terytorialnego zautomatyzowanego systemu kierowania Siłami Zbrojnymi kraju. Warszawa 1976, str. 2.

2. W przypadku gdy objętość przekazywanej wiadomości w sieci łączności nie przekracza wartości dla której była projektowana, średnie straty wynikające z niemożliwości zestawienia drogi połączeniowej zawierają się w dopuszczalnych granicach, to pod względem szybkości przekazywania informacji, komutacje kanałów wykazują przewagę nad komutacją informacji. Dlatego, że w komutacji kanałów nie występują straty czasowe wynikłe z przesyłania wiadomości pomiędzy węzłami tranzytowymi.

3. Dla komutacji kanałów możliwe są jedynie połączenia pomiędzy abonentami posiadającymi urządzenia końcowe o jednolitych parametrach w zakresie szybkości, kodów i pracujące poprzez jednolite co do szybkości przekazywania kanały łączności /o takiej samej zdolności przepustowej/. Realizacja automatycznych wieloadresowych i okólnikowych połączeń jest w takim przypadku utrudniona, a niekiedy wręcz niemożliwa. W wypadku stosowania komutacji informacji ograniczenia tego typu nie występują, lecz uniemożliwia ona z kolei prowadzenie dwustronnej wymiany informacji.

4. Komutacja informacji w warunkach przeciążenia sieci np. powstałego z uszkodzenia relacji, jest bardziej korzystna w porównaniu z komutacją kanałów. Wynika to przede wszystkim z możliwości pełniejszego wykorzystania zdolności przepustowej sieci.

5. Sposób komutacji wpływa również na efektywność pracy punktów abonenckich. Wykorzystanie pamięci w węzłach komutacji informacji pozwala na zmniejszenie czasu i wysiłku wkładanego przez abonenta w celu uzyskania połączenia i przekazania wiadomości, a tym samym zwiększa efektywność jego pracy.

6. Aparatura węzłów komutacji kanałów realizuje bardziej proste funkcje w porównaniu z aparaturą węzłów komutacji informacji, co powoduje, że jest ona znacznie mniej złożona technicznie.

Sieć łączności radioliniowej i przewodowej armii w operacji zaczepnej jest siecią komutowaną.

Zadaniem sieci radioliniowej i przewodowej jest umożliwienie przesłania informacji do adresata, a tym samym udostępnienie dróg połączeniowych w realizacji żądanego połączenia o odpowiednich wymaganiach takich, jak : szybkość nadawania, jakość obsługi itp. Drogi połączeniowe powinny zapewniać najbardziej skuteczne wykorzystanie urządzeń sieci łączności.

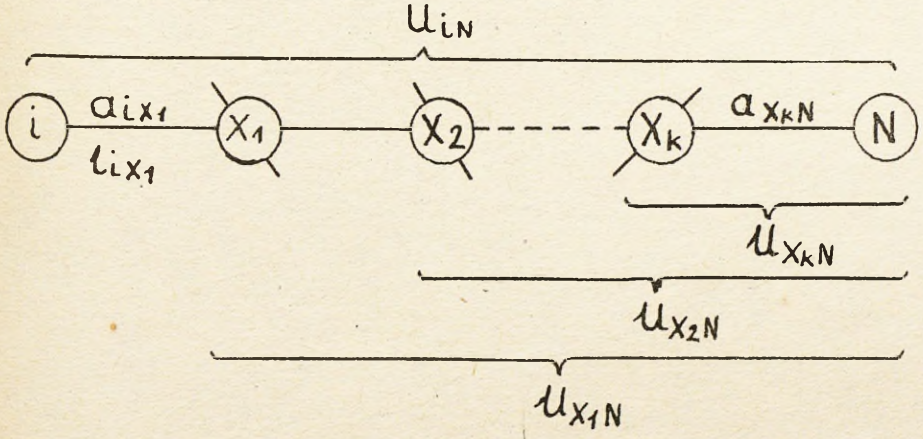
Organizowana sieć łączności radioliniowej i przewodowej ma zapewniać przy sprawnym działaniu wszystkich kanałów i urządzeń łączności, określony przepływ strumieni informacyjnych pomiędzy węzłami łączności i wymaganą jakość obsługi połączeń. W tym celu należy określać niezbędną liczbę kanałów pomiędzy węzłami łączności, jak również optymalne trasy rozdziału strumieni informacyjnych zapewniających skuteczne wykorzystanie urządzeń łączności. Pojawienie się zakłócenia lub przeciążenia sieci może przerwać przesyłanie informacji, jak również wpłynąć na jakość obsługi. Wówczas należy korzystać z obejściowych dróg połączeniowych i dokonać nowego podziału strumieni informacyjnych. Z powyższych rozważań wynika, że aby organizowana sieć łączności radioliniowej i przewodowej zapewniła wymaganą wymianę informacji powinny być rozpatrzone następujące problemy :

- określenie najkrótszych dróg przesyłanej informacji, zapewniających w określonych warunkach najbardziej skuteczne wykorzystanie urządzeń sieci łączności.

- ocenę istniejącej zdolności przepustowej dróg sieci łączności zapewniającą właściwą obsługę użytkowników systemu.

Pojęcie - "najkrótsza droga". - ma charakter umowny, ponieważ podstawowe metody sterowania sieci umożliwiają określenie nie tylko dróg najkrótszych pod względem długości, lecz również między innymi dróg o minimalnej liczbie punktów /węzłów tranzytowych/ pośrednich, dróg o minimalnym koszcie, o minimalnych zakłóceniach.

Metody określania najkrótszych dróg umożliwiają ustalenie dróg minimalnych ze względu na dowolny parametr przyporządkowanej gałęzi sieci, /np. długość, koszt itp./ pod warunkiem, że długość drogi określa się sumą parametrów gałęzi tworzących tę drogę. Do rozdziału i przesyłania strumieni informacyjnych najczęściej korzysta się z dróg najkrótszych pod względem liczby punktów tranzytowych, nieco rzadziej z dróg najkrótszych pod względem długości.



Rys. 3.1. Zasada określania odległości między węzłami sieci.

Większość metod określania najkrótszej drogi opiera się na twierdzeniu : jeżeli najkrótsza droga U_{in} od dowolnego węzła "i" przechodzi przez węzły pośrednie $x_1, x_2 \ldots x_k$ rys.3.1. to najkrótsza droga $U_{x_1 n}, \ldots, U_{x_k n}$ od węzłów $x_1, x_2 \ldots, x_k$ odpowiednio do węzła N stanowią odcinki najkrótszej drogi U_{iN} od węzła "i" do węzła "N". Jeżeli zatem x_1 jest pierwszym węzłem tranzytowym po węźle wyjściowym i na najkrótszej drodze do węzła końcowego "N", a_{ix} - gałęzią łączącą węzły i x_1, a l_{ix_1} - długością tej gałęzi, to na podstawie tego stwierdzenia długość drogi można wyrazić wzorem :

$$/ U_{iN} / = l_i x_1 + / U_{x_1 N} / \qquad /3.18./$$

Droga U_{iN} jest najkrótszą ze wszystkich dróg od "i" do "N" słuszna jest więc zależność

$$U_{iN} = \min l_{ix_1} + /U_{x_1 N} / \qquad /3.19./$$

dla $x_1 = 1,2 \ldots, n$

gdzie : N -ilość węzłów sieci.

Zatem procedura określania najkrótszej drogi od węzła "i" do węzła "N" sprowadza się do wyboru minimalnego wyrażenia Istniejące metody określania najkrótszych dróg można umownie podzielić na :

- metody korzystające z algorytmu numeracji węzłów lub gałęzi sieci /wierzchołków lub krawędzi grafu przedstawiającego sieć/ - algorytm Forda.

- metody korzystające z działania na macierzach - metoda Shimbela.

Algorytm Forda.

Metoda zaproponowana przez Forda umożliwia określenie najkrótszej drogi między dowolną parą węzłów sieci. Dane wyjściowe do obliczeń stanowi macierz odległości $L = [l_{ij}]$ rozpatrywanej sieci. Algorytm określania najkrótszej drogi według tej metody jest następujący :

1. przyporządkowujemy ustalonemu węzłowi "N" wartość $U_N = 0$, a dowolnemu węzłowi "i" /$i \neq N$, $i = 1,2..,n$/ sieci parametru $U_i = \infty$;

2. wybieramy dowolny węzeł "i" /$i \neq N$, $i = 1,2 \ldots,n$/ i porównujemy jego parametr U_i z sumą: parametrem U_j sąsiedniego węzła /$j \neq i$, $j = 1,2,\ldots,n$/ oraz długość gałęzi l_{ij}, łączącej wybrany węzeł z węzłem „j".

   Przy $U_i > /l_{ij} + U_j/$ /.3.20/

   Parametr U_i zmienia się na $U_i = /l_{ij} + U_j/$, w przeciwnym razie pozostawia się go bez zmiany. Wskazaną procedurę przeliczania węzłów kontynuuje się dotąd, dopóki choćby dla jednego węzła "i" spełniona jest nierówność /3.20/.

   Przy przeliczeniu parametry węzłów U_i odpowiadają długości najkrótszej drogi od węzła "i" do ustalonego węzła "N".

Powtarzając tę operację dla różnych ustalonych par węzłów można uzyskać najkrótsze drogi między wszystkimi węzłami sieci.

Opisana metoda jest jednym ze sposobów uzyskania równości /.3.19./. Otrzymuje się tylko jedną najkrótszą drogę tzw. drogę pierwszego wyboru, o której z góry wiadomo, że nie zawiera pętli. Nie ma więc problemu wykrywania pętli.

Metoda zaproponowana przez Moore'a i stosowana przy opracowaniu maszyny analogowej do określania najkrótszych dróg sieci, zasadniczo pokrywa się z opisaną metodą Forda. Różni się od niej jedynie sposobem określania parametrów /cech/ węzłów/.

W metodzie zaproponowanej przez A.W. Butremienko przewiduje się określenie najkrótszych dróg według liczby węzłów pośrednich /tranzytowych/ przy założeniu, że długości wszystkich gałęzi są równe jedności. Po pewnej modyfikacji, z metody tej można również skorzystać przy określaniu najkrótszych dróg według kryterium długości. Proces cechowania gałęzi /przyporządkowania parametrów/ stosowany do określania najkrótszych dróg nazywa się procesem tworzenia konfiguracji. Numeracja gałęzi umożliwia określanie nie tylko dróg najkrótszych pierwszego wyboru, lecz również drugich, trzecich itd. tzn. dróg kolejnych wyborów. Przy tworzeniu drugich, i trzecich i kolejnych dróg mogą powstawać pętle. W celu zapobieżenia im należy wprowadzić dodatkowe warunki. W rozpatrywanej metodzie dodatkowym warunkiem jest wymaganie, aby parametr następnej gałęzi był zawsze mniejszy niż parametr gałęzi poprzedzającej lub mu równy.

Metoda Shimbela.

W metodzie Shimbela najkrótsze drogi między wszystkimi węzłami sieci określa się przez podniesienie macierzy długości $L = [l_{ij}]$ do potęgi "r". Zaleca się przy tym stosowanie operacji określonych następująco :

1. operacja pomnożenia dwóch wielkości x i y przy potęgowaniu macierzy odpowiada ich sumie algebraicznej tzn. iloczyn $x \cdot y = y \cdot x$ odpowiada sumie $x + y = y + x$;
2. iloczyn nieskończoności przez dowolną liczbę = nieskończoności;
3. suma dwóch wielkości = minimalnemu składnikowi tzn. sumie $x + y = y + x$ odpowiada min. /x,y/.

Podnoszenie macierzy $L = l_{ij}$ do potęgi "r" można rozpatrywać jako kolejne /r - 1/ - krotne mnożenie macierzy "L" przez siebie.

$$L^k = L \cdot L^{k-1} \qquad /k = 1,2, \ldots r/$$

Obliczając kolejno elementy macierzy L^k $k = 1,2 \ldots n-1$, według zwyczajnych reguł mnożenia macierzy:

$$l_{ij}^k = l_{ij}^{k-1} + l_{i_2} \cdot l_{2j}^{k-1} + \ldots + l_{in} \cdot l^{k-1} \qquad /3.21./$$

oraz uwzględniając operacje prowadzone przez Shimbela otrzymuje się macierz najkrótszych odległości między węzłami sieci. Przy potęgowaniu macierzy L istnieje granica, przy której

$$L^{k\,max} = L^{k\,max+1} \qquad /3.22./$$

tzn. dalsze mnożenie macierzy $L^{k\,max} \cdot L$ nie prowadzi do zmiany elementów macierzy $L^{k\,max}$. wartość k max, przy której spełniona jest wartość /3.22/ określona maksymalną liczbą gałęzi w najkrótszej drodze między dowolną parą węzłów sieci.

A więc :

$$k \max \leqslant n - 1$$

dlatego też z chwilą spełnienia w procesie potęgowania macierzy równości /3.2.2/ można zaniechać dalszego wyliczania. Otrzymana macierz $L^{k \max}$ jest macierzą najkrótszych dróg niekiedy zwana macierzą dyspersyjną D.

Metoda Ottermana.

Metodę Ottermana stanowi dalsze rozwinięcie metody Shimbela. Umożliwia ona ustalenie nie tylko wartości pierwszych, drugich, trzecich i następnych najkrótszych dróg, lecz również pokazuje ciąg węzłów przez które ta droga przechodzi.
Podobnie jak poprzednio najkrótsze drogi ustala się przez przekształcenia macierzy długości $L = [l_{ij}]$. Na początku stosując metodę Shimbela określa się macierz dyspersyjną $D = [\delta_{ij}]$ /macierz najkrótszych dróg $L^{k \max}$/. Następnie z macierzy długości L tworzy się zmodyfikowaną macierz długości $M = [m_{ij}]$, którą otrzymuje się zmieniając w macierzy L wartość elementów głównej przekątnej z 0 na nieskończoność.
Otrzymaną macierz "M" mnożymy przez macierz dyspersyjną D, stosując operacje prowadzone przez Shimbela. Wynikiem mnożenia jest macierz $\Delta = [d_{ij}]$, z której elementów korzysta się do ułożenia macierzy odległości /macierzy najkrótszych dróg 1,2 i następnych/ oraz macierzy marszrut zawierających numery węzłów w wybranych najkrótszych drogach. Przedstawiona metoda określania najkrótszych dróg 1,2 i k-tego itd. wyboru nie wyklucza możliwości pojawienia się pętli w wybranych drogach tzn. możliwości dwu- lub więcej krotnego przejścia przez ten sam węzeł danej drogi. Metoda Ottermana wprowadza dwa warunki, których sprawdzenie i spełnienie wykluczają pojawienie się pętli. Warunek pierwszy dotyczy ujawniania i wykluczania pętli w najkrótszych drogach pierwszego wyboru. Warunek drugi dotyczy ujawnia-

nia i wykluczania pętli w drogach drugiego, trzeciego itd. wyboru. Warunek pierwszy wykorzystywany jest podczas sporządzania macierzy odległości i macierzy marszrut, natomiast warunek drugi podczas realizacji połączeń w sieci. Wyżej wymienione warunki eliminują całkowicie "m" możliwość pojawienia się pętli, jednak spełnienie ich doprowadza do zakazu korzystania z dużej ilości dróg, ograniczając w ten sposób możliwość zestawienia połączeń między węzłami sieci.

Metoda Powarowa

Metoda zaproponowana przez Powarowa różni się nieco od omówionych metod macierzowych. Polega ona na określaniu wszystkich dróg między dowolną parą węzłów. Następnie dokonuje się podziału otrzymanego zbioru dróg ze względu na kryterium długości. W celu określenia wszystkich dróg Powarow proponuje stosować specjalne wyznaczniki tzw. quasiminory. Aby otrzymać quasiminor dla pary węzłów x i y sieci z macierzy odległości $L = [l_{ij}]$ wykreśla się wiersz y i kolumnę x. Otrzymaną w ten sposób macierz oznacza się $[l_{ij} \nearrow yx]$. Powarow dowiódł w swojej pracy, że $x \neq y$ istnieje możliwość obliczenia quasiminorów przez rozłożenie ich na mniejsze quasiminory. Po otrzymaniu za pomocą quasiminora zestawienia wszystkich dróg między dowolną ustaloną parą węzłów sieci można, stosując operację zaproponowaną przez Shimbela, określić długość tych dróg i wybrać najkrótszą.

W istniejących metodach oceny zdolności przepustowej sieci łączności stosuje się pojęcie przekrojów sieci. Przekrojem sieci $S_\mu = [a_{ij}]$, $i \in \gamma$, $j \in /H - \gamma/$ zawierający zbiór $W H = [h]$ /h = 1,2 ... n/ węzłów, nazywa się taki zbiór L_{ij} $[a_{ij}]$ gałęzi, których usunięcie z sieci powoduje rozdzielenie tej sieci na dwie nie powiązane ze sobą podsieci, ze zbiorem w podsieci i zbiorem powstałych węzłów /H - μ / w drugiej postaci.

W sieci zorientowanej zawierającej "n" węzłów może być 2^n, a w sieci niezorientowanej 2^{n-1} przekrojów.

Wartość przekroju "S_γ" określa się sumą pojemności gałęzi tworzących ten przekrój

$$V_\gamma = \sum_{\substack{i \in \gamma \\ j \in /H - \gamma/_{\text{Łij}}}} b_{ij} \qquad /3.23./$$

gdzie: b_{ij} - pojemność gałęzi a_{ij}.

Metody określania zdolności przepustowej dróg sieci łączności opierają się na twierdzeniu o maksymalnym przepływie sieci dwubiegunowej.

Zgodnie z tym twierdzeniem maksymalna zdolność przepustowa dróg /maksymalny przepływ/ między biegunami /węzłami/ X i Y sieci dwubiegunowej = minimalnej wartości przekrojów tej sieci. W związku z tym należy ze zbiorem możliwych przekrojów tej sieci $S_\gamma/X,Y/$ wybrać przekrój minimalny.

Istnieje jednak kilka algorytmów określania zdolności przepływów sieci dwubiegunowej, wszystkie one są jednak oparte na zasadzie ogólnej, polegającej na określeniu dróg między biegunami sieci i zmniejszeniu pojemności wszystkich gałęzi wchodzących do wybranej drogi o wartości drogi. Podana wyżej zasada jest realizowana dotąd dopóki między biegunami sieci istnieje chociaż jedna droga o pojemności różnej od O. Zdolność przepustowa sieci dwubiegunowej równa jest sumie przepustowości dróg między biegunami sieci. Jednym z algorytmów określania zdolności przepustowej sieci jest algorytm zaproponowany przez Forda

i Fulkersona. /23

Według algorytmu Forda i Fulkersona badaną sieć przedstawia się w postaci grafu, tak, aby krawędzie tego grafu przecinały się wzajemnie w punktach innych niż wierzchołki grafu. Cały graf rysuje się nad krawędzią bezpośrednio łączącą wierzchołki odpowiadające biegunom sieci, albo /jeżeli w grafie nie ma takiej krawędzi/ nad linią umowną łączącą te wierzchołki /jest to możliwe tylko przy płaskim grafie badanej sieci/. Następnie wybiera się w grafie najwyżej przebiegającą drogę między biegunami sieci. W wybranej drodze należy znaleźć krawędź o minimalnym parametrze, zapamiętać ten parametr i odjąć go od wszystkich parametrów krawędzi wchodzących do rozpatrywanej trasy. Następnie znowu wybiera się najwyżej przebiegającą drogę i odejmuje się parametr minimalny krawędzi dopóki pozostaje chociaż jedna droga między biegunami. Przy badaniu każdej następnej drogi krawędź minimalną wybiera się z uwzględnieniem zmiany parametrów krawędzi na skutek odjęcia minimalnych parametrów podczas przeprowadzania poprzednich operacji. Suma parametrów krawędzi wybranych z każdej drogi określa zdolność przepustową sieci dwubiegunowej,a parametr każdej krawędzi minimalnej - pojemność drogi z której została wybrana.

Do określenia zdolności przepustowej sieci dwubiegunowej można stosować jedną z opisanych metod określania najkrótszych dróg np. metodę zaproponowaną przez G.N. Powarowa /24. Zdolność przepustową sieci określa się w następującej kolejności :

1. Z macierzy pojemności gałęzi $B = [b_{ij}]$ zestawia się guasiminor biegunów X i Y rozpatrywanej sieci dwubie-

---

23/ L.R. Ford, D.R. Fulkerson: Przepływy w sieciach, Warszawa 1969 r., str. 30.

24/ W.F.Diaczenko, W.G.Łazariew, G.G.Sawin: Sterowanie sieci telekomunikacyjnych, Warszawa 1970 r., str. 194.

gunowej. Każdy ze składników wskazanego quasiminora reprezentuje drogę między biegunami sieci.

2. Kolejno bada się wszystkie składniki quasiminora poczynając od pierwszego. W wybranym składniku określa się element minimalny b_{ij} i wartość tego elementu odejmuje się od wszystkich elementów b_{kl} wchodzących do danego składnika. Otrzymane nowe wartości wprowadza się do macierzy B. Następnie tę samą operację przeprowadza się z drugim, trzecim i dalszymi składnikami quasiminora. Suma elementów minimalnych każdego ze składników quasiminora określa zdolność przepustową sieci dwubiegunowej. W rzeczywistości sieci łączności /radioliniowej i przewodowej/ najczęściej nie są dwubiegunowe. Z tego względu możliwość stosowania omówionych metod oceny zdolności przepustowej sieci dwubiegunowych są dość ograniczone.

W celu określenia zdolności przepustowej sieci wielobiegunowej, to jest sieci w których strumienie informacji załatwia się jednocześnie między kilkoma parami węzłów, dokonano adaptacji warunków z sieci dwubiegunowej na sieci wielobiegunowe. Oparto się przy tym na założeniu, że warunkiem koniecznym i wystarczającym do realizacji jednoczesnego załatwienia kilku strumieni w sieci wielobiegunowej jest odpowiednia wartość dowolnego przekroju sieci: większa lub równa sumie przepływu strumieni między węzłami rozdzielonymi przez te przekroje. Dla dowolnego przekroju S_γ sieci powinna być spełniona nierówność :

$$\sum_{\substack{k \in \gamma \\ l \in \bar{\gamma}}} \varphi_{kl} \leq V_\gamma \qquad /3.24./$$

gdzie: φ_{kl} - strumień pomiędzy węzłami k i l

V_k - wartość przekroju sieci.

Dalsze prace ujawniły, że warunki /3.24./ są wystarczające tylko dla sieci, w których żadna z dróg nie przecina przekroju sieci więcej niż jeden raz. Ogranicza to nieco zakres stosowania metody w sieciach wielobiegunowych. Wadą jest również duża pracochłonność obliczeń.

Istnieją również inne metody umożliwiające ocenę zdolności przepustowej sieci wielobiegunowej, które zmniejszają pracochłonność określenia wartości przekroju V_k przy dowolnych ograniczeniach możliwości korzystania z dróg sieci łączności. Sformułowanie matematyczne tej metody jest jednak bardzo obszerne i wymagłoby wprowadzenia szeregu nowych pojęć. Dla celów określenia zdolności przepustowej sieci wielobiegunowej można również wykorzystać programowanie liniowe. Są to jednak metody pracochłonne. Przy współczesnych maszynach cyfrowych możliwe jest uzyskanie rozwiązań dla sieci zawierających nie więcej niż 15 do 20 węzłów. W odniesieniu do sieci zawierającej 100 i więcej węzłów można zalecić stosowanie przybliżonej metody oceny zdolności przepustowej. Polega ona na kolejnym wybieraniu i zajmowaniu najkrótszych dróg, podobnie jak w metodzie określania zdolności przepustowej sieci dwubiegunowej.

3.3. Wykorzystanie symulacji komputerowej do badania przepustowości łączności radioliniowej i przewodowej armii.

3.3.1. Istota symulacji komputerowej jako metody badania systemów łączności

Słowo "symulacja" w ostatnich latach na potrzeby techniki zostało zapożyczone z języka potocznego. Termin ten był i jest używany w różnych, a nawet sprzecznych znaczeniach. Słowniki podają niezmiernie szerokie i nieprecyzyjne definicje tego słowa np.: przedstawienie, udawanie, naśladowanie, blagowanie, fałszowanie, wydawanie itp.. Z tego względu nie najlepiej nadają się one do użycia w technice. Mimo tej wieloznaczności termin ten został jednak przeniesiony do nauki i techniki. Tak samo również istnieje wiele definicji pojęcia "symulacja", jak np.:

Symulację systemów definiujemy jako technikę rozwiązywania problemów polegającą na śledzeniu w czasie zmian zachodzących w dynamicznym modelu układu. /G.Gordon/.

Symulacja jest to działanie modelu systemu przedmiotowego realizowane w określonym celu. /R.F.Barton/.

Symulacja jest to technika numeryczna, służąca do dokonywania eksperymentów na pewnych rodzajach modeli matematycznych które opisują, przy pomocy maszyny cyfrowej, zachowanie się złożonego systemu w ciągu długiego czasu. /T.H.Naylor/.

Symulacja jest to zastosowanie modelu w celu chronologicznego wygenerowania historii stanów tego modelu, które jest uważane za historię stanów modelowanego systemu. /G.W.Evans/.

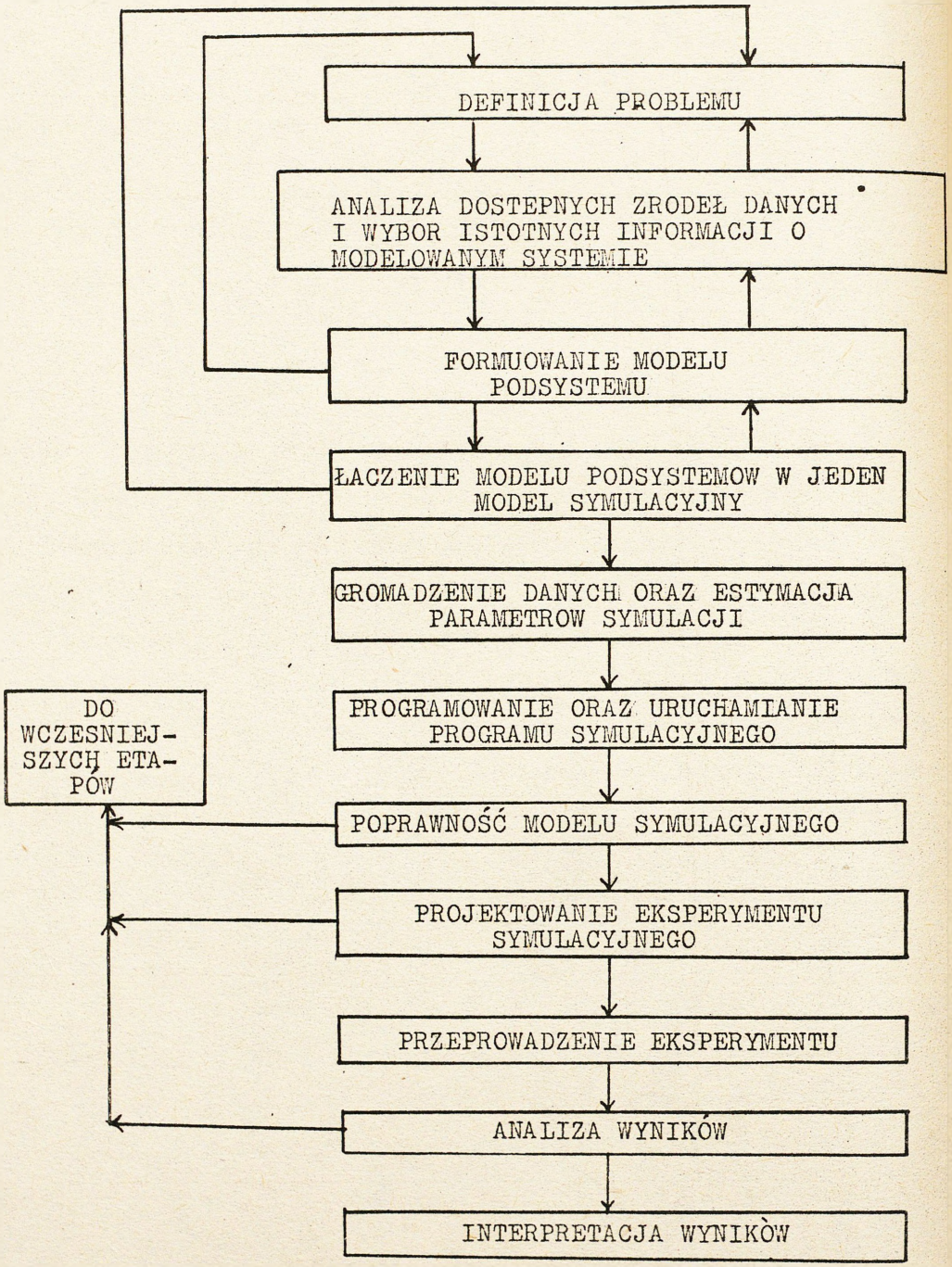
Symulacja jest to wykorzystanie historii stanów modelu powstałych w procesie jego działania jako historii badanego systemu./Z.Kierzkowski/.

Podane definicje nieco różnią się, ale wynika z nich, że wszystkie metody symulacyjne wiążą się z badaniem systemów w stanie dynamicznym i mogą być stosowane do badania systemów rzeczywistych, hipotetycznych, a także w innych celach.

W danej chwili system znajduje się w konkretnym stanie. Zmiana stanu każdego ze składników badanego systemu następuje w wyniku zaistnienia zdarzenia. Wzajemne uzależnienie zdarzeń tworzy układ wewnątrzsystemowych zdarzeń trwających określony czas. Całość procesu działania systemu w dowolnym przedziale czasowym daje się opisać jako układ zdarzeń tworzących ciągi-sekwencje. Struktura składająca się z sekwencji zdarzeń powiązanych wzajemnie uzupełniona czynnikami zewnętrznymi, generującymi zdarzenia z zewnątrz systemu, tworzy model badanego systemu. Model w procesie działania wytwarza historię stanów modelu, które zostają wykorzystane jako historia badanego systemu. Ten sposób modelowania z wykorzystaniem maszyny cyfrowej nazywany jest symulacją komputerową. Schemat postępowania w symulacyjnej metodzie badawczej przedstawiono na rys. nr 3.2.

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania można powiedzieć, że w symulacyjnej metodzie badawczej zasadniczą rolę odgrywa poprawne sformułowanie modelu badanego systemu oraz utworzona jego historia stanów uważana za historię modelowanego systemu. Wartość powstających w wyniku przetwarzania informacji dostarczonych przez historię stanów badanego systemu, stanowią o rezultatach końcowych procesu symulacji. Mogą nimi być :

- wartości końcowe, etapowe, maksymalne lub minimalne pewnych zmiennych;
- rozkłady prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń;
- stany składników systemu w określonych punktach procesu;
- kształtowanie się kolejnych obiektów oczekujących na zaistnienie zdarzeń.



Rys. 3.2. Schemat blokowy symulacyjnej metody badawczej

Zbudowany model badanego systemu ma być jego reprezentacją i w zależności od rozpatrywanych zagadnień może być mniej lub bardziej doskonały pod względem zawartości,kompletności, szczegółowości itp.,lub może przedstawiać tylko część systemu rzeczywistego.

Przy budowie modelu symulacyjnego należy zwrócić uwagę na:

- stopień złożoności modelu;
- wybór zmiennych modelu;
- adekwatność modelu;
- czas pracy maszyny cyfrowej;
- język użyty do symulacji.

Mimo dużej różnorodności systemów i rodzajów badań,badania symulacyjne z wykorzystaniem maszyn cyfrowych można podzielić na zasadnicze etapy:

- sformułowanie problemu jaki spodziewamy się rozwiązać przy pomocy modelu;
- określenie struktury i parametrów modelu;
- ocena stopnia odwzorowania badanego systemu przez model;
- opracowanie programu na EMC i sprawdzenie jego poprawności;
- zaplanowanie eksperymentów symulacyjnych;
- realizacja cykli symulacyjnych na EMC;
- analiza wyników.

Symulacja komputerowa jest metodą służącą do odtwarzania dynamicznego zachowania się systemu,tzn. tak,jak on działa w ciągu określonego czasu.Symulację jako metodę badania systemów można podzielić ze względu na:

- cel badań symulacyjnych;
- sposób realizacji eksperymentu symulacyjnego;
- ilość eksperymentów oraz sposób i rodzaj zmian wprowadzonych do modelu;
- przedmiot badania symulacyjnego;

- sposób organizacji programu symulacyjnego.

Z wyżej podanych definicji symulacji nasuwa się wniosek, że symulacja komputerowa jest to metoda używana w "ostateczności", to jest tylko wtedy, gdy przy rozwiązywaniu danego modelu nie ma możliwości zastosowania technik analitycznych. Nie oznacza to jednak, że wykazuje ona ograniczoną użyteczność w dziedzinie badania systemów, ponieważ tylko niewiele problemów daje się opisać modelami matematycznymi, dla których istnieją techniki analityczne umożliwiające znalezienie ich rozwiązań.

Aczkolwiek techniki optymalizacyjne i programowania matematycznego są rzeczywiście silnymi narzędziami analitycznymi, jednak liczba rzeczywistych problemów, które można sformułować logicznie, korzystając z podstawowych założeń tych technik, jest niewielka. Dla wielu problemów występujących w badaniach systemów symulacja może być jedyną metodą, która jest dostępna analitykowi. Niemniej jednak w pewnych przypadkach, jeżeli nawet wydaje się, że dla określonego modelu może istnieć rozwiązanie analityczne, to jednak zastosowanie symulacji może okazać się mniej kosztowne, jeżeli weźmie się pod uwagę czas pracy analityka i komputera w porównaniu z czasem rzeczywistym badanego systemu./3,15,21,36,39,83,86/

W odniesieniu, między innymi, do złożonych systemów metody badania opierają się na następującej procedurze:

- obserwacja systemu;
- sformułowanie modelu matematycznego;
- prognoza zachowania się systemu dokonana na podstawie modelu;
- realizacja eksperymentów celem sprawdzenia poprawności modelu.

Gdy nie można zastosować jednego lub kilku stopni z podanej procedury, symulacja komputerowa staje się podstawową metodą badaczą systemów. Ma to miejsce również w badaniu przepustowości

łączności radioliniowej i przewodowej ze względu na niemożliwość realizacji szeregu eksperymentów i ich obserwacji.

Zastosowanie symulacyjnej metody badawczej w projektowaniu lub badaniu sieci łączności radioliniowej i przewodowej pozwala[25]:

- zmniejszyć koszt projektu;
- zoptymalizować projekt;
- skrócić czas opracowania;
- określić zachowanie się sieci w przypadkach awaryjnych;
- badać współdziałania zachodzące w systemie;
- lepiej zrozumieć funkcjonowanie systemu i jego wewnętrzną strukturę;
- przeprowadzić eksperymenty w zakresie stosowania nowych reguł dla sieci;
- ustalić hierarchiczną ważność zmiennych występujących w systemie.

Symulacja komputerowa jest narzędziem o dużych i bardzo różnorodnych możliwościach. Jak żadna z metod, pozwala ona obserwować dynamiczne zachowanie się złożonego systemu o różnorodnych współzależnościach. Poprawnie zbudowany model symulacyjny tworzy warunki laboratoryjne, w których można dokonywać obserwacji i prowadzić szereg doświadczeń. Umożliwia on sprawdzenie hipotez, efektów decyzji i badań alternatywnych systemów, działających w różnych przewidywanych warunkach.

W literaturze przedmiotu brak jest jednoznacznego kryterium celowości stosowania symulacji, niemniej jednak można, między innymi, wyróżnić ogólne kryteria stosowania symulacji komputerowej, np. :

- przy braku praktycznej metody analitycznej, za pomocą której można byłoby efektywnie w ramach dostępnych środków rozwiązywać dany problem;

25/ Syc Cz.: Metodyka projektowania sieci telekomunikacyjnych. W-wa 1977, str. 49.

- w przypadku gdy przeprowadzenie eksperymentu na rzeczywistym systemie jest niemożliwe, lub zbyt kosztowne i czasochłonne;
- możliwość dokonywania bezpośrednich i szczegółowych obserwacji dynamicznego zachowania systemu w różnych okresach czasu;
- możliwość badania właściwości funkcjonowania systemu w dowolnych możliwych warunkach oraz kontrola zachodzących w nim procesów;
- dokonywanie eksperymentów na złożonych systemach i w sytuacjach o których bardzo mało wiemy, lub nie posiadamy informacji.

Zastosowanie symulacji jako metody badań jest zagadnieniem otwartym i wymaga dalszych opracowań i badań.

3.3.2. Model informacyjno-funkcjonalny sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii. /opis formalny/

Działanie sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii można przedstawić za pomocą:

- struktury organizowanej sieci łączności,
- opisu funkcjonowania i zależności zachodzących między elementami rozpatrywanej struktury.

Można więc sieć łączności radioliniową i przewodową rozpatrzyć jako następujące wielkości :

$$\text{sieć łączności radioliniowa i przewodowa} = \langle Z, S \rangle$$

gdzie: Z - zbiór zależności pomiędzy elementami organizowanej sieci łączności,

S_t - struktura sieci łączności.

Zbiór zależności i zdarzeń zachodzących w organizowanej sieci łączności obejmuje charakterystykę fizyczną oraz opisuje współzależności zachodzące między elementami badanej struktury, a zapisujemy go w postaci :

$$Z = Z_1, Z_2, Z_3, \ldots Z_k \qquad k = 1, \div k \qquad /3.25/$$

Funkcjonowanie sieci łączności armii opiera się na odpowiednich węzłach łączności stanowisk dowodzenia połączonych ze sobą liniami łączności. Zbiór węzłów łączności oznaczamy przez W .

$$W = \left\{ W_n; \quad n = \overline{1,N} \right\} \qquad /3.26./$$

Strukturę sieci łączności opisujemy w postaci uporządkowanej trójki :

$$S = \langle \tilde{G}, \tilde{\mathfrak{F}}, \tilde{F} \rangle \qquad /3.27./$$

gdzie: $\tilde{G}$ - graf struktury sieci łączności,

$\tilde{\mathfrak{F}}$ - zbiór funkcji opisanych na wierzchołkach grafu /węzłach łączności/,

$\tilde{F}$ - zbiór funkcji opisanych na łukach grafu, liniach łączności/,

Graf struktury sieci łączności zapisujemy :

$$\tilde{G} = \langle W, \vec{L} \rangle \qquad /3.28./$$

gdzie: $\vec{L} \in W \times W$ - zbiór łuków /linii łączności/ określonych w zbiorze na wierzchołku grafu.

Węzły łączności rozmieszczone w terenie posiadają określone współrzędne. Zbiór punktów terenowych określający położenie węzłów łączności oznaczamy symbolem $\mathbf{X}$.

$$X = \left\{ X_n ; \quad n = \overline{1,N} \right\} \qquad /3.29./$$

Relację $\mathcal{F}^1$, która elementom zbioru W podporządkowuje elementy zbioru X nazywamy strukturą przestrzenną węzłów łączności :

$$\mathcal{F}^1 \subset W \times W \qquad /3.30./$$

W sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii wyróżniamy dwa zasadnicze rodzaje zdarzeń losowych:

- zdarzenia mające charakter informacyjny,
- zdarzenia mające charakter taktyczno-techniczny.

Do zdarzeń o charakterze informacyjnym zaliczamy:

- zgłoszenie się użytkownika w celu realizacji zadania,[26/] /wejście zadania do kolejki zadań oczekujących na ich realizację/,
- rozpoczęcie realizacji zadania /komutacji/,
- rozpoczęcie procesu transmisji /zakończenie komutacji/,
- zakończenie realizacji zadania /koniec procesu transmisji/

Do zdarzeń o charakterze taktyczno-technicznym należą :

- zajęcie kanału łączności,
- zwolnienie kanału łączności,
- wystąpienie niesprawności taktyczno-technicznej,
- zlikwidowanie niesprawności taktyczno-technicznej.

Zdarzenia o charakterze informacyjnym są związane z procesem realizacji przez węzły łączności określonego zadania. Natomiast zdarzenia taktyczno-techniczne związane są z funkcjona-

---

26/ realizacja zadania rozumiana jest jako przesłanie informacji w wybranej relacji./W dalszych rozważaniach pojęcia te będą używane zamiennie/.

Zdarzenia o charakterze informacyjnym są związane z procesem realizacji przez węzły łączności określonego zadania. Natomiast zdarzenia taktyczno-techniczne związane są z funkcjonowaniem węzłów łączności, Opierając się na przedstawionych zbiorach zdarzeń budujemy historię stanów systemów łączności, która będzie bazą informacyjną do analizy jego funkcjonowania. Poszczególne zadania mogą być realizowane przez różne elementy systemu łączności na różnym etapie ich realizacji. Zbiór miejsc realizacji zadań w systemie łączności oznaczamy symobolem $\mathbb{D}$ i zapisujemy:

$$\mathbb{D} = \{d_0, d_1, \ldots d_5\} \qquad /3.31./$$

gdzie: d_0 - zadanie nie zostało zgłoszone do realizacji,

d_1 - zadanie zostało zrealizowane,

d_2 - zadanie zostało zgłoszone i znajduje się w kolejce zadań oczekujących na rozpoczęcie realizacji,

d_3 - zadanie jest aktualnie realizowane /trwa proces komutacji informacji/

d_4 - zadanie jest aktualnie przesyłane /trwa proces transmisji informacji/,

d_5 - zadanie zostało zdezaktualizowane.

Zadanie o numerze i w chwili t znajduje się w stanie $d_k^i/t/$, który identyfikuje jednocześnie miejsce przebywania zadania w systemie :

$$d_k^i /t/ \in \mathbb{D} \qquad /3.32./$$

Przy opisie zdarzeń mogących wystąpić w systemie łączności, wyróżnia się: podzbiór zdarzeń taktyczno-technicznych w oparciu o który wprowadzamy zbiór stanów $\mathbb{C}$ w których mogą się znajdować kanały łączności :

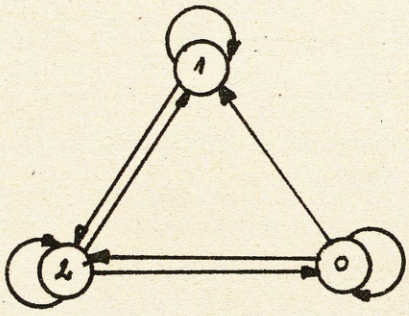
$$\mathbf{c} = \{c_0, c_1, c_2\} \qquad /3.33./$$

gdzie: c_0 - kanał łączności jest sprawny i nie zajęty osbługą zadania,

c_1 - kanał łączności jest niesprawny,

c_2 - kanał łączności jest zajęty obsługą zadania.

Możliwe sposoby przejścia kanału łączności z jednego stanu w - inne stany przedstawia rysunek 3.3. .



Rys. 3.3. Graf możliwych stanów kanałów łączności systemu.

Kanał łączności o numerze n w chwili t znajduje się w stanie $c^n/t/$

$$c_s^m/t/ \in \mathbf{c} \qquad /3.34./$$

Zbiór określający stany wszystkich kanałów łączności w dowolne chwili czas t oznaczamy przez $\bar{\mathbf{c}}/t/$

$$\bar{\mathbf{c}}/t/ = \{c_s^1/t/, c_r^2/t/, \ldots, c_k^n/t/, \ldots, \ldots, \ldots, c_z^N/t/\} \qquad /3.35./$$

gdzie: s,r,k,z - numery elementów zbioru C,
n=1,2,...,N - numery kanałów łączności,
$c_k^n/t/$ - oznacza, że w chwili t, nty kanał łączności znajduje się w stanie c_k.

Zbiór C/t/ pozwala określić stan systemu łączności w płaszczyźnie taktyczno-technicznej.

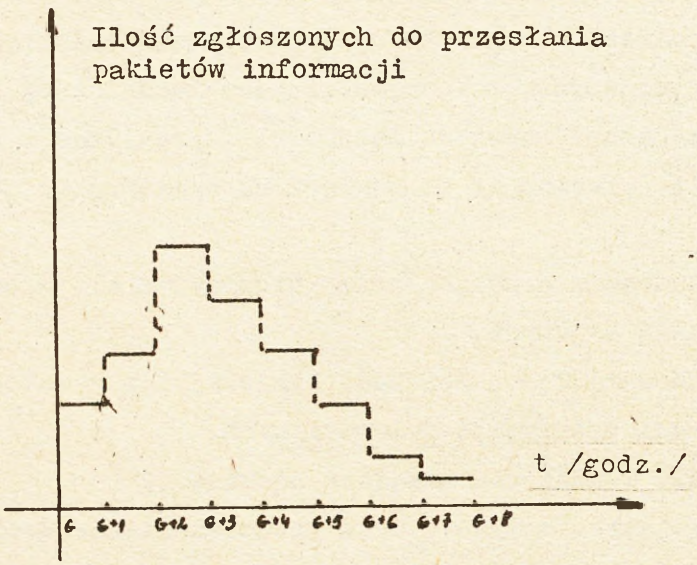
Jednym ze zdarzeń o charakterze taktyczno-technicznym jest wystąpienie niesprawności organizacyjno-technicznej rozumianej jako nieprzydatność systemu łączności do realizacji zadania /przesyłania informacji/ ze względu na występujące rodzaje wymuszeń;

- zniszczenie dokonane przez nieprzyjaciela w czasie działań bojowych,
- zakłócenia łączności radioliniowej i przewodowej,
- warunki propagacji fal radiowych,
- awarie techniczne urządzeń łączności,
- rozwijanie, zwijanie oraz przemieszczanie środków i urządzeń łączności,
- ograniczone możliwości techniczno-eksploatacyjne środków i urządzeń łączności,
- warunki psycho-fizyczne załóg obsługujących urządzenia łączności.

Wpływ wymienionych rodzajów wymuszeń na niesprawność kanałów łączności jest różnorodny. Wszystkie z wymienionych wymuszeń mają charakter losowy, jak również losowy jest czas ich występowania i okres trwania. Niektóre z tych wymuszeń wymagały szerszego rozpatrzenia, co zostało dokonane w poprzedniej części pracy.

Użytkownicy systemu zgłaszają zapotrzebowanie na przesłanie określonych informacji /realizację zadań/ w losowych momentach czasu. Obciążenie systemu łączności zadaniami przesyłania informacji jest wielkością zmienną w czasie, zależną od potrzeb

informacyjnych użytkowników systemu, które zdeterminowane są sytuacją na polu walki. Opisywać je będziemy w postaci funkcji dyskretnej, określonej na zbiorze w wybranych chwilach czasu. Przykładowy przebieg takiej funkcji zwanej histogramem obciążenia systemu ilustruje rys. 3.4. .

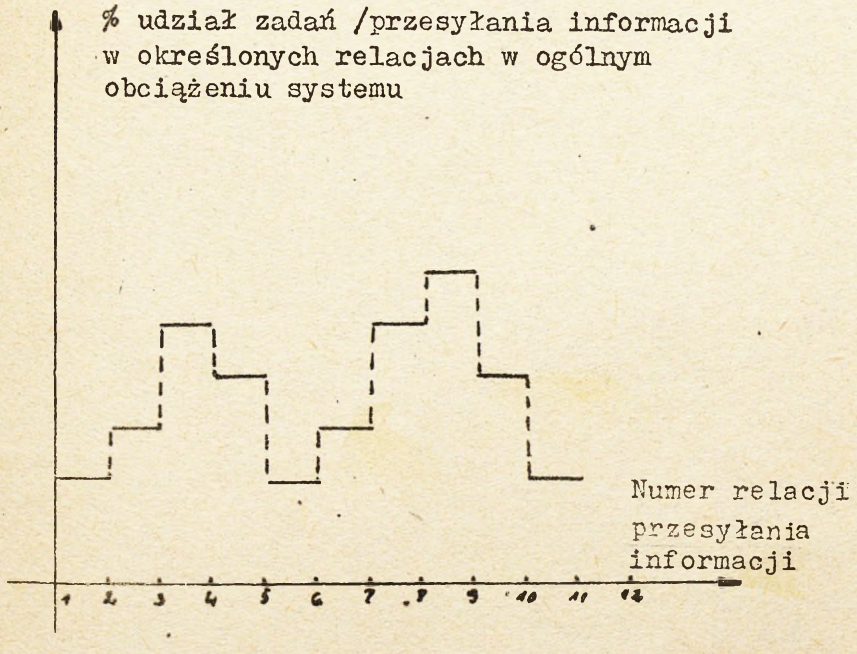


Rys. 3.4. Histogram obciążenia systemu łączności za wybrany okres.

Dla określonej klasy systemów jak np. systemy łączności użytku publicznego, systemy komunikacyjne, systemy energetyczne itp., przebieg funkcji określającej obciążenie systemu za wybrany okres, wykazuje pewne prawidłowości. Pozwala to na określenie przedziałów czasu, w których system jest obciążony maksymalną lub minimalną ilością zadań. W warunkach systemu łączności funkcja jego obciążenia zadaniami nie wykazuje zdecydowanych prawidłowości lecz dla konkretnej sytuacji operacyjno-taktycznej może mieć różną postać. Przy analizie obciążenia systemu zadaniami intuicyjnie słuszną wydaje się być metoda postępowania zakładając konieczność badania systemu łączności w najbar-

dziej dynamicznym i newralgicznym okresie walki tzn. w czasie wykonywania zadania bliższego armii, którego pomyślna realizacja decydować będzie o sukcesie bitwy. Wyniki badań systemu łączności armii uzyskane w ćwiczeniach /armijnych i frontowych/ oraz analiza możliwości potencjalnego przeciwnika wskazują, że system łączności armii w początkowym okresie realizacji zadania bliższego obciążony będzie maksymalną ilością zadań i narażony na najbardziej zdecydowane oddziaływanie przeciwnika.

Żądania realizacji zadań przesłania informacji zgłaszają /generują/ użytkownicy węzłów łączności. Częstość zgłaszanych do realizacji zadań /przesyłania informacji/ w poszczególnych relacjach określana jest przez funkcję obrazującą udział wybranych relacji w ogólnym obciążeniu systemu. Przykładowy przebieg takiej funkcji dla wybranego przedziału czasu ilustruje rysunek 3.5. .



Rys. 3.5. Funkcja podziału zadań /przesyłania informacji/ w poszczególnych relacjach.

Częstość zgłoszeń na realizację zadań /przesyłania informacji/ w różnych relacjach jest różna i zmienna w czasie. Potrzeby informacyjne użytkowników systemu łączności, uzależnione od rodzaju i wagi zadań bojowych wykonywanych przez ZT i oddziały wchodzące w skład ugrupowania bojowego armii oraz czasu jakim dysponują sztaby na wykonanie przedsięwzięć zabezpieczających realizację zadań bojowych, mają zasadniczy wpływ na przebieg funkcji podziału zadań rys.3.5Numery relacji, w których przesyłane będą żądane przez użytkowników systemu informacje są wielkościami losowymi i do pełnego ich opisu wymagana jest znajomość rozkładu prawdopodobieństwa. Rozkład ten budujemy opierając się na funkcji podziału zadań /przesyłanej informacji/, a jej dystrybuanta ma postać :

$$F_t^1 /R_t/ = Pr_t^1 \left\{ \hat{R} < R_t \right\}; \quad R_t \in R ; \quad \hat{R} \in R \qquad /3.36./$$

gdzie: $\hat{R}$ - zmienna losowa numerów relacji przesyłania informacji,

$R = \{1,2,\ldots R\}$ - zbiór numerów relacji przesyłania informacji

$Pr_t^1 \{\hat{R} < R_t\}$ - prawdopodobieństwo tego, że numer relacji,w której w przedziale czasu t,t+1 przesyłany jest pakiet informacji, będzie relacją o numerze mniejszym od R_t.

Zbiór dystrybuant dla wszystkich chwil czasowych oznaczamy przez $F^1/R/$

$$F^1/R/ = \{F_t^1/R/; \quad t = \overline{1,T}\} \qquad /3.37./$$

Zgłoszenia przesyłania informacji przez użytkowników systemu w wybranych relacjach pojawiają się w losowych momentach czasu. Rozkład prawdopodobieństwa czasu generowania żądań przez użytkowników systemu na realizację żadań /przesyłania informacji/ określa dystrybuanta $F_r^2/T_r/$

$$F_r^2/T_r/ = Pr_r\{\hat{T} < T_r\} \qquad /3.38./$$

gdzie: $\hat{T}$ - zmienna losowa czasu zgłoszenia żądania na realizację zadania,

$Pr_r\{T < T_r\}$ - prawdopodobieństwo tego, że czas zgłoszenia żądania na przesłanie informacji w określonej relacji będzie mniejszy T_r .

Zbiór dystrybuant dla wszystkich relacji oznaczamy :

$$F^2/\hat{T}/ = \{F_r^2/\hat{T}/;\ r = \overline{1,R}\} \qquad /3.39./$$

Na ogólny czas realizacji zadania /przesyłania informacji/ składa się: czas komutacji i czas transmisji informacji. Wyróżnienie tych czasów jest warunkiem adekwatności symulacyjnej metody badawczej, na co wielu autorów zwraca szczególną uwagę w swoich pracach.
Losowość wymienionych czasów uwarunkowana jest sytuacją bojową pola walki i sposobem funkcjonowania systemu dowodzenia. Na potrzeby badań systemu łączności przyjęto wykładniczy rozkład czasów trwania wymienionych procesów /komutację i transmisję/.

Poszczególne informacje, niezbędne w dowodzeniu, mają dla dowódcy i oficerów sztabu wartość zależną od wpływu danej informacji na przebieg działań bojowych, im większy będzie ten wpływ, tym ważniejsza będzie informacja[27/].

27/ Klasyfikacja informacji wg stopnia pilności została dokonana w rozdziale I.

Olbrzymia ilość informacji, przy ograniczonych możliwościach środków ich przekazywania i przetwarzania oraz ograniczonych możliwościach zużytkowania tych informacji przez odbiorców, stwarza konieczność jej klasyfikacji. Przedstawiony w pracy podział informacji z punktu widzenia ich pilności wskazuje na trzystopniową klasę priorytetów.

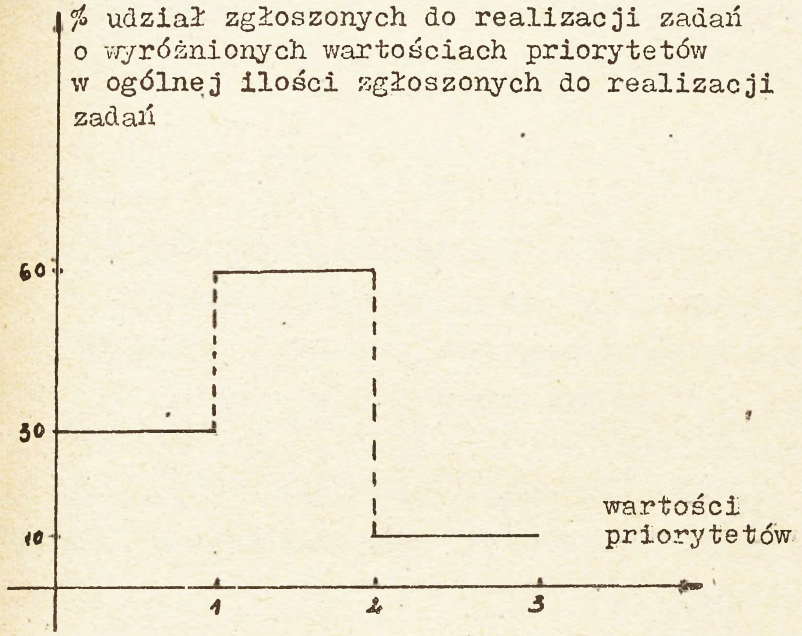
Ponieważ zgłaszane do realizacji przez użytkowników systemu łączności zadania charakteryzują się różnym stopniem pilności, jak również różna jest ich waga w procesie podejmowania decyzji, istnieje konieczność priorytetowania zadań. Kolejność i sposób obsługi zadań może być realizowana różnymi sposobami. Wśród regulaminu obsługi zgłaszanych do realizacji zadań można wyróżnić między innymi takie rodzaje regulaminów, jak:

- regulamin cykliczny,
- regulamin naturalny,
- regulaminy priorytetowe /względne, bezwzględne/.

Sposób funkcjonowania systemu łączności wskazuje na to, że obsługa zgłaszanych do realizacji zadań przebiega zgodnie z priorytetem regulaminu bezwzględnego. Priorytety, zgłaszane do realizacji zadań, nadają a priori ich użytkownicy przy ustalonych i ściśle przestrzeganych w tym względzie zasadach. Każdemu zgłoszonemu do realizacji zadania przyporządkowuje się liczbę naturalną ze zbioru P zwaną priorytetem zadania.

$$P = \{1,2,\ldots,P,\ldots P\} \qquad /3.40./$$

Priorytety zadań zgłoszonych do realizacji należy traktować jako wielkości losowe bezpośrednio uzależnione od sytuacji operacyjno-taktycznej i potrzeb informacyjnych użytkowników systemu dowodzenia. Strukturę priorytetu zgłaszanych do realizacji zadań odzwierciedla funkcja podziału priorytetów, której przykładowy przebieg ilustruje rys. 3.6. .



Rys. 3.6. Funkcja podziału priorytetów.

Struktura priorytetów zgłaszanych do realizacji zadań jest wielkością zmienną w czasie i dlatego też określenie funkcji podziału priorytetów dla wybranych przedziałów czasu badania systemu jest podyktowane wymogami adekwatności modelu symulacyjnego badania systemu. Opierając się na funkcji podziału priorytetów określamy rozkłady prawdopodobieństwa wyróżnionych wartości priorytetów. Dystrybuanta określająca rozkład wyróżnionych wartości priorytetów dla określonego węzła łączności, w wybranym przedziale czasu ma postać :

$$F^2/\hat{P}/ = \{F^2_{n,t}/P/;\quad n = \overline{1,N};\quad t = \overline{1,T}\} \qquad /3.41./$$

gdzie: $\hat{P}$ - zmienna losowa wyróżnionych wartości priorytetu,

$P^2_{n,t}\{\hat{P} < P_{n,t}\}$ - prawdopodobieństwo tego, że zgłoszone przez użytkowników ntego węzła łączności do realizacji zadania w przedziale czasu t będzie zadaniem o priorytecie mniejszym od $_{n,t}$

Zbiór dystrybuant dla wszystkich węzłów łączności i wybranych przedziałów czasu zapisujemy w postaci :

$$\mathcal{F}^{2}/\hat{P}/ = \{ \mathcal{F}^{2}_{n,t}/\hat{P}/ \; ; \quad n = \overline{1,N}; \quad t = \overline{1,N} \} \qquad /3.42./$$

Ze względu na możliwość przerwania procesu realizacji zadań, jak również ze względu na wymogi symulacji komputerowej jako metodę badania systemu, czas jaki pozostał do całkowitego wykonania zadania powinien być zapamiętany w odpowiedniej komórce pamięci komputera. Wartość czasu jaka powstała w chwili "t" do całkowitego zakończenia realizacji "i-tego" zadania reprezentowana jest przez funkcję $L^{i}/t/$ opisywać będziemy następującym wektorem parametrów

$$D^{i} = \langle T^{i}_{zg}, T^{i}_{ko}, T^{i}_{tr}, T^{i}_{dz}, R^{i}, P^{i} \rangle \qquad /3.43./$$

gdzie: i - numer kolejnego zgłoszonego do realizacji zadania.

Stan dowolnego zadania w chwili t określa wektor $\bar{D}^{i}/t/$

$$\bar{D}^{i}/t/ = \langle d^{i}/t/, L^{i}/t/ \rangle \qquad /3.44./$$

Zbiór stanów dla wszystkich zadań określamy przez $\bar{D}/t/$

$$\bar{D}/t/ = \{ \bar{D}^{i}/t/ \; ; \quad i = \overline{1,I} \} \qquad /3.45./$$

i interpretujemy go jako stan systemu łączności w płaszczyźnie informacyjnej, Łączny stan systemu łączności w płaszczyźnie informacyjnej i taktyczno-technicznej zapisujemy w postaci uporządkowanej pary wielkości :

$$B/t/ = \langle \bar{D}/t/, \; \bar{C}/t/ \rangle \qquad /3.46./$$

Przedstawiony opis formalny systemu łączności jest traktowany jako jego model.Pozwoli on na dalsze wykorzystanie w odpowiednim układzie do budowy modelu i programu symulacyjnego.

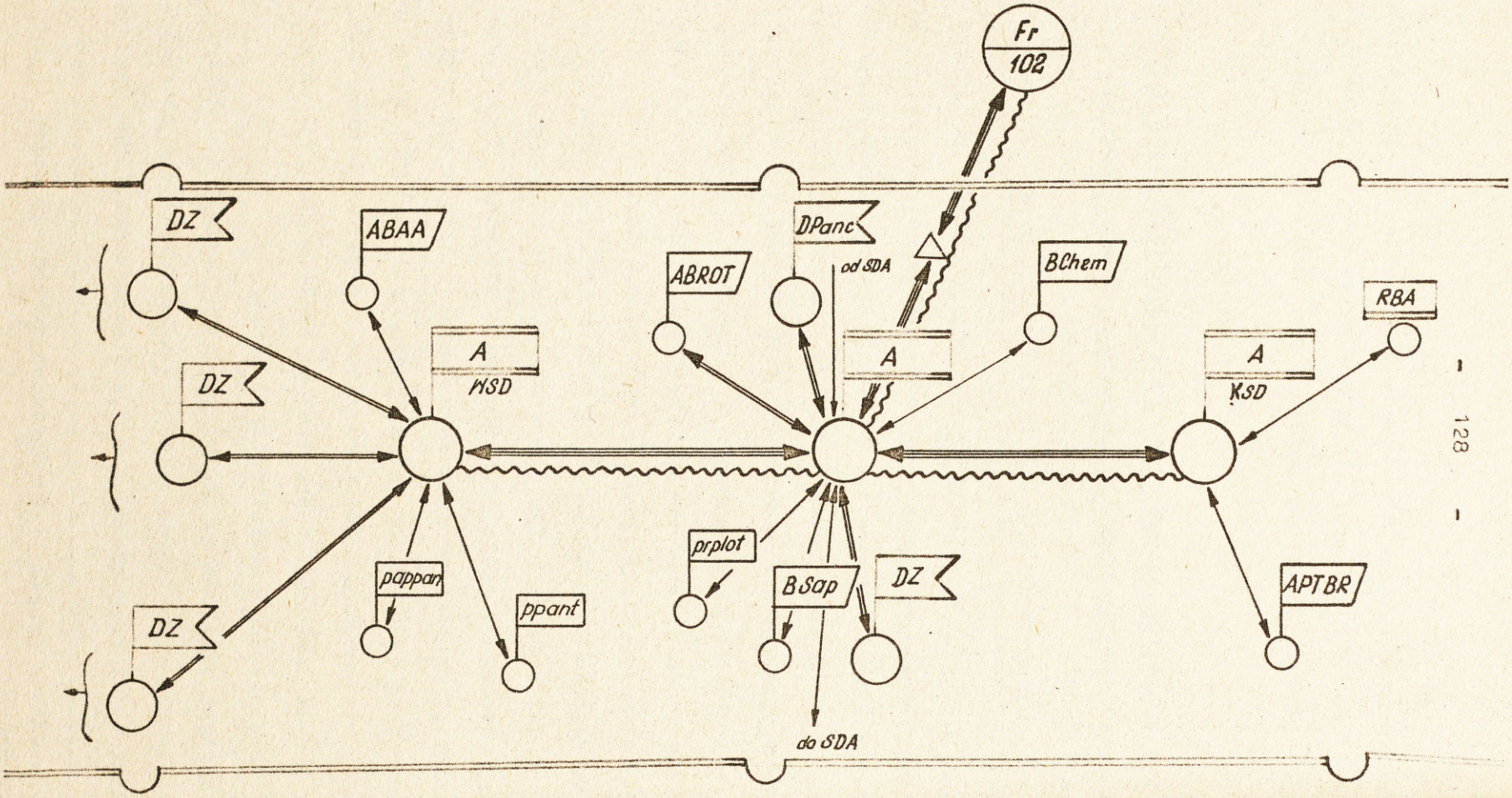
3.3.3. Charakterystyka założeń modelu sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii

W pracy modelowano sieć łączności radioliniowej i przewodowej armii ogólnowojskowej /o strukturze podanej w poprzednim rozdziale/, organizowaną w operacji zaczepnej znajdującą się w pierwszym rzucie operacyjnym frontu.Przyjęcie takiego założenia wynikało między innymi z tego,że ten rodzaj działań jest najbardziej złożony w organizacji sieci łączności armii.Do rozbudowy tej sieci w toku operacji wykorzystuje się najczęściej maksymalną ilość środków radioliniowych i przewodowych,a stopień ich zaangażowania i wykorzystania jest różny.

Ze względu na złożoność sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii,a w tym samym zbudowanego modelu,nie uwzględniono łączności radiowej.Natomiast w aktualnie organizowanej łączności zasadnicze zadanie w wymianie informacji pomiędzy elementami ugrupowania operacyjnego armii spełnia oś radioliniowa i przewodowa.Od jej parametrów i właściwego działania, między innymi także od przepustowości uzależniona jest ciągłość i trwałość dowodzenia wojskami armii.

Dlatego też,badaniu został poddany fragment /oś łączności/ jednego z możliwych wariantów struktury sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii,którą przedstawiono[28/] na rys.

28/ W rozdziale drugim pracy dokonano dokładnego opisu struktury.



Rys. 37. Schemat badanej sieci łączności radiolinionej i przewodowej armii.

3.7. Natomiast badaną oś sieci łączności radioliniowej i przewodowej zobrazowano na rys.3.8.,a graf budowanej osi na rys.3.9.,3.10.

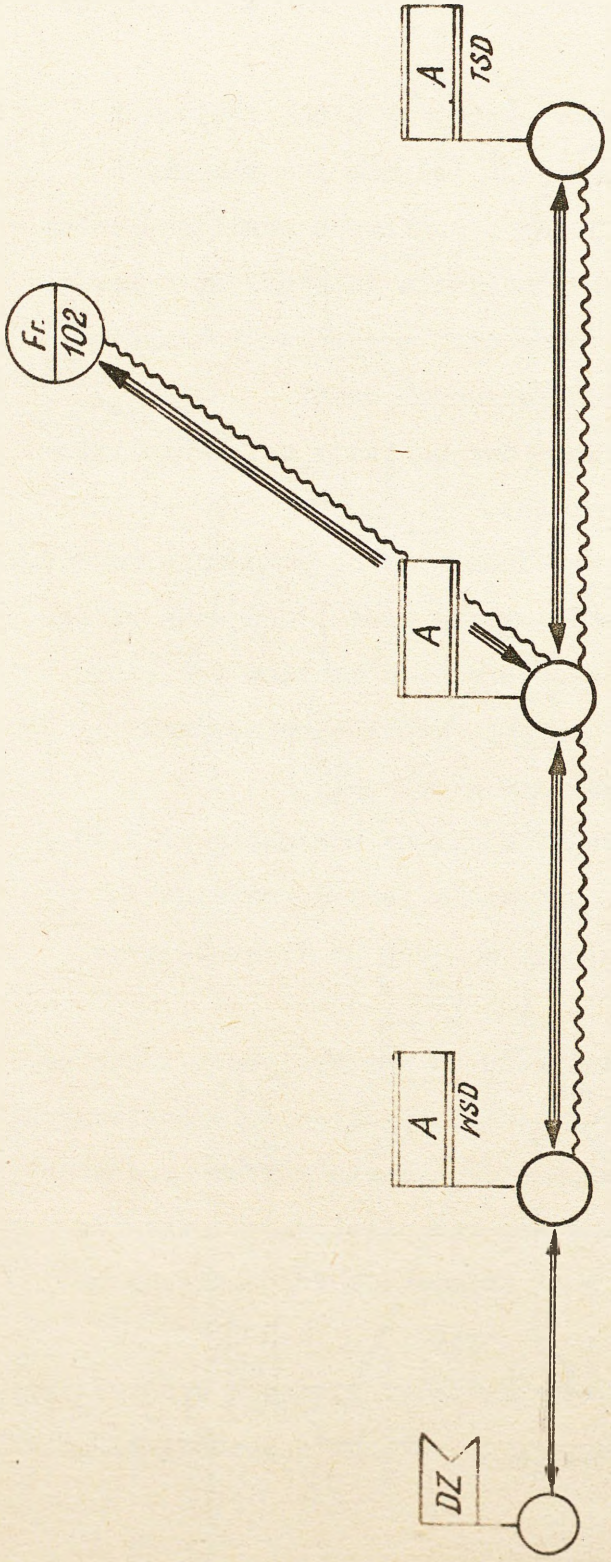
Przedstawiony fragment struktury sieci łączności radioliniowej i przewodowej jest jedynie przykładowy i należy traktować go jako jedno z możliwych rozwiązań celem pokazania /jedynie/ sposobu podejścia do problemu i zastosowania użytecznej metody badawczej - symulacji komputerowej przy badaniu systemów łączności armii.

Badaniu zostały poddane dwa warianty osi radioliniowej i przewodowej,a mianowicie:

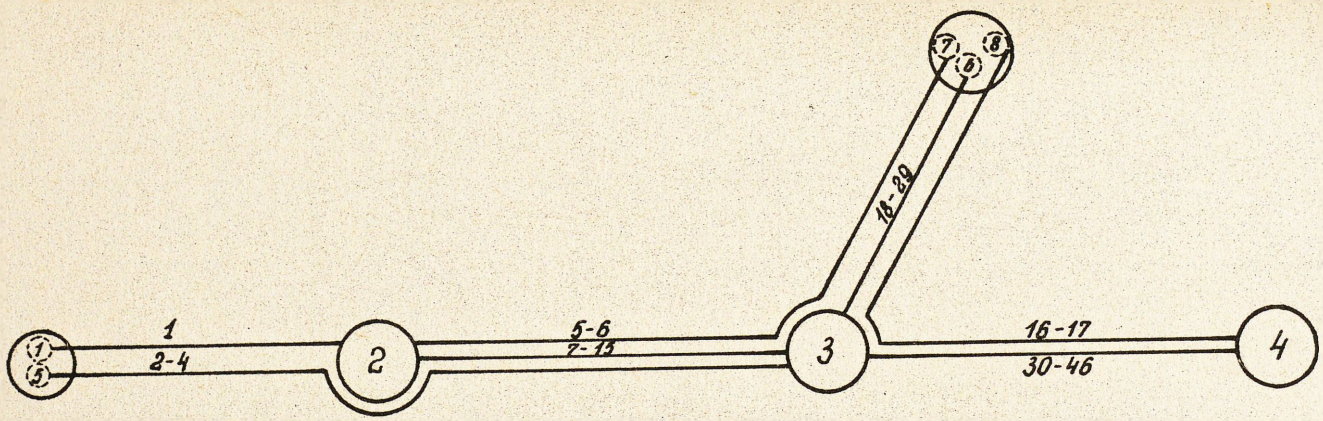
- wariant pierwszy przedstawiony na schemacie nr 3.9., gdzie realizacja połączenia jest dokonywana za pomocą wydzielenia bezpośrednich kanałów pomiędzy niektórymi WŁ i komutacji kanałów na węzłach łączności wchodzących w skład osi;
- wariant drugi przedstawiony na schemacie nr 3.10., gdzie realizacja połączenia jest dokonywana za pomocą tylko komutacji kanałów na WŁ wchodzących w skład osi.

Ze względu na istotne różnice występujące w technice przesyłania sygnałów analogowych i sygnałów telegraficznych oraz w sposobie obsługi abonentów,badaniu zostały poddane jedynie kanały telefoniczne osi radioliniowej i przewodowej,w których przesyłana jest informacja telefoniczna nie utajniona.

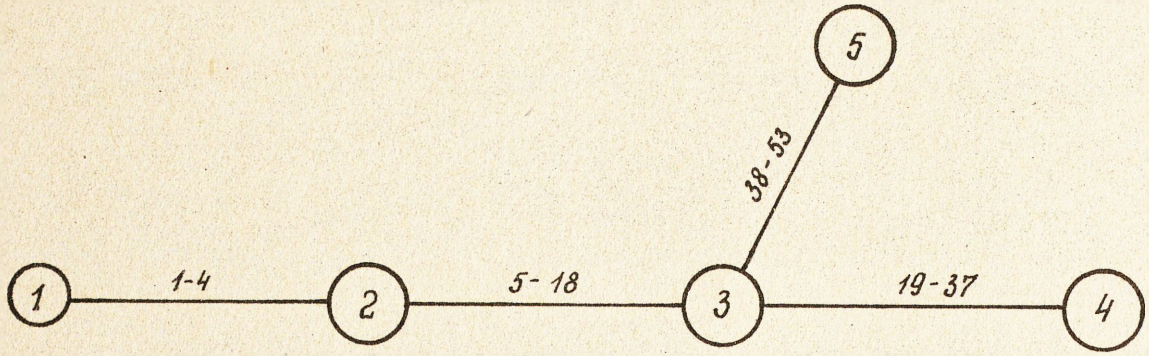
Zestawienie ilości kanałów telefonicznych w poszczególnych relacjach dla rozpatrywanych wariantów przedstawiono w tabeli nr 3.1.



Rys. 3.8. Schemat badanej osi sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii.



Rys. 3.9. Graf badanej osi sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii. (Wariant 1)



Rys. 3.10. Graf badanej osi sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii. (Wariant 2)

TABELA NR 3.1.

Relacje	Ilość kanałów telefonicznych					
	wariant 1			wariant 2		
	Radiol.	Przewod.	Razem	Radiol.	Przewod.	Razem
WŁ SDDZ-WŁ WSDA	1	-	1	4	-	4
WŁ SDDZ-WŁ SDA	3	-	3	-	-	-
WŁ WSDA-WŁ WSD Fr /PWŁ Fr/	1	1	2	-	-	-
WŁ WSDA-WŁ SDA	5	4	9	9	5	14
WŁ SDA-WŁ SD Fr /PWŁ Fr/	8	4	12	10	6	16
WŁ KSDA-WŁ KSD Fr /PWŁ Fr/	1	1	2	-	-	-
WŁ SDA-WŁ KSDA	12	5	17	13	6	19

Zestawienie ilości kanałów w poszczególnych relacjach dla rozpatrywanych wariantów.

Opierając się na przedstawionym fragmencie struktury sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii przyjęte zostały następujące ograniczenia:

- w badanym modelu zakłada się obieg informacji wyłącznie pomiędzy technicznymi środkami łączności. Nie został uwzględniony czas obiegu informacji wewnątrz węzła łączności;
- na każdym z węzłów znajduje się urządzenie komutacyjne o pojemności nie mniejszej od sumarycznej liczby kanałów występujących w danym węźle;

- przyjęto badanie modelu w czasie operacyjnym G ÷ 20 godz jako systemu masowej obsługi;
- w badanym przedziale czasu występują uszkodzenia kanałów łączności, mogą one być interpretowane jako zjawisko zawodności sprzętu, lub też jako rezultat oddziaływania nieprzyjaciela.
- średni czas trwania uszkodzenia kanału wynosi 5 minut;
- średni odstęp czasu między uszkodzeniami dowolnego kanału wynosi 90 minut;
- w modelu zakłada się całkowitą niezawadność węzłów łączności, jedynie jednoczesne uszkodzenie wszystkich kanałów danego węzła łączności obrazować może jego skończoną niezawodność;
- w kanałach łączności radioliniowej i przewodowej przesyłana jest informacja telefoniczna nie utajniona. Strumień zgłoszeń do obsługi jest strumieniem Poissona o intensywności λ ;
- przesyłane informacje ze względu na swoją wagę zostały podzielone na 3 klasy priorytetów. Dla najwyższego priorytetu przyjęto zasadę przerywania przesłanej informacji w przypadku zajętości kanałów łączności o niższych priorytetach. Po obsłużeniu informacji przerywającej następuje powrót do realizacji od początku informacji przerwanej. W przypadku wystąpienia kolejki w danej relacji, kolejne napływające zgłoszenie ustawia się w niej według zasady FIFO /fistin - first out/ w swojej klasie priorytetu;
- ze względu na brak danych statystycznych odnośnie obiegu informacji podczas pracy środków łączności radioliniowej i przewodowej przyjęto, na podstawie doświadczeń,

procentowy udział zgłoszeń poszczególnych priorytetach - jak rys. 3.6. /I-30%, II-60%, III-10%/;

- średni czas trwania rozmowy dla PR-1 , PR-2 wynosi 4 minuty, a dla PR-3 jest stały i równy 1 minucie;
- czas zestawiania połączeńw węźle łączności wynosi od 30 do 75 sekund;
- w przypadku zajętości kanałów łączności,napływające informacje ustawia się w węźle początkowym w kolejce do danej relacji.[29/] Prawdopodobieństwo zajętości abonenta wywoływanego wynosi 0,2.Natomiast czas oczekiwania na rozpoczęcie przekazywania jest ograniczony czasem deaktualizacji wiadomości T_D. Czasy deaktualizacji dla poszczególnych priorytetów wynoszą PR-1-60', PR-2-20', PR-3-10';
- zmiany stanowisk dowodzenia nie powodują okresowych przerw łączności;
- na podstawie analizy eksploatowanego sprzętu łączności radioliniowej i przewodowej można stwierdzić, że czas poprawnej pracy tych środków jest o wiele dłuższy niż założony okres badania osi i prawdopodobieństwo pojawienia uszkodzenia jest niewielkie dlatego w dalszych rozważaniach zostało pominięte;
- ze względu na brak informacji dotyczącej rzeczywistego obciążenia osi radioliniowej i przewodowej przyjęto średnie odstępy czasu między zgłoszeniami rozpatrywanych wariantów i wersji w określonych relacjach na podstawie wymagań "PASUW" - tabela nr 3.2.

Przyjęte założenia w niewielkim stopniu ograniczają adekwatność badanego modelu,jednak nie powinny istotnie wpłynąć na poprawność wyników symulacji.

29/ relacja rozumiana jako para węzłów,w której jeden jest źródłem informacji,a drugi jest odbiorcą informacji.

TABELA Nr 3.2.

Wersja	RELACJA		Odstępy czasu między zgłoszeniami /MIN/
	WARIANT 1 /numer węzła łączności/	WARIANT 2 /numer węzła łączności/	
1	2	3	4
1	5 - 3; 3 - 5 3 - 6; 6 - 3 2 - 3; 3 - 2	1 - 3; 3 - 1 3 - 5; 5 - 3 2 - 3; 3 - 2	2 1 5
2	5 - 3; 3 - 5 3 - 6; 6 - 3 2 - 3; 3 - 2	1 - 3; 3 - 1 3 - 5; 5 - 3 2 - 3; 3 - 2	4 1 5
3	5 - 3; 3 - 5 3 - 6; 6 - 3 2 - 3; 3 - 2	1 - 3; 3 - 1 3 - 5; 5 - 3 2 - 3; 3 - 2	6 1 5
4	5 - 3; 3 - 5 3 - 6; 6 - 3 2 - 3; 3 - 2	1 - 3; 3 - 1 3 - 5; 5 - 3 2 - 3; 3 - 2	2 3 5
5	5 - 3; 3 - 5 3 - 6; 6 - 3 2 - 3; 3 - 2	1 - 3; 3 - 1 3 - 5; 5 - 3 2 - 3; 3 - 2	2 5 5
6	5 - 3; 3 - 5 3 - 6; 6 - 3 2 - 3; 3 - 2	1 - 3; 3 - 1 3 - 5; 5 - 3 2 - 3; 3 - 2	2 1 3
7	5 - 3; 3 - 5 3 - 6; 6 - 3 2 - 3; 3 - 2	1 - 3; 3 - 1 3 - 5; 5 - 3 2 - 3; 3 - 2	2 1 9

1	2	3	4
8	5 - 3; 3 - 5 3 - 6; 6 - 3 2 - 3; 3 - 2	1 - 3; 3 - 1 3 - 5; 5 - 3 2 - 3; 3 - 2	2 3 2
9	5 - 3; 3 - 5 3 - 6; 6 - 3 2 - 3; 3 - 2	1 - 3; 3 - 1 3 - 5; 5 - 3 2 - 3; 3 - 2	2 3 1
10	5 - 3; 3 - 5 3 - 6; 6 - 3 2 - 3; 3 - 2	1 - 3; 3 - 1 3 - 5; 5 - 3 2 - 3; 3 - 2	5 3 1

Średnie odstępy czasu między zgłoszeniami dla rozpatrywanych wariantów i wersji w określonych relacjach.

3.3.4. Opis algorytmu symulacyjnego sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii

Algorytm symulacyjny badanej osi radioliniowej i przewodowej został przedstawiony na rys. 3.11.w postaci funkcjonalnych bloków, które imitują określone fragmenty realizowanych procesów. Przedstawione bloki spełniają następujące funkcje :

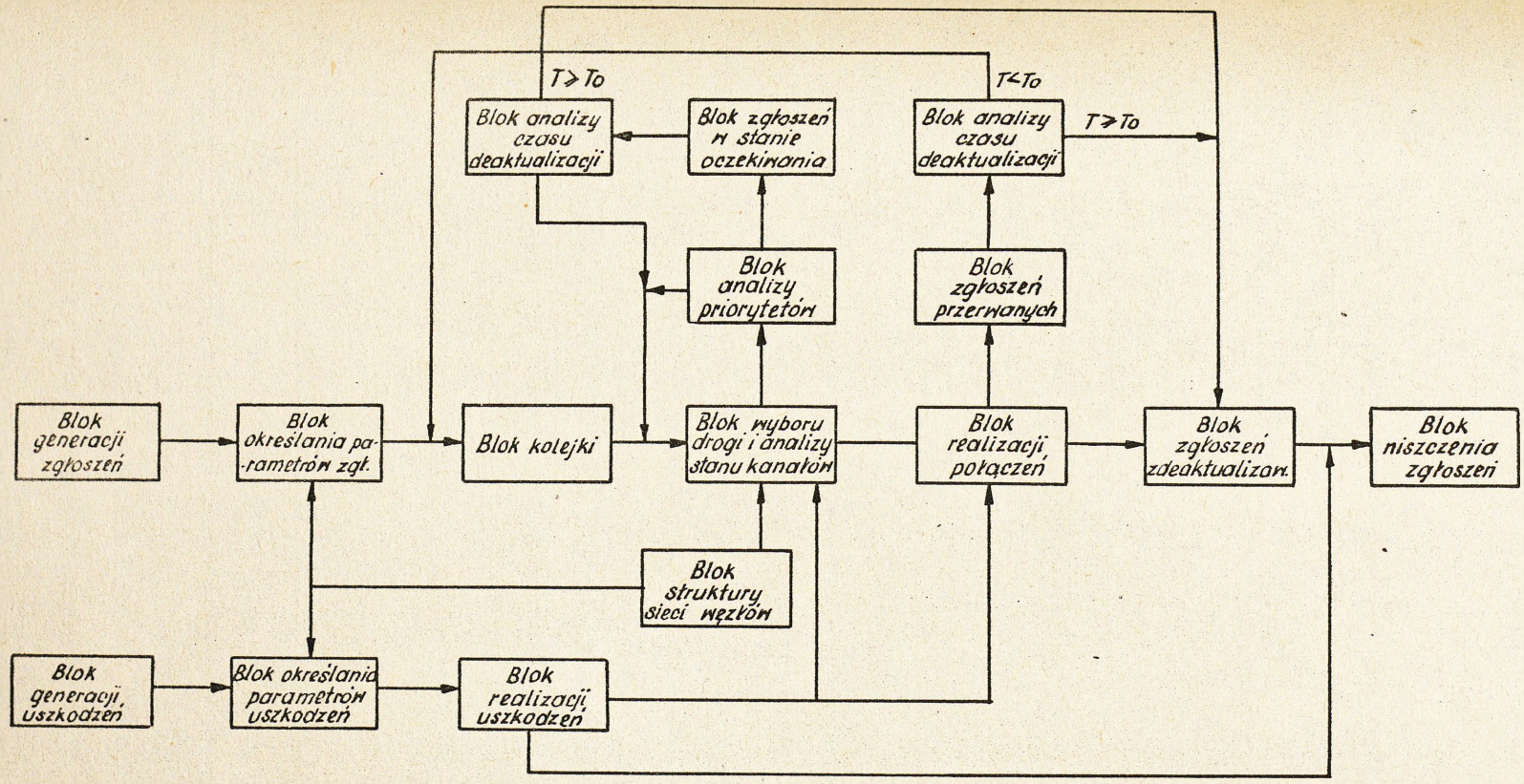
Blok generacji zgłoszeń - odwzorowuje zapotrzebowanie na przepływ zadań /informacji/. Obciążenie sieci jest różne w poszczególnych relacjach, jak i etapach działań bojowych.

Blok określenia parametrów zgłoszeń - odzwierciedla zjawisko rozdziału informacji w poszczególnych relacjach łączności. Określa nadawcę, odbiorcę, rodzaj informacji, priorytet, czas trwania oraz czas jej deaktualizacji.

Blok kolejki - odzwierciedla zjawisko opóźnienia przesłania informacji na skutek zajętości kanałów /niemożliwość zestawienia połączenia/ - zwane potocznie kolejką. Czas pobytu informacji w kolejce zależy od stanu kanałów w określonej relacji, zasady tworzenia kolejki oraz sposobu sterowania siecią.

Blok analizy czasu deaktualizacji - odzwierciedla zjawisko starzenia się informacji. Na podstawie porównania czasu deaktualizacji informacji T_D z czasem jaki upłynął od chwili pojawienia się jej w sieci T zostaje podjęta decyzja odnośnie dalszego sposobu jej obsługi i jeżeli czas T_D został przekroczony, to jest kierowana do bloku zgłoszeń zdeaktualizowanych.

Blok analizy priorytetu - odzwierciedla ważność przesłanej informacji. Sprawdzana jest wartość priorytetu przesyłanej informacji i na tej podstawie ustala się sposób realizacji połączenia, tzn. czy ma być dokonanie przerwanie realizowanych uprzednio połączeń czy też nie. Przerwanie połączenia w danej



Rys. 3.11. Schemat blokowy symulacyjnego algorytmu funkcjonowania systemu łączności armii.

relacji, zgodnie z przyjętym założeniem, jest dokonywane przez informację o najwyższej klasie priorytetu, która wymusza przerwanie realizacji przesłania informacji o niższych priorytetach. Informacje o niższych priorytetach przesyłane są do kolejki oczekiwania na realizację połączenia /wolny kanał łączności/.

Blok zgłoszeń w stanie oczekiwania - odzwierciedla zjawisko oczekiwania informacji na znalezienie kanału łączności, jak również dokonanie połączenia w określonej relacji /zjawisko komutacji kanałów/.

Blok struktury sieci węzłów - odwzorowuje budowę struktury sieci pod względem ilości, rodzajów i rozmieszczenia węzłów i kanałów łączności. Struktura ta w trakcie funkcjonowania systemu ulega zmianie ze względu na występujące uszkodzenia. Dane zawarte w tym bloku są podstawą do określenia drogi przesyłania informacji, a także stanowią pierwotną formę danych do analizy stanu kanałów łączności.

Blok wyboru drogi i analizy stanu kanałów - odwzorowuje sposób wyszukiwania dróg połączeniowych w badanej sieci. Dane wejściowe, służące do określenia przesyłania informacji, zawarte są w parametrach zadania oraz decyzji podjętej w bloku analizy priorytetu. Przyjmuje się zasadę, że poszukiwanie rozpoczynamy od drogi bezpośredniej. Jeżeli droga bezpośrednia nie istnieje lub nie możemy jej zrealizować, ze względu na zajętość tworzących tę drogę kanałów /z wyjątkiem drogi dla informacji o najwyższym priorytecie/, badane są drogi obejściowe - pośrednie /kilka odcinków/. W dalszej części procedury wyboru drogi poszukujemy wolnych kanałów. Informacje dotyczące aktualnego stanu kanału dostarcza blok określania stanu kanałów. Dla informacji o najwyższym priorytecie przy istnieniu połączenia bezpośredniego nie przewiduje się dróg obejściowych. Brak aktualnie wolnych kanałów spowoduje przer-

wanie przesyłania informacji o priorytecie niższym. Przerwanie /realizacji zadania/ przesyłania informacji w bloku realizacji połączenia spowoduje zmianę stanu kanału /zajęty na wolny/ i pozwoli utworzyć zgodną drogę transmisji. Procedura obsługiwania zadań o najwyższym priorytecie obowiązuje również wówczas, gdy w danej relacji istnieje tylko droga obejściowa. Przerwanie nie może być realizowane w stosunku do połączeń, gdzie przekazywana jest informacja o najwyższym priorytecie. Zadania, dla których nie można dokonać wyboru drogi, zostają skierowane do bloku oczekiwania na obsługę. Utworzenie drogi dla zadania o dowolnym priorytecie jest rejestrowane w postaci zmiany stanu /wolny na zajęty/ tego kanału lub tych kanałów /droga obejściowa/, które tę drogę tworzą.
Stan kanałów - odzwierciedla zjawisko zajmowania i zwalniania poszczególnych kanałów transmisyjnych. Stan kanału "zajęty" wystąpi w przypadku jego uszkodzenia lub jeżeli kanał został wykorzystany do budowy drogi przesyłania informacji. Stan kanału "wolny" wystąpi po usunięciu uszkodzenia, po zakończeniu realizacji zadania albo przerwaniu realizacji zadania w bloku realizacji zadań.

Blok generacji i uszkodzeń - odzwierciedla zjawisko powstawania uszkodzeń w systemie według zadanych funkcji analitycznych lub też innych form opisu tego zjawiska - /odzwierciedla zjawisko pojawienia się przerw w pracy kanałów łączności spowodowanych np. skończoną niezawodnością sprzętu, aktywnym oddziaływaniem nieprzyjaciela, niewłaściwą eksploatacją urządzeń łączności itp./. Na podtawie w/w zależności do bloku struktury sieci węzłów przekazywane są wielkości określające parę węzłów /ich numery/ między którymi nastąpiło uszkodzenie, rodzaj i ilość uszkodzonych kanałów, czas trwania uszkodzenia/ na podstawie założonego procesu usuwania uszkodzeń/. Ponieważ zjawisko uszkodzeń sieci ma charakter przypadkowy, konieczne jest

aby fakt powstania uszkodzenia miał wpływ na istniejący w danym momencie stan wymiany zadań,dla których wykorzystywane kanały uległy uszkodzeniu.

Blok określenia parametrów uszkodzeń - określa charakter uszkodzenia,czas jego trwania oraz odwzorowuje zjawisko rozdziału uszkodzeń na poszczególne kanały lub grupy kanałów łączności.

Blok realizacji uszkodzeń - odwzorowuje proces odnowy uszkodzonych kanałów łączności.Czas pobytu uszkodzenia w tym bloku zależy od jego charakteru oraz niezbędnego czasu potrzebnego do odnowy kanału.

Blok zgłoszeń przerywanych - odzwierciedla zjawisko przechowywania zgłoszeń na skutek powstających uszkodzeń lub zakłóceń transmisji oraz przyjętej organizacji obsługi.

Blok zgłoszeń realizowanych - odwzorowuje zjawisko przesyłania informacji do odbiorcy,służy do zliczania danych statystycznych o systemie.

Blok niszczenia zadań - odzwierciedla przekazywanie informacji poza sieć łączności.

Program symulacyjny przetworzono na EMC-IBM-360,jako jednostkę czasu systemowego przyjęto 1 sekundę.Czas trwania przebiegu wynosił około 10 minut.Przetworzono dwa warianty programu symulacyjnego po 10 wersji,co wyniosło około 200'efektywnego czasu pracy maszyny cyfrowej.Schemat blokowy programu symulacyjnego sieci łączności przewodowej i radioliniowej przedstawiono w załączniku nr 2.

IV. OCENA PRZEPUSTOWOSCI SIECI ŁACZNOSCI RADIOLINIOWEJ I PRZEWODOWEJ ARMII.

4.1. Analiza przepustowości sieci łączności radioliniowej i przewodowej dokonana na podstawie wyników badań symulacyjnych.

Zaproponowana symulacyjna metoda badania przepustowości sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii,wmaga

zaprojektowania układu eksperymentów zgodnych z celem badań,a mianowicie wnioskowania statystycznego o wartościach określonych charakterystyk systemu rzeczywistego.Przez określenie eksperyment należy rozumieć sprawdzenie pojedyńczego systemu dla jednego zbioru warunków.Natomiast przebieg symulacyjny będzie oznaczać pojedyńcze wykonanie programu dla jednego wariantu systemu.Przez obserwację rozumieć się będzie pojedyńczy pomiar zmiennej systemu.Więc eksperyment jest zbiorem wszystkich przebiegów dla jednego wariantu systemu,a badanie - zbiorem wszystkich eksperymentów.Prawidłowe zaplanowanie eksperymentów symulacyjnych umożliwia zebranie właściwych danych do oceny systemu,jego parametrów lub stawianie prognoz itp.,jak również zabezpiecza badacza przed informacjami z EMC, nieprzydatnymi z punktu widzenia celu badania.Wyniki obserwacji uzyskane podczas eksperymentu symulacyjnego są danymi do wnioskowania statystycznego o wartościach charakterystyk badanego systemu.

Zagadnienia statystyczne związane z badaniem symulacyjnym można podzielić na dwie obszerne klasy :

- zagadnienia planowania strategicznego,związane z zaprojektowaniem zbioru eksperymentów w celu uzyskania pożądanej informacji ;
- zagadnienia planowania taktycznegb,związane z określeniem sposobu prowadzenia eksperymentów.

Z analizy badanej sieci łączności wynikają istotne dotyczące planowania eksperymentów właściwości :

- wejściowy strumień zgłoszeń do obsługi jest strumieniem niestacjonarnym ;
- struktura systemu ulega okresowym zmianom /np. wydzielenie kanałów bezpośrednich między węzłami itp./.

Właściwości te powodują,że rozkład poszczególnych zmiennych jest niestacjonarny i nastręczają pewne trudności w wyznaczeniu parametrów systemu z wymaganą dokładnością.Istniejące metody

analizy danych generowanych w eksperymencie symulacyjnym oparte są na założeniu o normalności rozkładu obserwacji,a z drugiej strony brak jest dotychczas efektywnych i dostatecznie ogólnych metod,w których warunek nie musiałby być spełniony.Analiza rozpatrywanej sieci radioliniowej i przewodowej armii wykazuje jednak, że w trakcie pracy systemu występują takie okresy,w których z pewnym przybliżeniem można oczekiwać stacjonarności rozkładów /struktura systemu nie ulega zmianie,strumień zgłoszeń jest w przybliżeniu stacjonarny/.Celowe jest zatem rozpatrywanie dwóch struktur systemu,a mianowicie :

- struktury sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii w natarciu z komutacją wszystkich kanałów;
- struktury sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii w natarciu z wydzieleniem kanałów bezpośrednich.

Ponadto badania każdej ze struktur należy prowadzić w warunkach maksymalnego przewidywanego obciążenia.

Biorąc pod uwagę powyższe czynniki do realizacji pełnoczynnikowego układu eksperymentów należałoby rozpatrzyć od kilkunastu do kilkudziesięciu stanów układu.Pojedynczemu stanowi układu eksperymentu odpowiada jeden przebieg symulacyjny,którego czas trwania wynosi około 10 minut.Jeżeli każdy ze stanów układu dla estymacji wyników należałoby powtórzyć np.trzydzieści razy to pełnoczynnikowy układ eksperymentów wymagałby około kilkuset godzin pracy maszyny cyfrowej,a to prowadzi do nadmiernego użycia pracy maszyny i uzyskania nadmiaru informacji.Dlatego też wystarczającym i słusznym wydaje się rozpatrzenie tylko 10 stanów układu w każdej z dwóch struktur.

W badaniach ważne znaczenie ma także zagadnienie projektowania zbioru eksperymentów,oraz efektywność ich realizacji.Wykorzystanie próbek o bardzo dużych licznościach pozwala rozwiązać szereg problemów.Ale to nie jest jednak sposób zbyt zadowala-

- jący,ponieważ wymaga stosowania elektronicznych maszyn cyfrowych o dużych mocach obliczeniowych i stosunkowo długiego czasu ich pracy.Na efektywność eksperymentu symulacyjnego wpływa wybór następujących czynników :

- warunków początkowych i stanu równowagi;
- zmienność i liczność próbki.

Eksperymenty symulacyjne mają na celu uzyskanie oceny konfiguracji systemu lub sposobu obsługi /sterowanie/ przy ustalonych warunkach początkowych.Model systemu przedstawia się wraz z jego otoczeniem /strumień zgłoszeń jest procesem stacjonarnym/ i zbiera się informacje o granicznych stanach symulowanego systemu.Zakłada się,że graniczne rozkłady istnieją i poprzez eksperyment symulacyjny dąży się do empirycznego ich wyznaczenia i estymuje się ich momenty.Bardzo istotne jest określenie momentu czasu,w którym osiągany jest stan równowagi i poza którym nie ma szczególnych wartości stanu systemu,które należałoby obserwować w dalszych przebiegach.Ponieważ różnica między czasowym i granicznym rozkładem maleje z upływem czasu,dlatego też poszukuje się takiego punktu,poza którym można zaniedbać błąd popeniony przez traktowanie systemu jako znajdującego się w stanie równowagi.

W celu określenia momentu czasu,od którego mogą być dokonywane pomiary,zasadniczo brak jest obiektywnego kryterium,jednak podczas realizacji eksperymentu należy brać pod uwagę powyższe ustalenia np. usunięcie danych uzyskanych z początkowych przebiegów,które dostarczają więcej zniekształceń aniżeli informacji o systemie.Przy badaniu symulacyjnym należy eksperymentalnie wyznaczyć przedział,poprzez dokonywanie niewielkiej liczby wstępnych przebiegów,poza który wpływ warunków początkowych nie sięga.

Od przyjętych w badanym modelu warunków początkowych uzależniony jest czas uzyskania stanu równowagi.Najczęściej ekspery-

ment symulacyjny rozpoczyna się od stanu "pusty" i "wolny" 30/. W takim przypadku przyjmuje się założenie, że stan równowagi istnieje i nie zależy od warunków początkowych. Jednak może okazać się, że czas spełnienia warunków równowagi może być stosunkowo długi. Dobór prawidłowych warunków początkowych zmniejsza czas osiągnięcia zbliżenia do stanu równowagi. Zawsze należy liczyć się z występowaniem wpływu początkowego okresu symulacji, w którym stan systemu będzie uzależniony od stanu równowagi ale te różnice mogą być niezbyt duże.

W eksperymencie symulacyjnym wielkości uzyskane z poszczególnych obserwacji są zmiennymi losowymi i stanowią jedynie próbkę do estymacji parametrów rozkładu populacji generalnej. A więc do prawidłowej interpretacji rezultatów niezbędnym jest rozważenie oceny istotności uzyskanych wyników. Przy pojedynczym przebiegu symulacyjnym odwzorowuje się tylko jedną z możliwych realizacji obserwowanego procesu i przez to trudno stwierdzić czy uzyskany wynik jest przypadkiem skrajnym czy raczej średnim. Powtarzanie przebiegów symulacyjnych dla różnych liczb losowych i stałej liczności próbki pozwala na estymację parametrów rozkładów obserwowanych zmiennych. Estymator wartości średniej obserwowanego parametru można wyznaczyć ze wzoru :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} X_i \qquad /3.47./$$

gdzie: n - ilość niezależnych obserwacji zmiennej losowej

30/ Przez "pusty" i "wolny" rozumie się stan symulowanego systemu w którym kolejki są puste a urządzenia wolne.

x_i - zmienna losowa wartości wyników i-tej obserwacji

natomiast wariancję :

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} \left| Xi - \bar{X} \right|^2 \qquad /3.48./$$

Na ich podstawie można wyznaczyć przedział ufności obserwowanego paramatru :

$$\bar{X} \pm \frac{S}{\sqrt{n}} u_{\alpha/2} \qquad /3.49./$$

gdzie :

$u_{\alpha/2}$ jest wyznaczone z rozkładu t-Studenta dla małych "n" lub z rozkładu normalnego dla dużych "n" $\geq$ 30 na podstawie tw. Lapunowa 31/.

Przedstawiona metoda oceny dokładności wyników symulacji jest oparta na następujących założeniach: rozkład obserwacji jest stacjonarny i obserwacje te są niezależne. W badaniach symulacyjnych założenia te często nie są jednak spełnione, toteż wykorzystuje się inne metody. Jedną z nich jest metoda nie polegająca na powtórzeniach, lecz opierająca się na pojedynczym, dostatecznie długim przebiegu, najlepiej nie zawierającym odcinka z zamnaczającym się wpływem warunków początkowych. Przebieg określony jest na pewną liczbę części, tak że pomiary podzielone są na odcinki o różnej długości. Oblicza się wartość średnią

31/ Z.Helwig: Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. PWN Warszawa 1970, str. 213.

dla każdego odcinka, a poszczególne średnie odcinkowe traktuje się jako obserwacje niezależne. Za estymator mierzonej zmiennej bierze się wartość średnią średnich odcinkowych. Przyjęcie założenia, że średnie odcinkowe są niezależne i zastosowanie centralnego twierdzenia granicznego pozwala na przedstawienie obserwacji średnich odcinkowych za pomocą rozkładu normalnego. Umożliwia to zastosowanie podanych poprzednio wzorów na estymator wariancji średniej i obliczenie przedziału ufności.

Eksperyment symulacyjny przeprowadzany tą metodą składa się z "N" obserwacji podzielonych na "p" odcinków o liczności "n", a więc $N = np$. Ten eksperyment jest więc równoważny powtórzeniu "p" razy eksperymentu o długości "n", przy czym stan końcowy jednego przebiegu staje się stanem początkowym następnego [32].

Wyższość metody średnich odcinkowych nad metodą powtarzania przebiegów polega na tym, że nie ma potrzeby eliminowania wpływu warunków początkowych. Metoda ta wymaga jednak przyjęcia założenia, że poszczególne średnie odcinkowe są niezależne. Przyjęcie takiego założenia jest właściwe, jeśli długość odcinka jest dostatecznie duża. Zjawisko autokorelacji danych w eksperymencie symulacyjnym polega na istnieniu wpływu wartości danych na wartość następnych danych. Ze wzrostem odległości czasowej między danymi, wpływ ten maleje, a po przekroczeniu pewnego przedziału czasowego może być pominięty. Jednak jeśli długość odcinka jest większa od tego przedziału, to średnie odcinkowe można traktować jako niezależne. Pozostaje jednak zagadnienie wyboru odpowiedniej długości odcinka. Niekiedy przyjmuje się, że powinien być on co najmniej równy długości przedziału początkowego usuniętego z przebiegu. Jedynie pewną meto-

---

32/ Gordon: Symulacje systemów. WNT Warszawa 1974, str. 330.

dą jest jednak wykonanie przebiegu sprawdzającego dla określonej długości odcinka i sprawdzenie czy otrzymane wyniki są między sobą skorelowane.

Symulacyjna metoda badania sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii oraz otrzymane wyniki w procesie modelowania umożliwiają ocenę przepustowości sieci, jak również nasuwają szereg spostrzeżeń dotyczących zastosowania i wykorzystania tej metody do oceny efektywności funkcjonowania badanej sieci. Eksperyment symulacyjny był prowadzony na modelu sieci przedstawionym na rys. 3.7. Zakres zmian wejściowego strumienia zgłoszeń zawiera się w granicach od 0,1 $\frac{1}{min}$ do 1,0 $\frac{1}{min}$ dla rozpatrywanych wersji obu wariantów. Informacje statystyczne były zbierane co 120 jednostek czasu systemowego - jcs . Przyjęto, że 1 sekunda jest 1 jcs i odpowiada 2 minutom czasu rzeczywistego.

W celu wyeliminowania wpływu jaki wywierają warunki początkowe na wyniki symulacji, dokonano analizy 5 przebiegów wstępnych, z których każdy rozpoczynał się od stanu "pusty" i "wolny". Przedział czasu poza który nie sięga wpływ warunków początkowych został wyznaczony poprzez badanie zachowania się odchylenia standartowego przeciętnego czasu pobytu wiadomości w relacjach. Stwierdzono, że wpływ warunków początkowych obserwowanego parametru można uznać dopiero za pomijalny po 360 jcs. Jednak, ze względu na ograniczony czas pracy maszyny cyfrowej badanie to zostało sprowadzone tylko do omawianego parametru systemu.

Wnioski wynikające z analizy przebiegów wstępnych zostały wykorzystane w dalszej części eksperymentu, w wyniku którego określone zostały następujące wartości liczbowe wskaźników :

- prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacjach dla poszczególnych klas priorytetów;

- przeciętny czas pobytu wiadomości w relacjach dla poszczególnych klas priorytetów;
- średni czas pobytu wiadomości w kolejce w węzłach źródłowych;
- współczynnik wykorzystania kanałów łączności;
- ogólną ilość rozmów w relacjach;
- ilość terminowo zrealizowanych rozmów w relacjach;
- sumę czasów przebywania wiadomości w relacjach;
- średnie czasy przebywania wiadomości w relacjach.

Estymatory badanych parametrów systemu wyznaczono na podstawie wykonanych 10 przebiegów symulacyjnych, różniących się między sobą jedynie punktem startowym generatorów liczb pseudolosowych i przedstawiających różne realizacje odtwarzanego przebiegu stochastycznego. Długość każdego z przebiegów została przyjęta na 1000 jc s. Po wyeliminowaniu z przebiegów okresu początkowego i zakładając, że długość odcinków obserwacji jest wystarczająca oraz na podstawie wzorów : 3.47, 3.48 wyznaczono dla zmierzonych parametrów estymatory i odchylenia standartowe średnich odcinkowych. Następnie korzystając ze wzoru 3.49 wyznaczono 95 % przedziału ufności dla wartości średnich poszczególnych parametrów. Wybrane wyniki obliczeń dla określonych relacji przedstawiono w tabeli nr 3.3; 3.4.

Na podstawie otrzymanych wyników zostały sporządzone wykresy następujących zależności :

- prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości P_t w relacjach w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń dla poszczególnych klas priorytetów;
- przeciętny czas pobytu wiadomości w relacjach $\overline{T}_{pob}$ w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń dla poszczególnych klas priorytetów;

Tabela 3.3.

Relacja	Priorytet	Estymator wartości średniej	Wariancja	Przedział ufności dla wartości średniej
1	2	3	4	5
5-3	1	115,9	32	115 ± 23,8
	2	136,6	28,3	136 ± 21
	3	62,1	27,8	62,1 ± 20,7
3-5	1	109,6	31,3	109,6 ± 23,3
	2	134,2	28,9	134,2 ± 21,5
	3	64,2	38,8	64,2 ± 28,8
2-1	1	33	4,2	33 ± 3,1
	2	38,9	8,7	38,9 ± 6,5
	3	11,4	3,8	11,4 ± 2,8
1-2	1	33,6	7,4	33,6 ± 5,5
	2	43,4	7,7	43,4 ± 5,7
	3	9,7	2,8	9,7 ± 2,1

Tabela 3.3.

1	2	3	4	5
2-3	1	128,7	114,3	128,7 ± 84,9
	2	234	141,9	234 ± 165,5
	3	39,8	31,1	39,8 ± 23,1
3-2	1	135,2	123,7	135,2 ± 91,9
	2	233,2	135,3	233,2 ± 100,5
	3	42,6	29,6	42,6 ± 22
3-6	1	472,8	168,9	472,8 ± 147,8
	2	735	263,9	735 ± 196,2
	3	151,4	67,9	151,4 ± 50,4
6-3	1	473,1	234,8	473,1 ± 174,5
	2	778,3	402,4	778,3 ± 299,1
	3	149,1	51,9	149,1 ± 38,6

Estymator wariancja, przedział ufności wartosci średniej dla terminowo realizowanych rozmów /Wariant 1/

Tabela 3.4.

Relacja	Priorytet	Estymator wartości średniej	Wariancja	Przedział ufności dla wartości średniej
1	2	3	4	5
2-1	1	25,7	12,9	25,7 ± 9,6
	2	41,6	22,3	41,6 ± 16,5
	3	9,6	2,6	9,6 ± 1,93
1-2	1	14,8	14	14,8 ± 10,4
	2	23,7	10,9	23,7 ± 8,1
	3	11,4	3,5	11,4 ± 2,6
3-2	1	141	141,8	141 ± 105,4
	2	237,1	101,1	237,1 ± 75,1
	3	40,1	36,9	40,1 ± 27,4
3-2	1	133,7	126,3	133,7 ± 93,8
	2	215,1	198,9	215,1 ± 147,8
	3	46	32,2	46 ± 23,9
3-5	1	478,7	236,6	478,7 ± 175,9
	2	824,8	310	824,8 ± 230
	3	151,7	59,6	151,7 ± 44,3

Tabela 3.4.

1	2	3	4	5
5-3	1	491,8	190,4	491,8 ± 141,3
	2	864,8	320,7	864,8 ± 238,4
	3	151,8	97,	151,8 ± 72,1

Estymator wariancja, przedział ufności wartości średniej dla terminowo realizowanych rozmów. /Wariant 2/

- przeciętny czas pobytu wiadomości w kolejce $\bar{T}_{ocz}$ w węźle źródłowym w funkcji numeru kolejki;

- współczynnik wykorzystania kanałów. $\mathcal{H}$.

Wykresy prawdopodobieństwa terminowego przekazania wiadomości "P_t" i przeciętny czas pobytu wiadomości "T_{pob}" w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń poszczególnych klas priorytetów, wykonano dla wybranych relacji wariantu pierwszego /realizacja połączeń jest dokonywana za pomocą kanałów bezpośrednich i komutacji/ pomiędzy :

- WŁSDDZ a WŁSD Armii i odwrotnie /WŁ nr 5-3 i 3-5/;

- WŁWSD Armii a WŁSD Armii i odwrotnie /WŁ nr 2-3 i 3-2/;

- WŁSD Armii a PWŁ Frontu i odwrotnie /WŁ nr 3-6 i 6-3/;

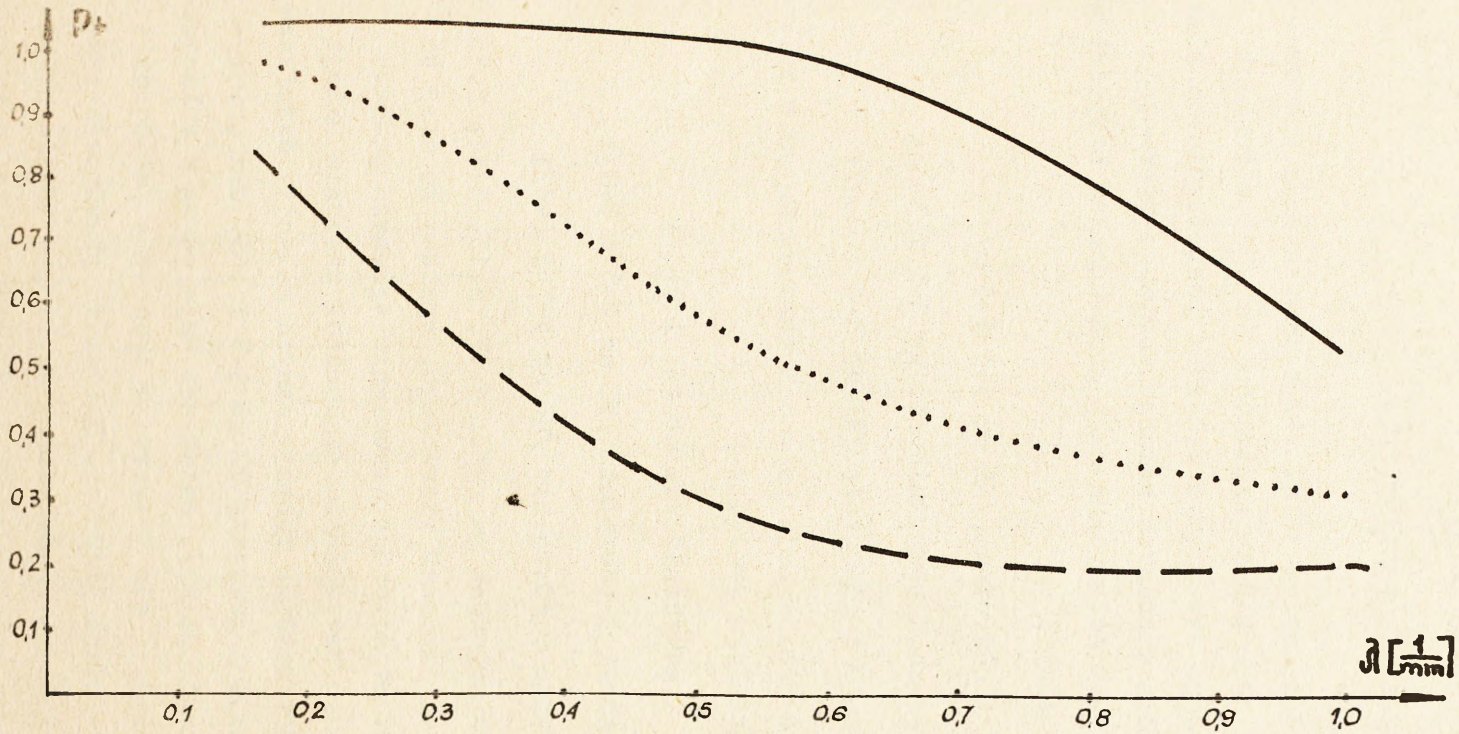
oraz wariantu drugiego /realizacja połączeń dokonywana jest tylko za pomocą komutacji kanałów/ pomiędzy :

- WŁSDDZ a WŁSD Armii i odwrotnie /WŁ nr 1-3 i 3-1/;

- WŁWSD Armii a WŁSD Armii i odwrotnie /WŁ nr 2-3 i 3-2/;

- WŁSD Armii a PWŁ Frontu i odwrotnie /WŁ nr 3-5 i 5-3/;

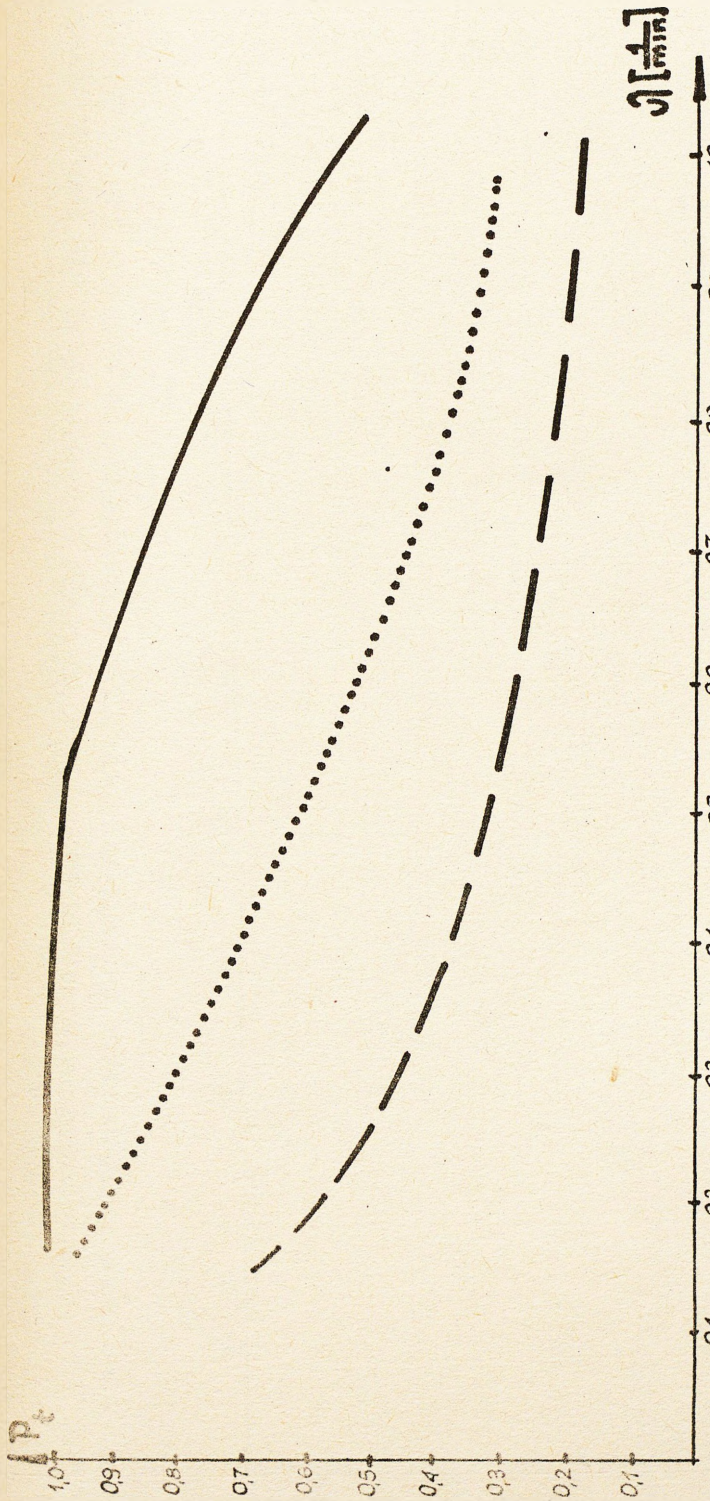
Z wykresów przedstawionych na rys.: 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, dotyczących wariantu pierwszego, wynika, że wraz ze wzrostem intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości znacznie maleje dla wszystkich klas priorytetów rozpatrywanych relacji. Najniższą wartość osiąga w relacjach pomiędzy WŁ nr 5-3 i 3-5, dla priorytetu drugiego /wiadomości pilne/, natomiast największą w relacjach pomiędzy WŁ nr 3-6 i 6-3, a dla priorytetu trzeciego /wiadomości alarmowe/ jest stałe - równe jedności. Natomiast prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w wariancie drugim przedstawiono na wykresach np.: 3.26, 3.27, 3.28, 3.29, 3.30, 3.31, z których wynika, że podobnie jak w wariancie pierwszym maleje



Legenda do wariantu 1
.... - klasa priorytetu (PR) 1
---- - klasa priorytetu (PR) 2
—— - klasa priorytetu (PR) 3

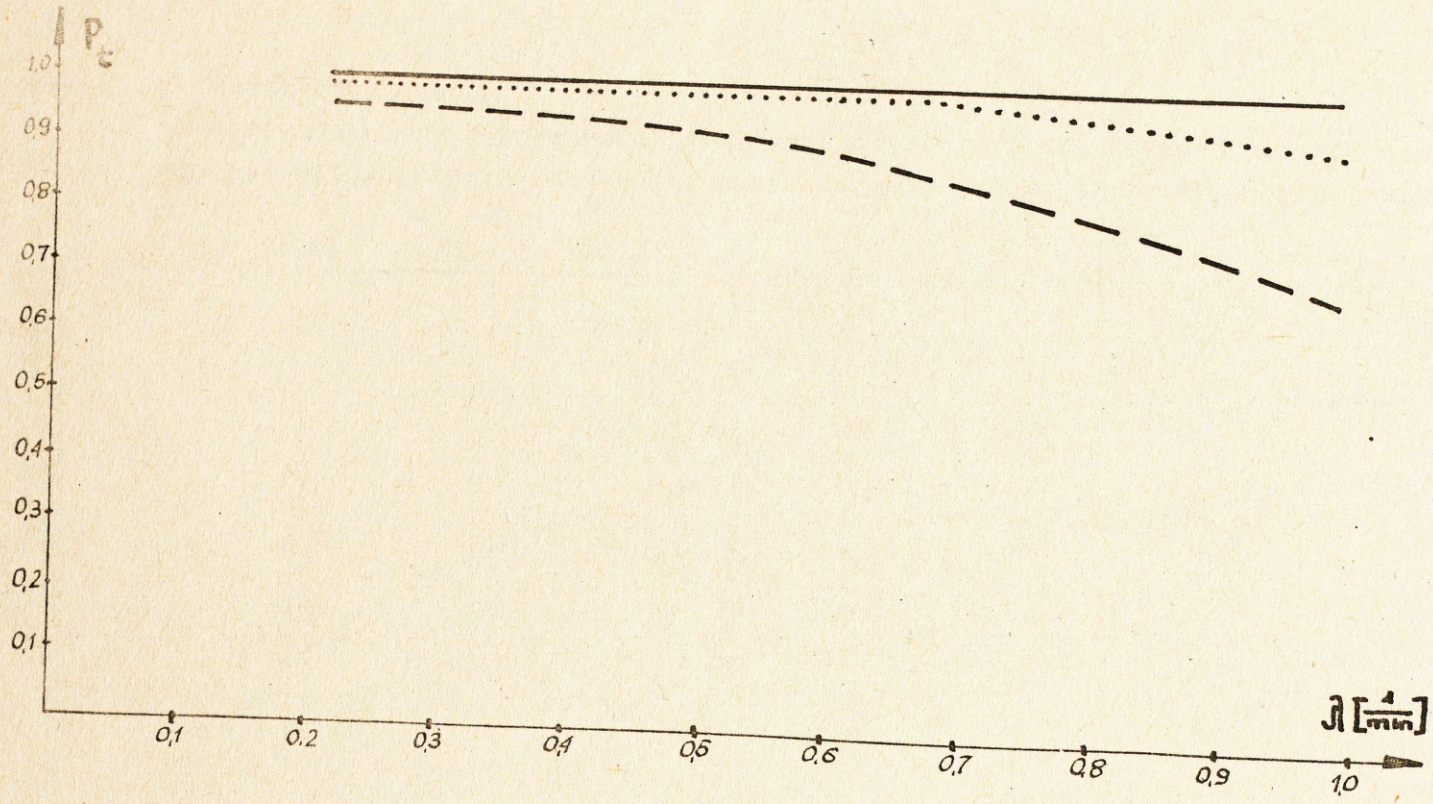
Rys. 3.12. Prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacji 5-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 1/



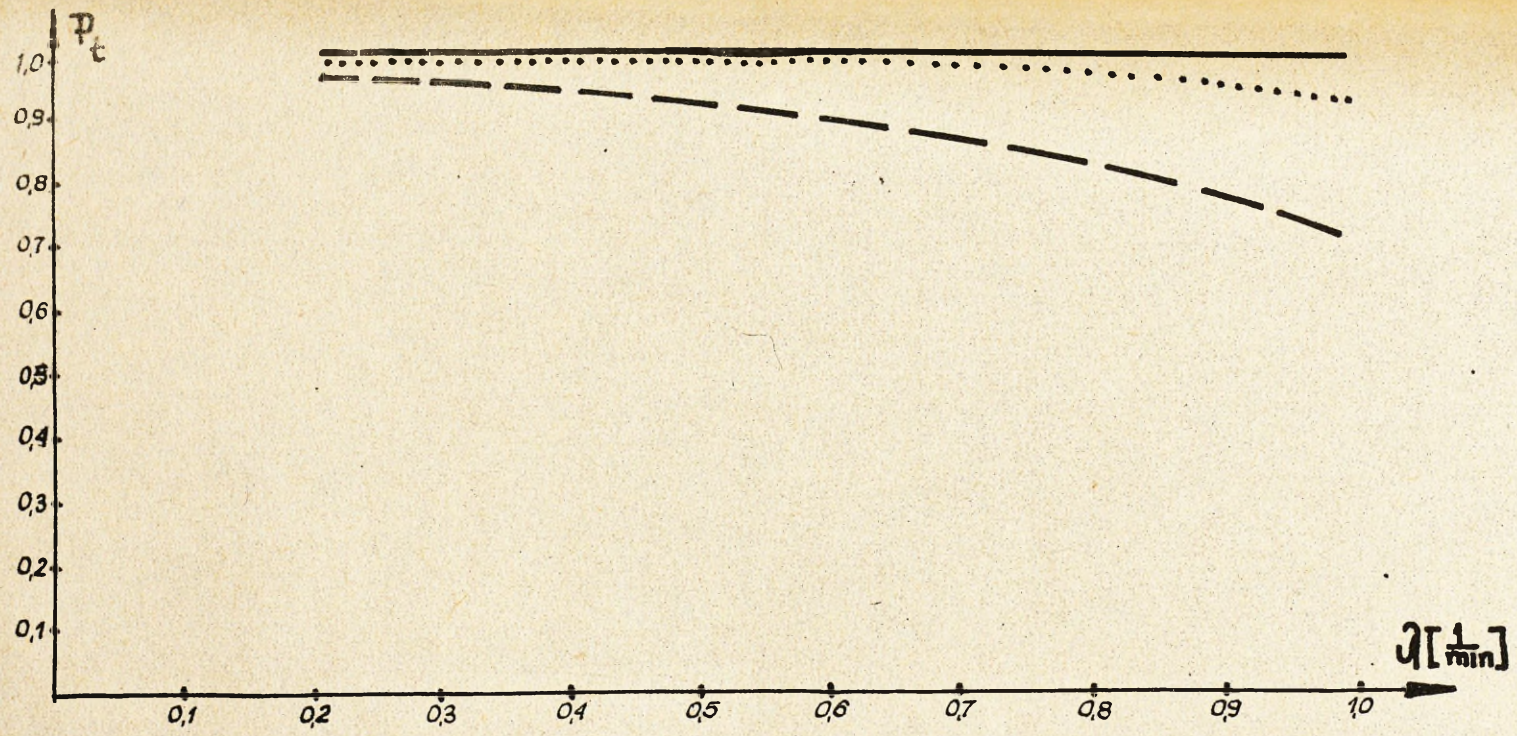
Rys. 3.13. Prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacji 3-5 wunkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych Klas priorytetów

/Wariant 1/



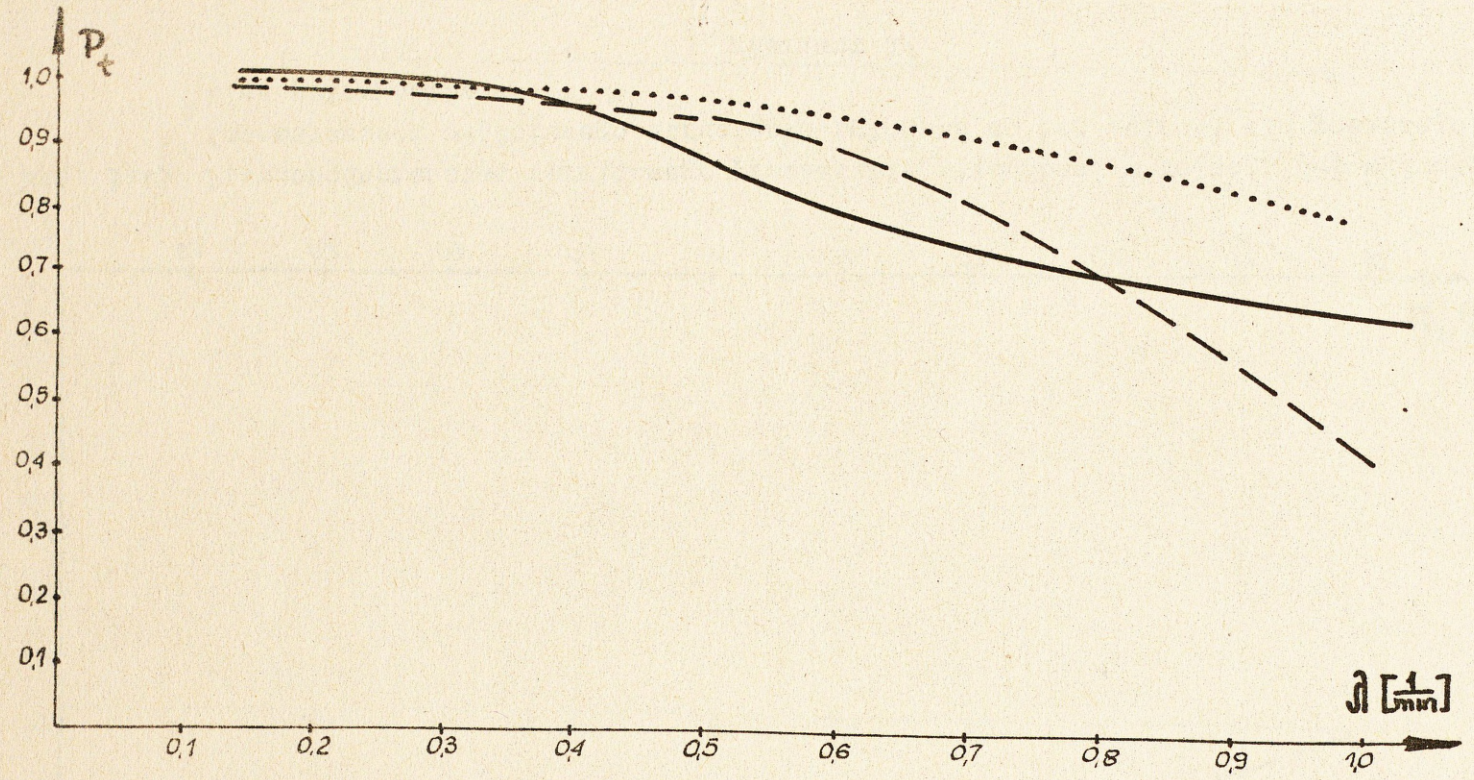
Rys. 3.14. Prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacji 3-6 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 1/



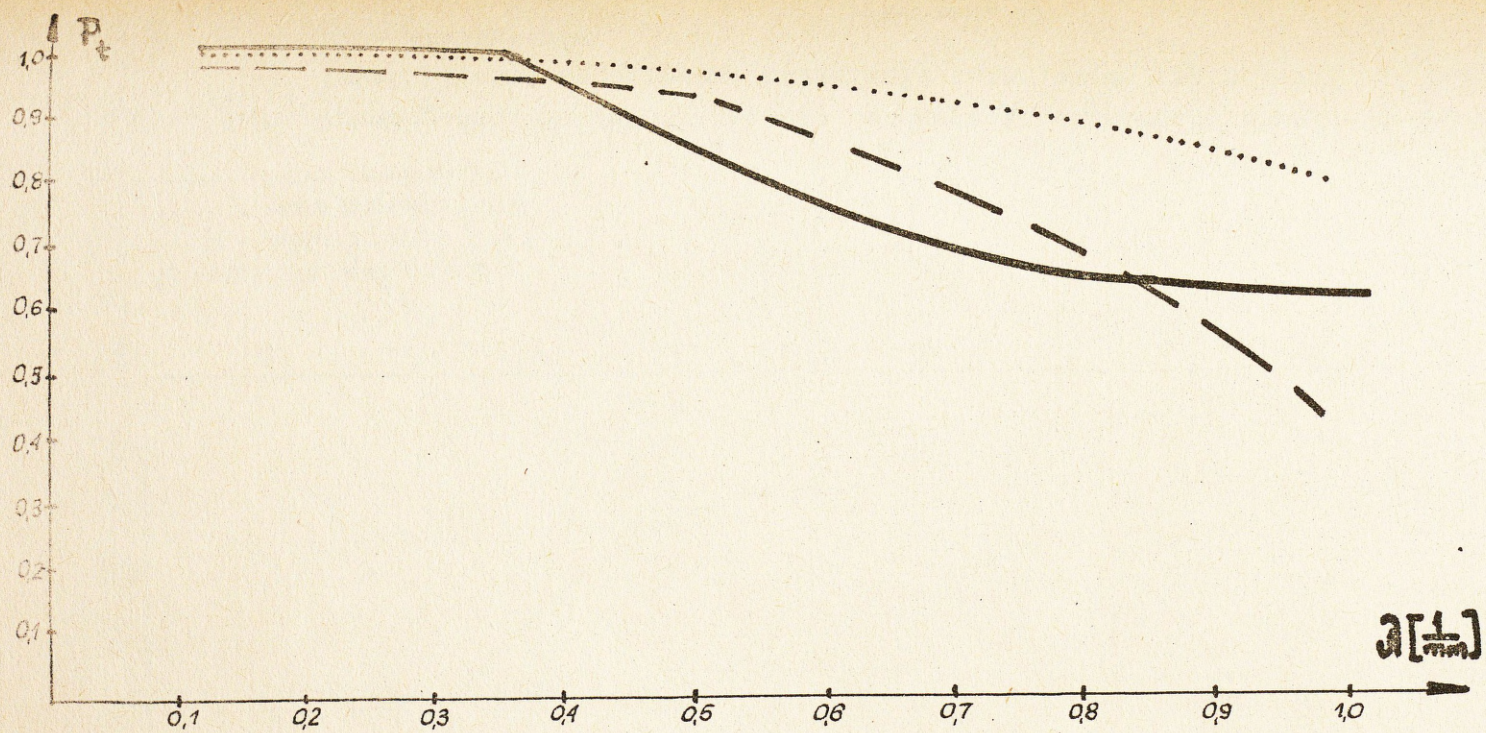
Rys. 3.15. Prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacji 6-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 1/



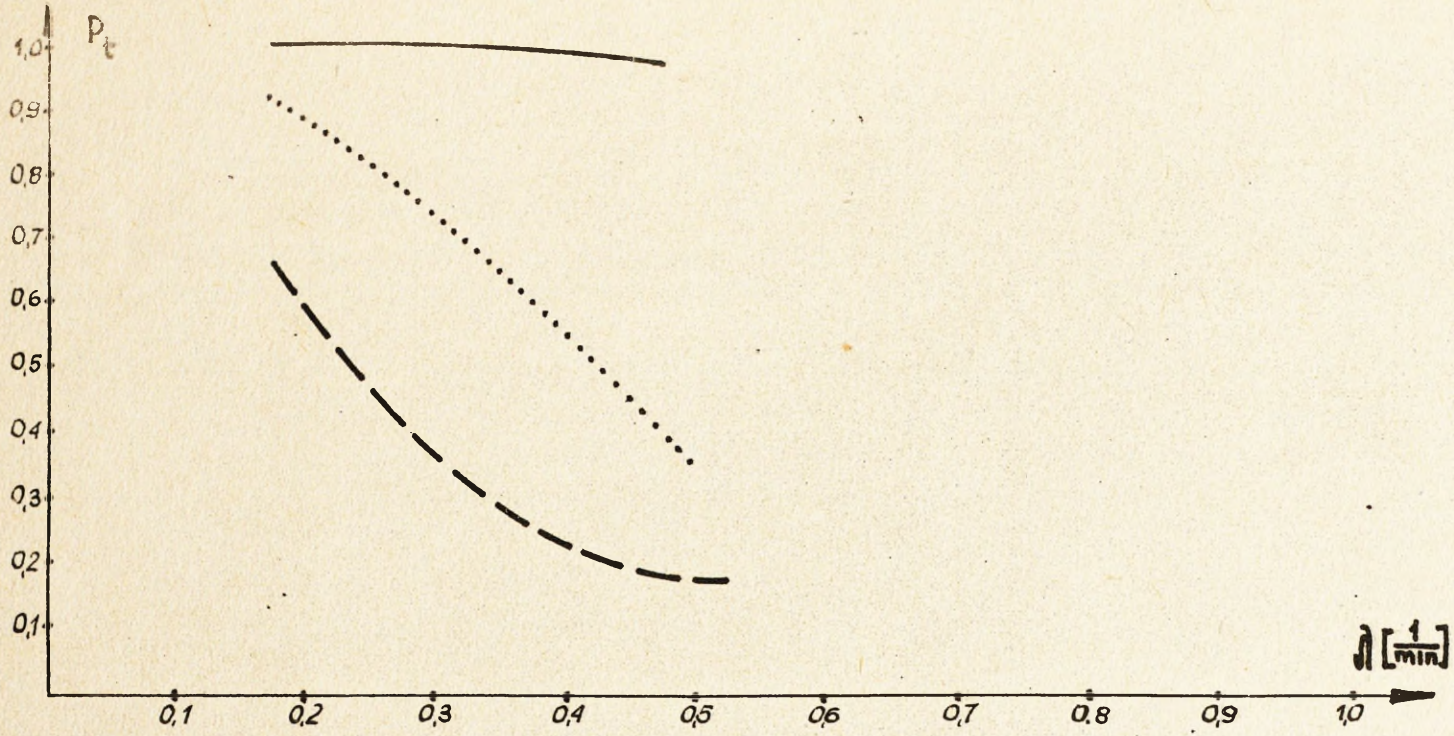
Rys. 3.16. Prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacji 2-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 1/



Rys. 3.17. Prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacji 3–2 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

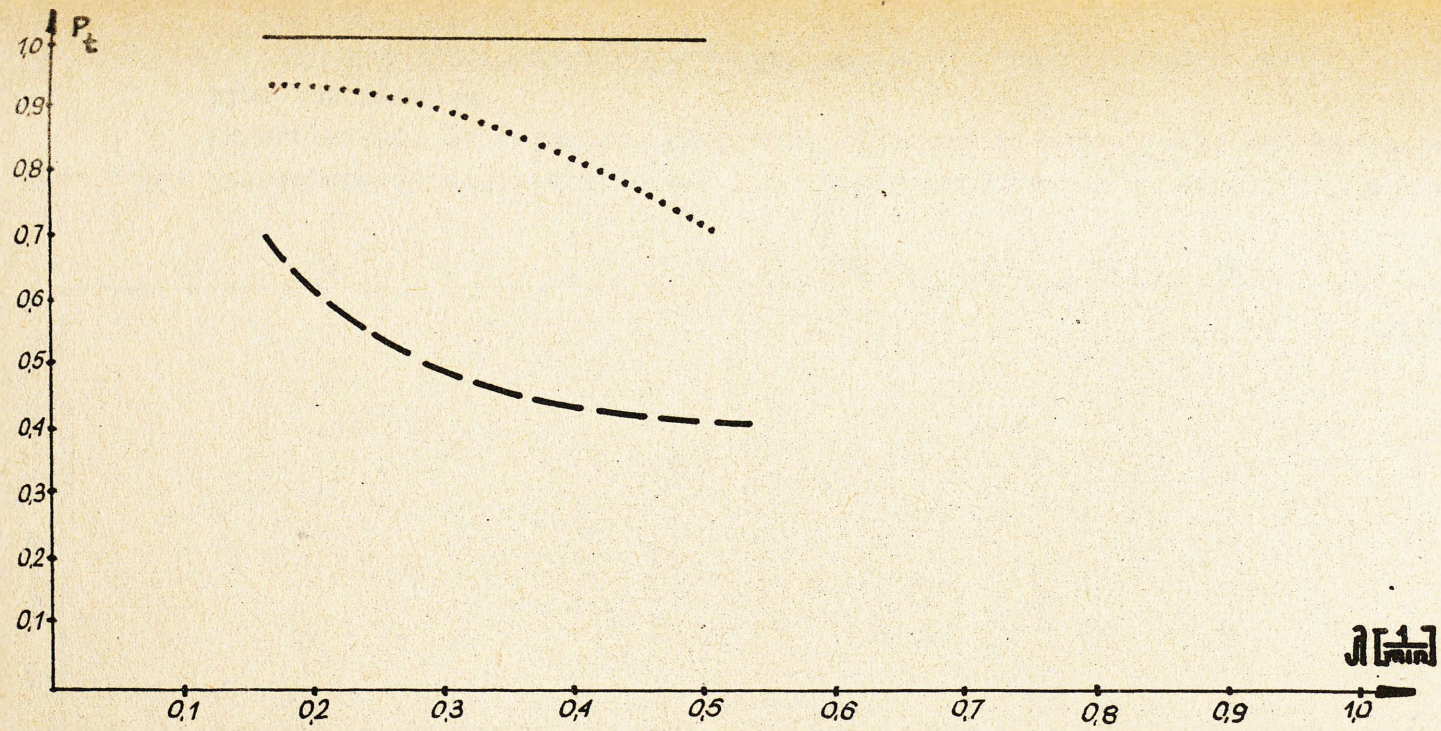
/Wariant 1/



Legenda do wariantu 2:
.... - klasa priorytetu (PR) 1
---- - klasa priorytetu (PR) 2
——— - klasa priorytetu (PR) 3

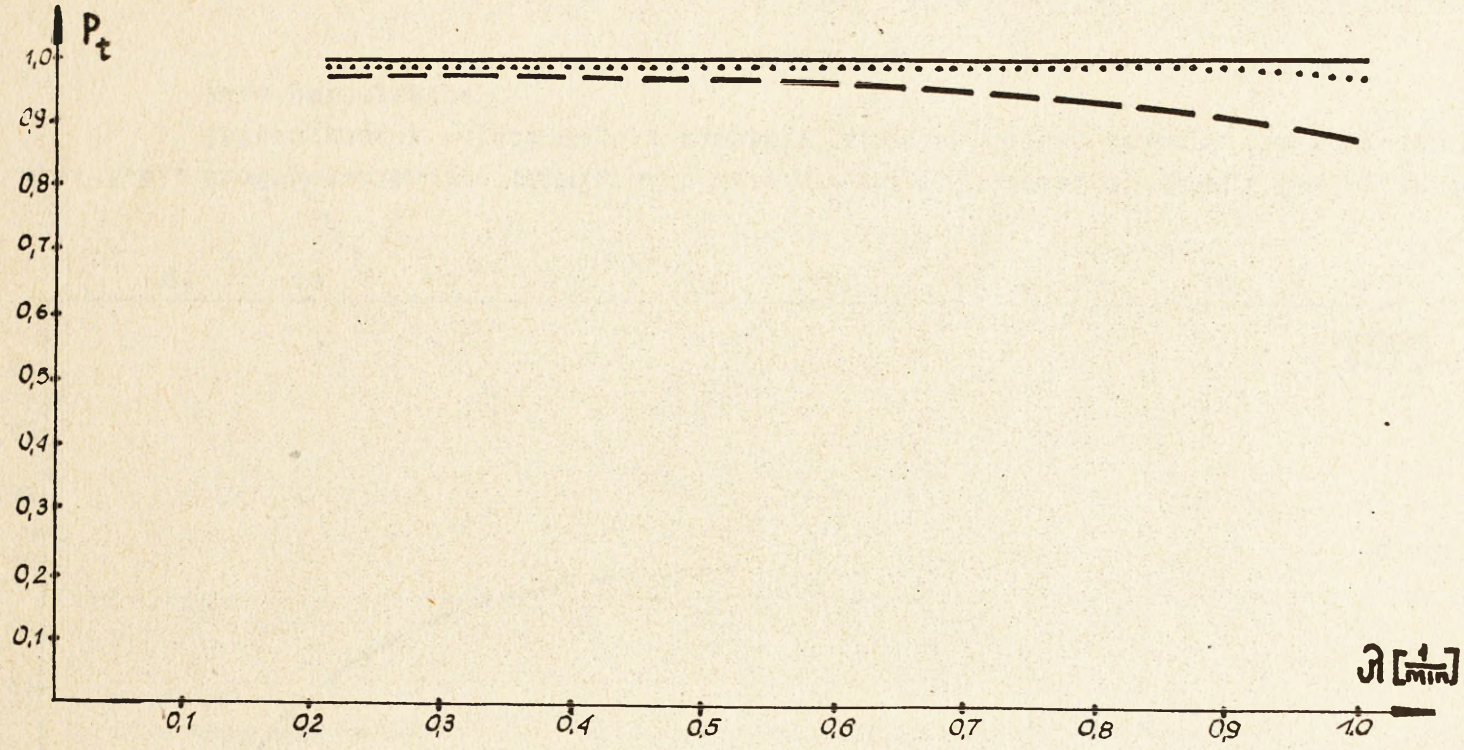
Rys. 3.26. Prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacji 1-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 2/



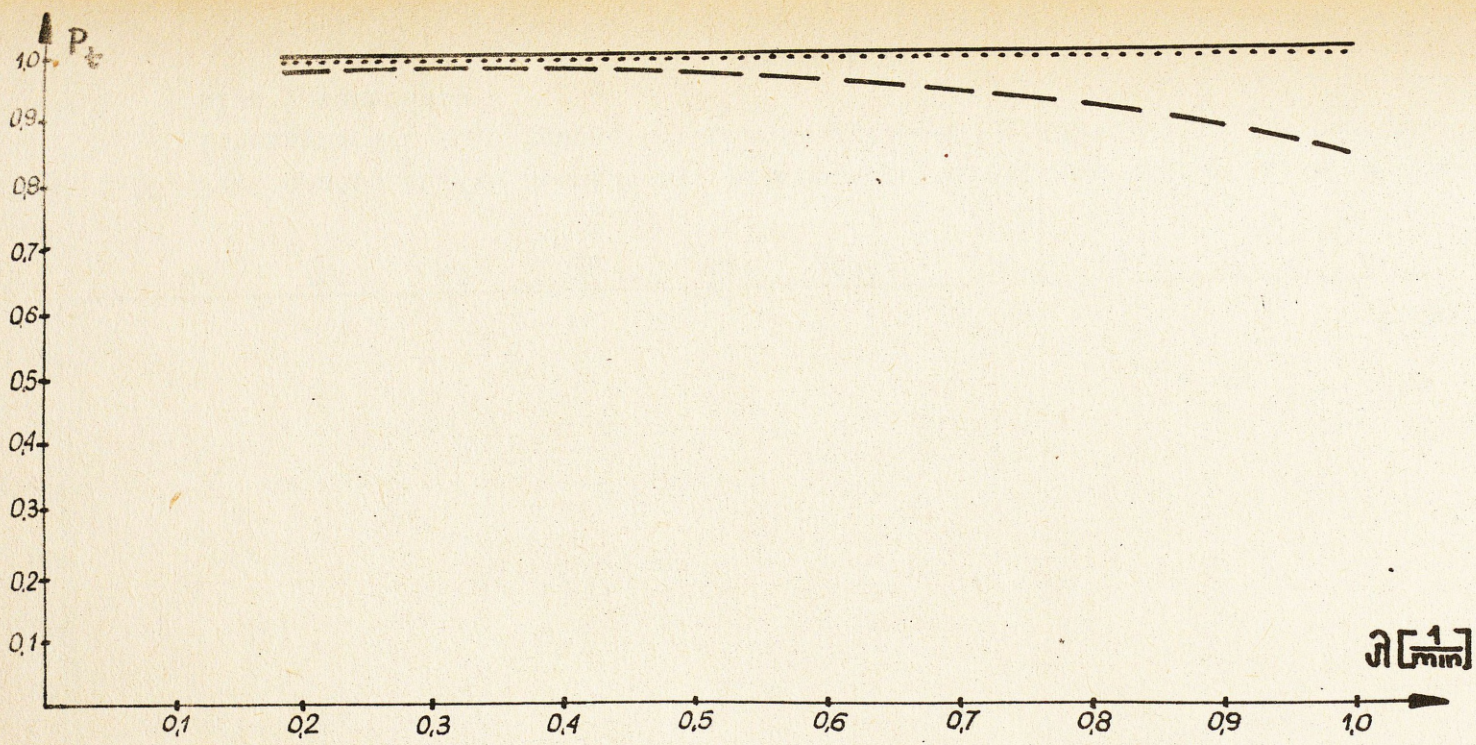
Rys. 3.27. Pradopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacji 3–1 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 2/



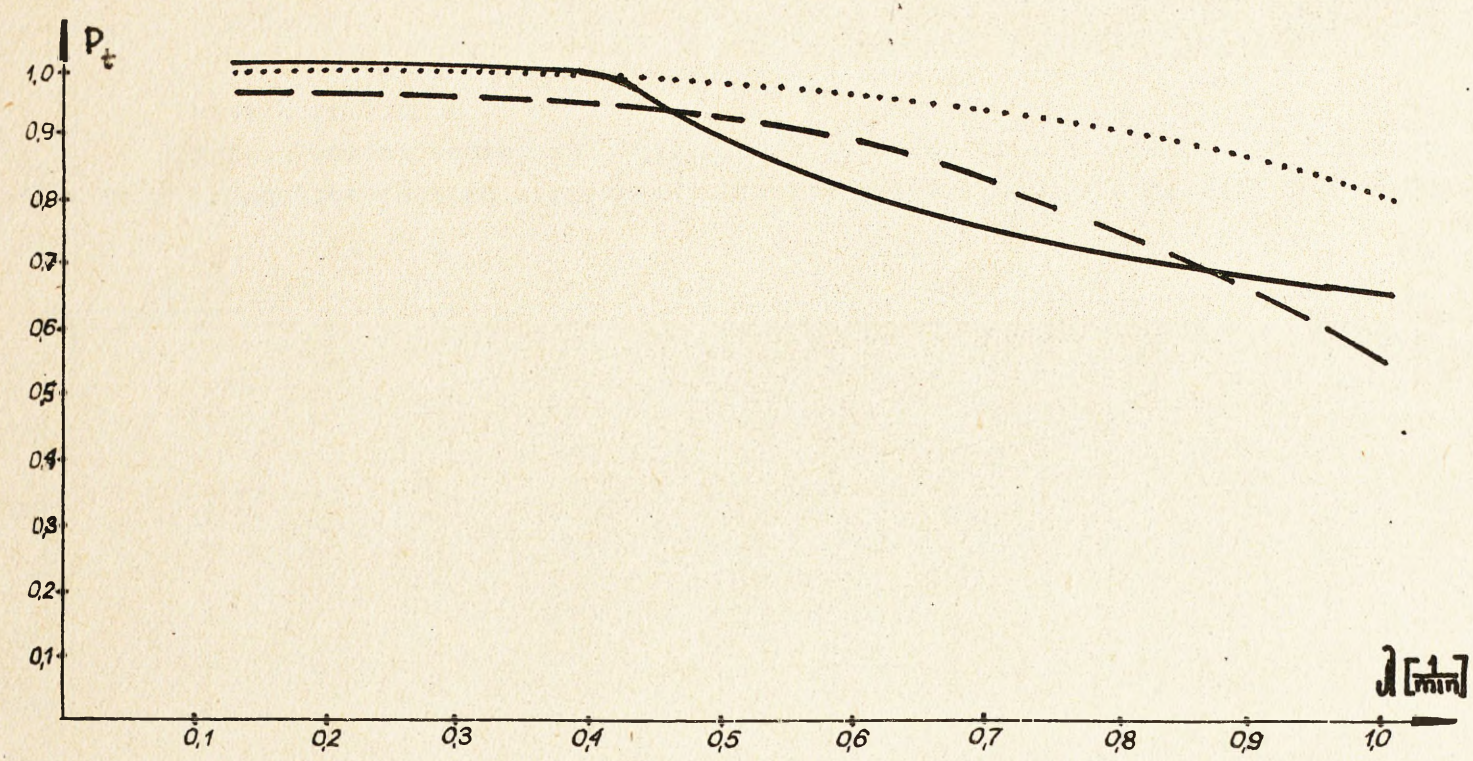
Rys. 3.28. Prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacji 3-5 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 2/



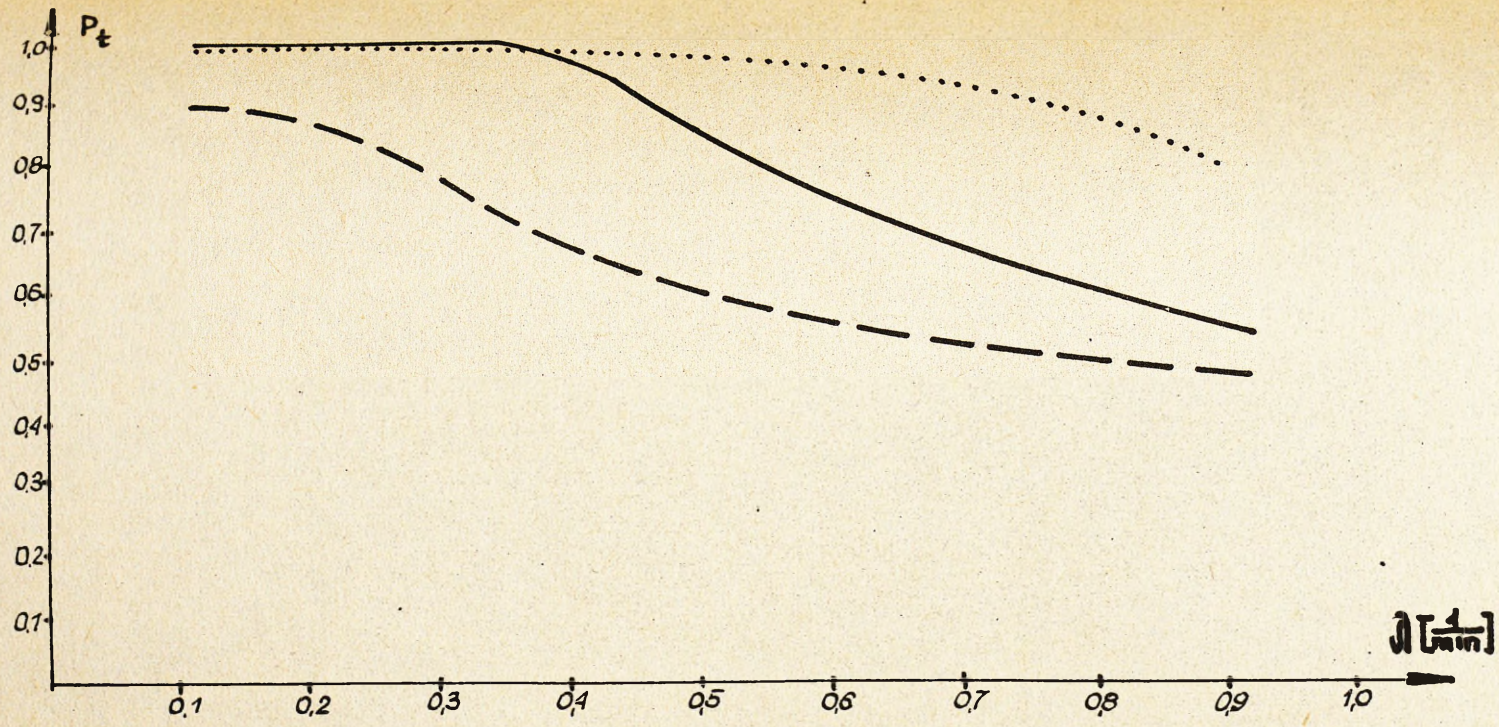
Rys. 3.29. Prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacji 5-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 2/



Rys. 3.30. Prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacji 2-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 2/

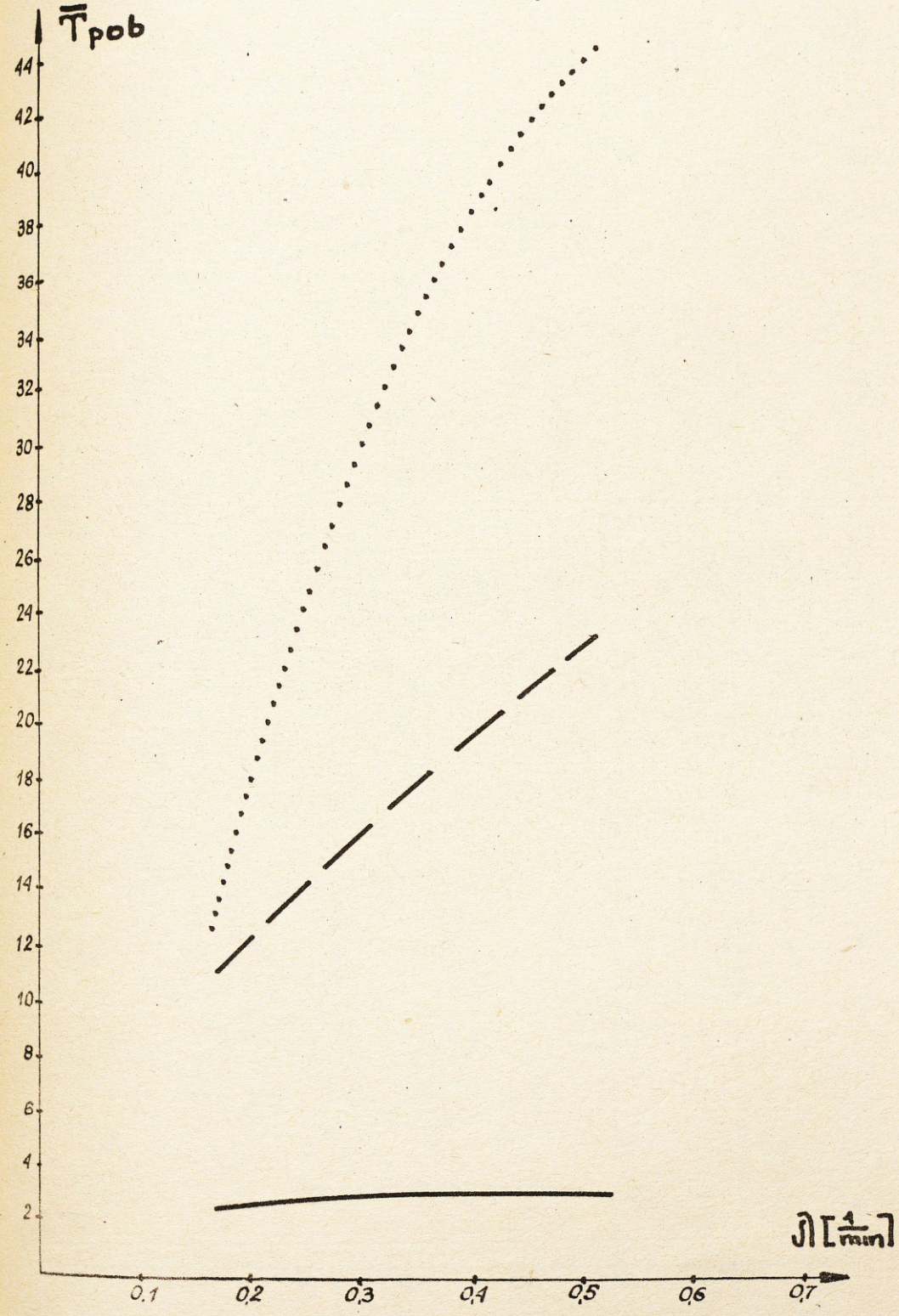


Rys. 3.31. Prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości w relacji 3–2 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 2/

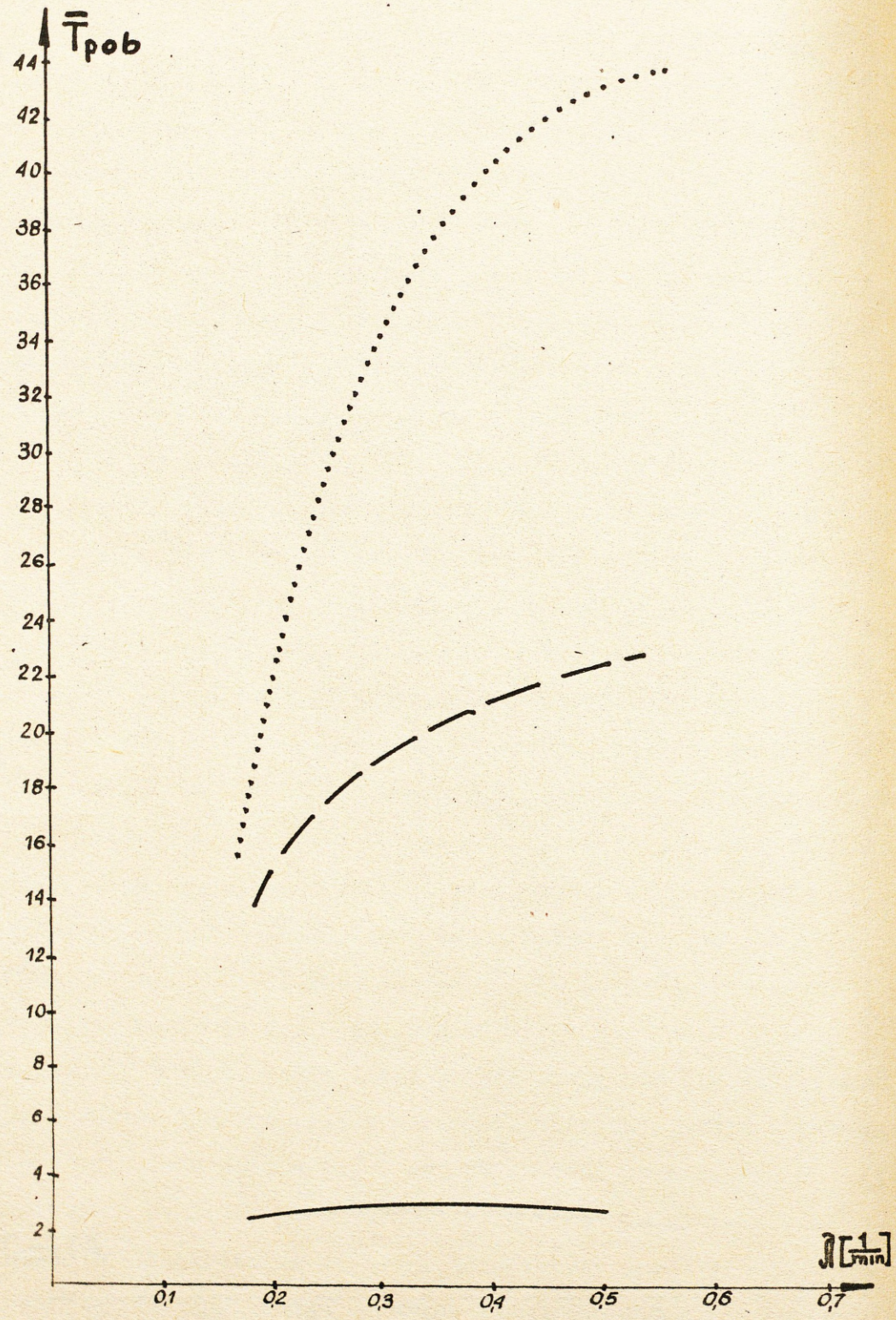
ono wraz ze wzrostem intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń.I w relacjach pomiędzy WŁ nr 1-3 i 3-1 osiąga wartość najniższą dla priorytetu drugiego i priorytetu pierwszego /wiadomości zwykłe/,w relacjach pomiędzy WŁ nr 3-5 i 5-3 przyjmuje wartość największą,a nawet dla priorytetu trzeciego jest wielkością stałą - równą jedności.Wartości prawdopodobieństwa terminowego przekazania wiadomości w relacjach tych wariantów pomiędzy WŁ SD Armii a PWŁ Frontu oraz WŁWSD Armii i WŁSD Armii należy uznać za wystarczające.

Na rys.: 3.18,3.19,3.20,3.21,3.22,3.23,przedstawiono wykresy przeciętnego czasu pobytu wiadomości w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń wariantu pierwszego, z których wynika,że przeciętny czas pobytu wiadomości we wszystkich relacjach znacznie rośnie wraz ze wzrostem intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń,dla priorytetu drugiego i priorytetu pierwszego /wiadomości zwykłe/;jedynie dla priorytetu trzeciego wzrost ten jest nieznaczny.Dla relacji pomiędzy WŁ nr 3-6 i 6-3 przeciętny czas pobytu wiadomości wzrasta powoli,a w relacji pomiędzy WŁ nr 5-3 i 3-5 dość szybko i osiąga wartość największą.Przeciętny czas pobytu wiadomości w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń wariantu drugiego przedstawiono na rys.:3.32,3.33, 3.34,3.35,3.36,3.37.Przebiegi te zachowują się dla wszystkich priorytetów tak samo,jak w wariancie pierwszym,jedynie wzrost ten jest nieco wolniejszy i osiąga wartość najmniejszą w relacjach pomiędzy WŁ nr 3-5 i 5-3,natomiast największą w relacjach pomiędzy WŁ nr 1-3 i 3-1.Wykresy przeciętnego czasu pobytu wiadomości rozpatrywanych dwóch wariantów poprawnie odzwierciedlają rzeczywistą sytuację w sieci łączności,z których wynika,że relacje pomiędzy WŁSDDZ a WŁSD Armii są najbardziej obciążone,a relacje pomiędzy WŁSD Armii a PWŁ Frontu są obciążone mniej.



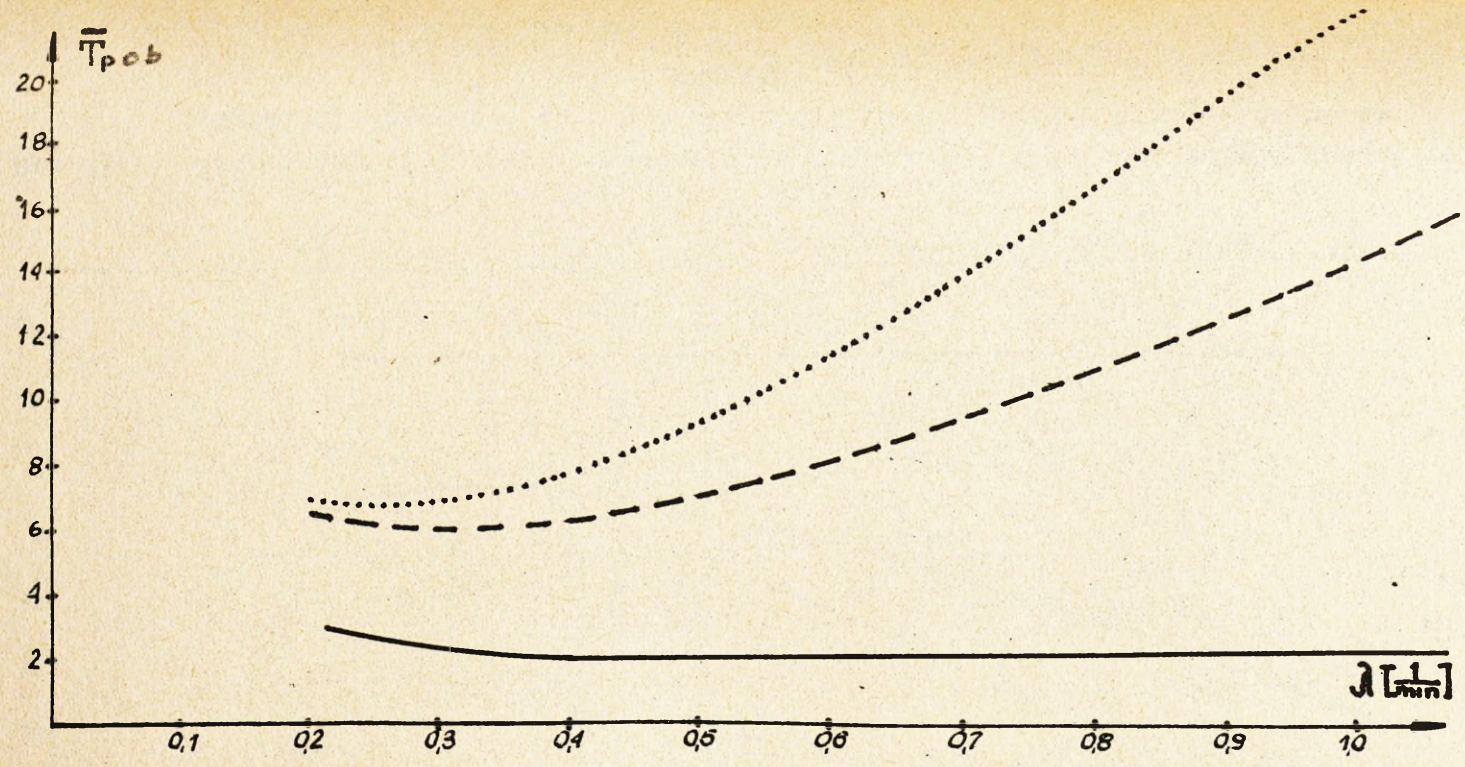
Rys. 3.18. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 5-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 1/



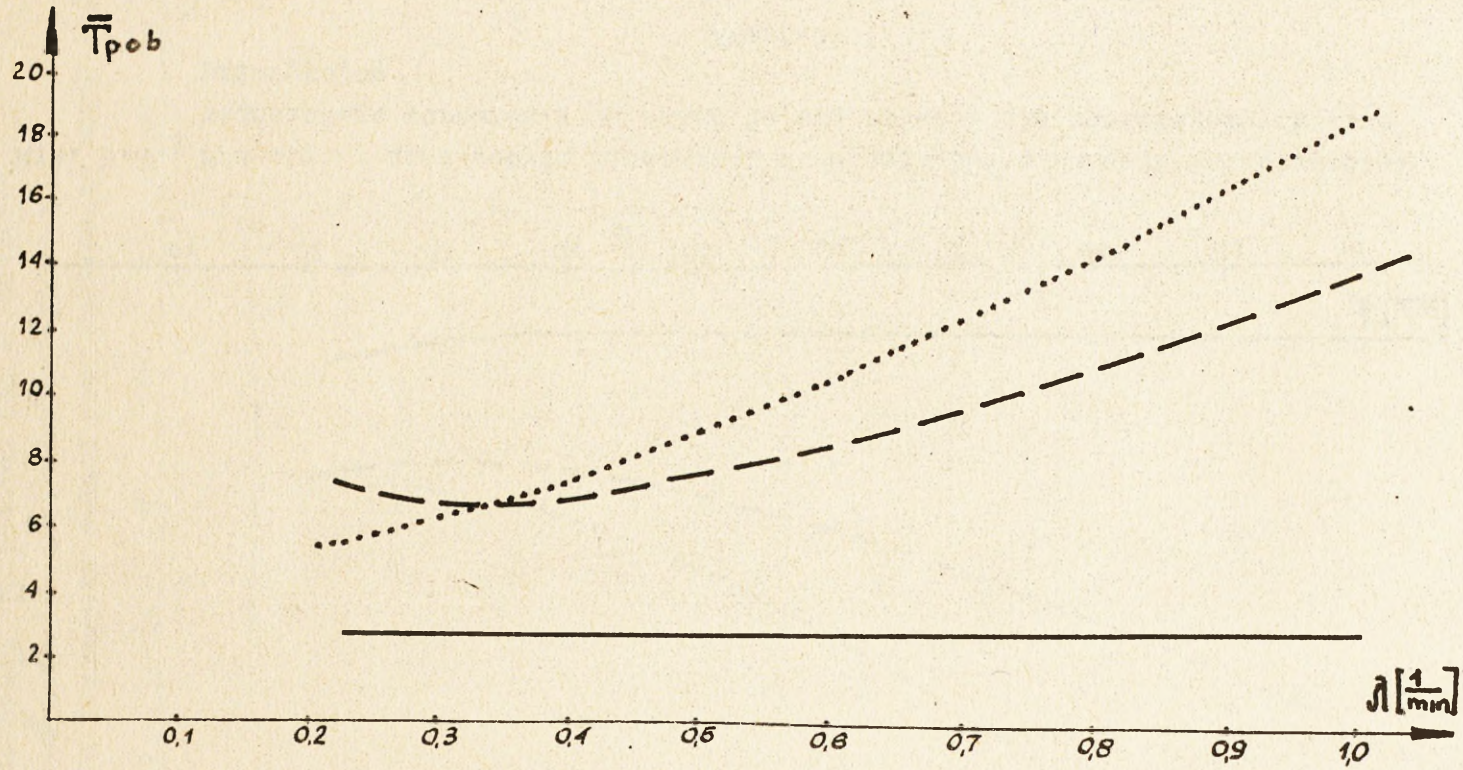
Rys. 3.19. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 3-5 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 1/

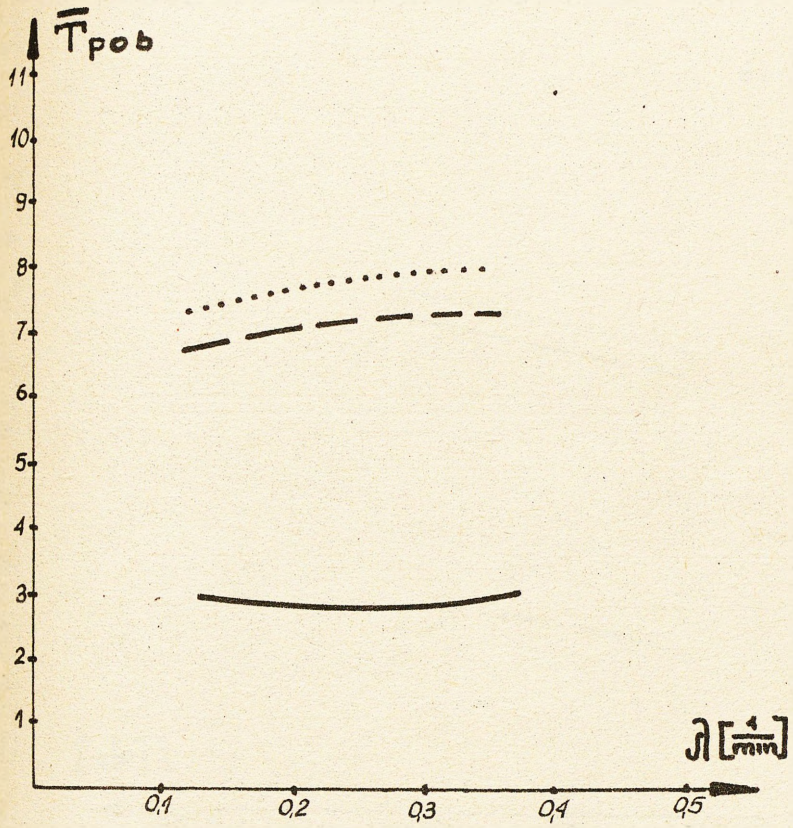


Rys. 3.20. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 3–6 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 1/

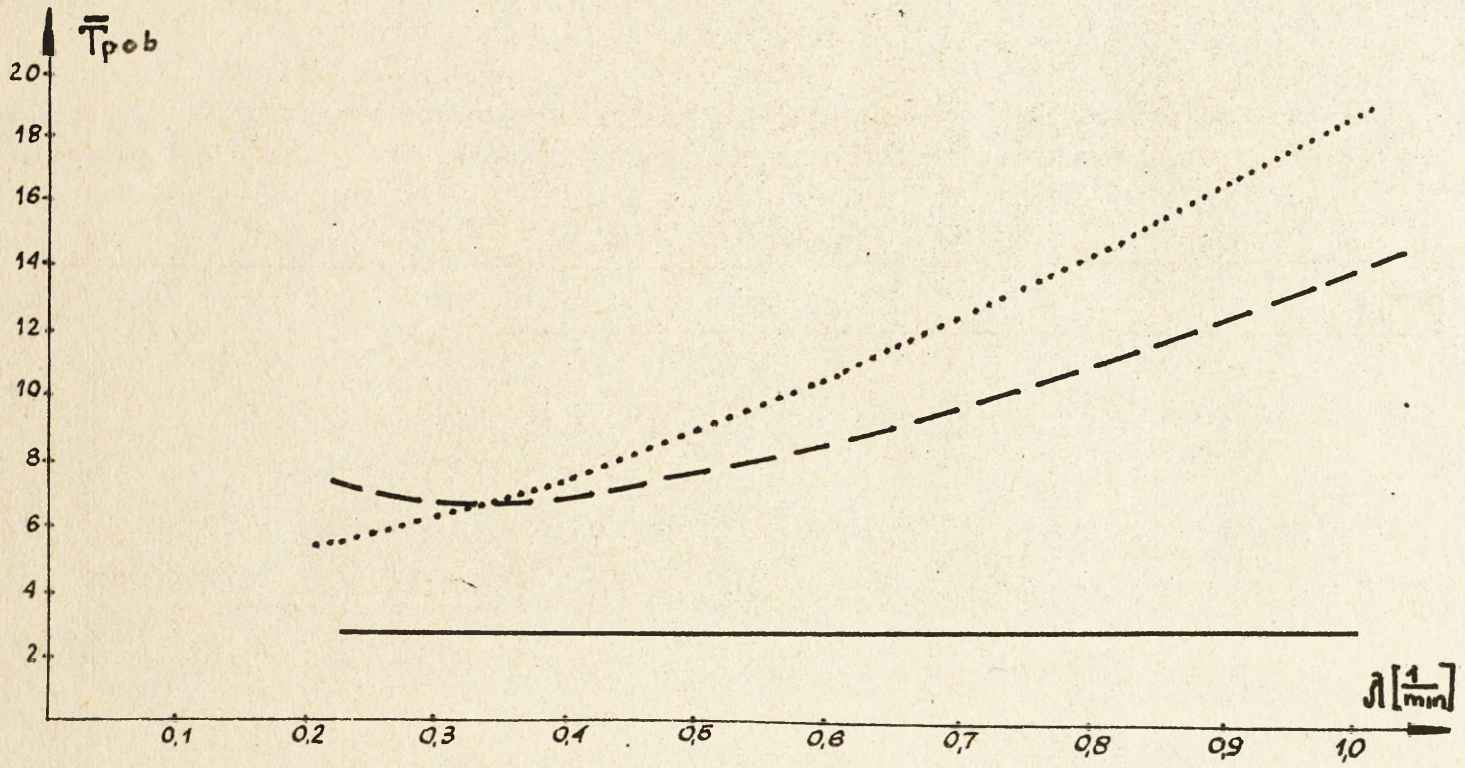


Rys. 3.21. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 6-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów /Wariant 1/

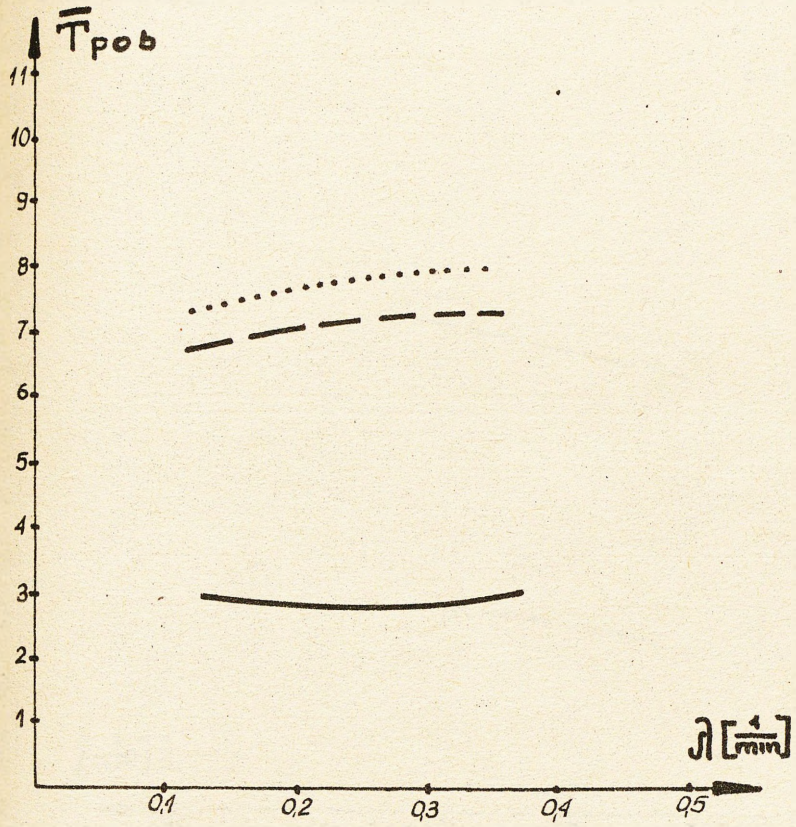


Rys. 3.22. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 2-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Warianr 1/

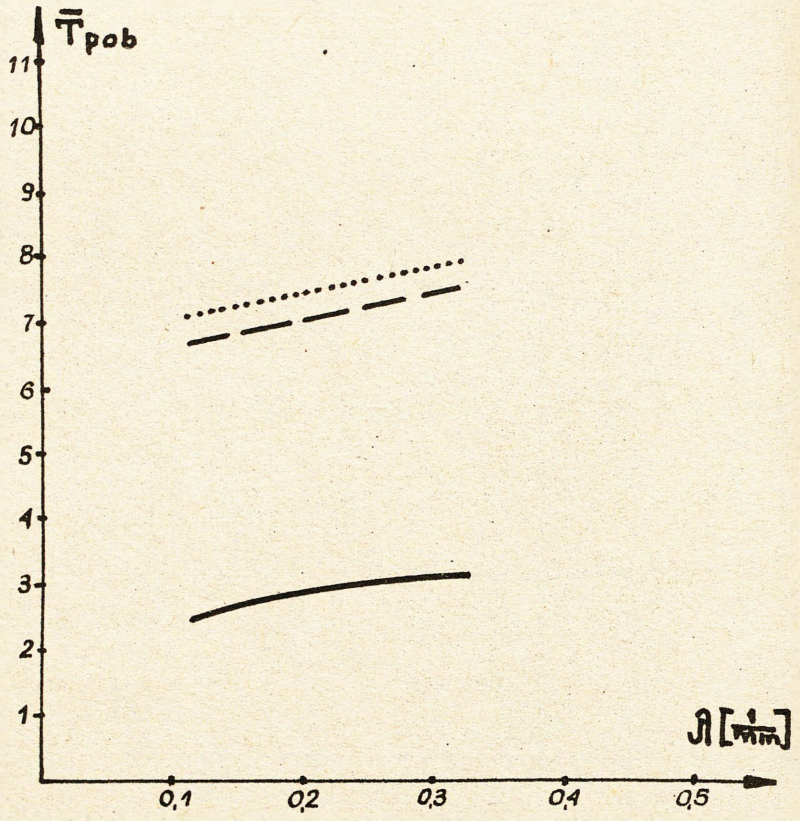


Rys. 3.21. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 6-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów /Wariant 1/

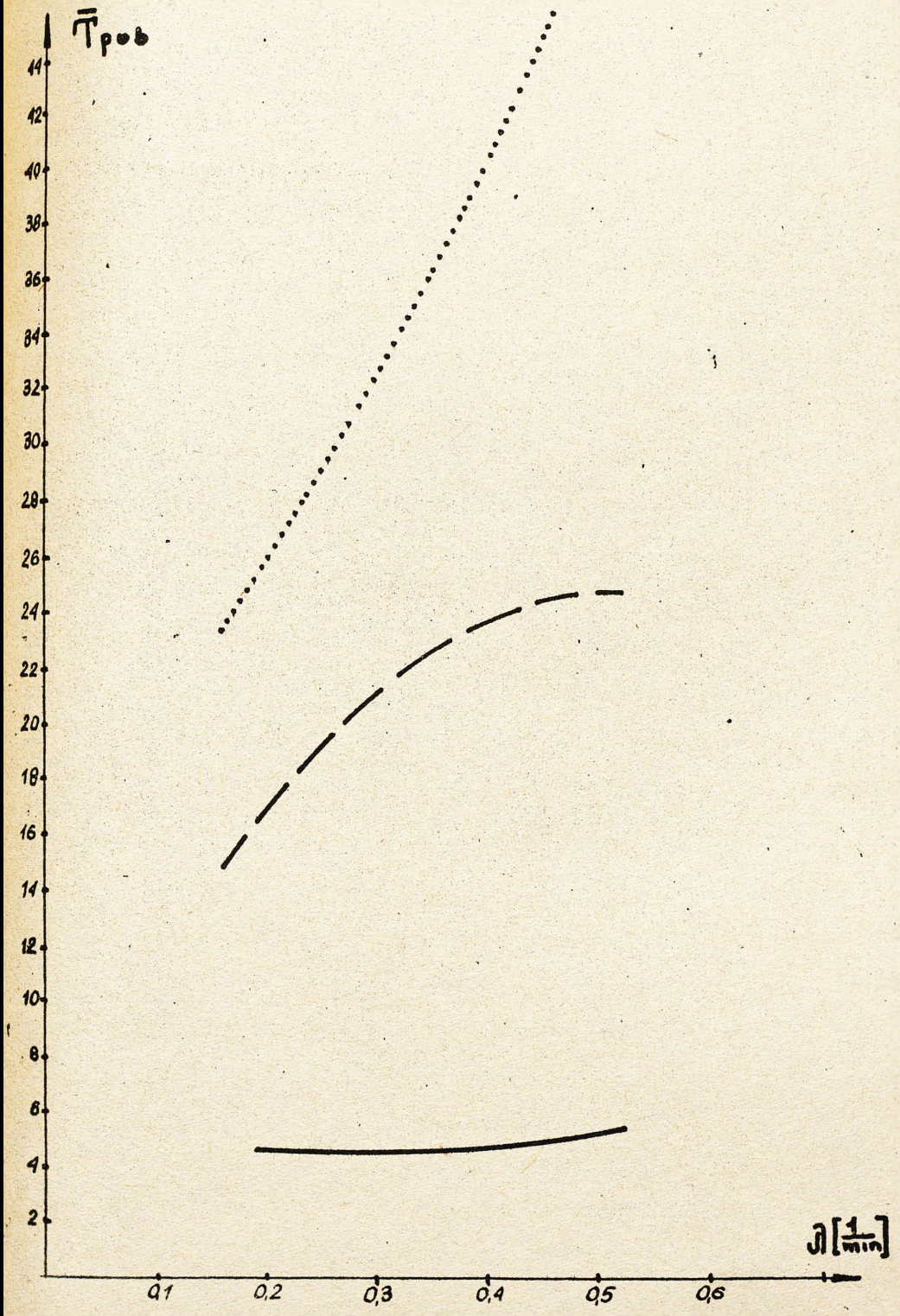


Rys. 3.22. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 2-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 1/

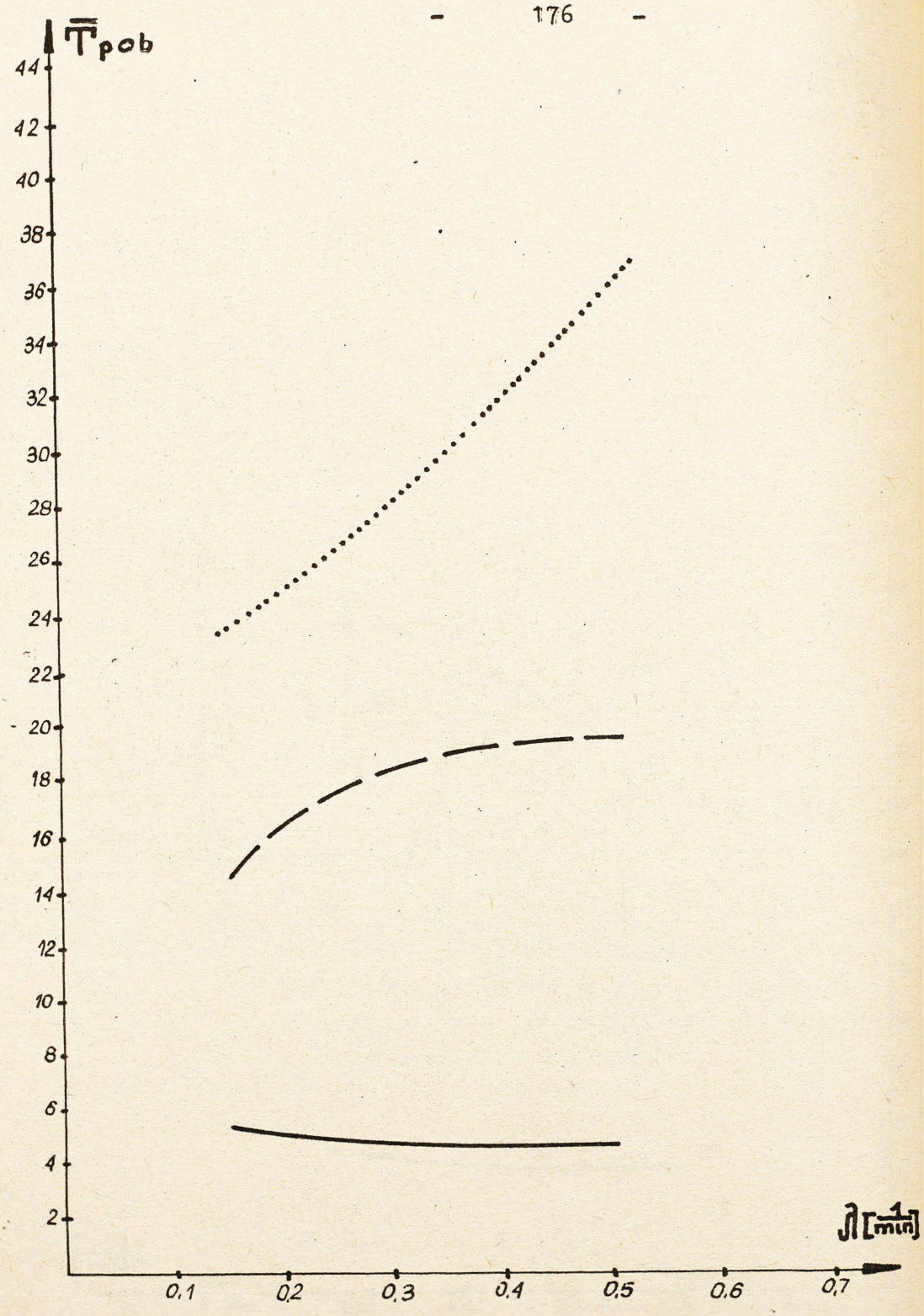


Rys. 3.23. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 3-2 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów
/Wariant 1/



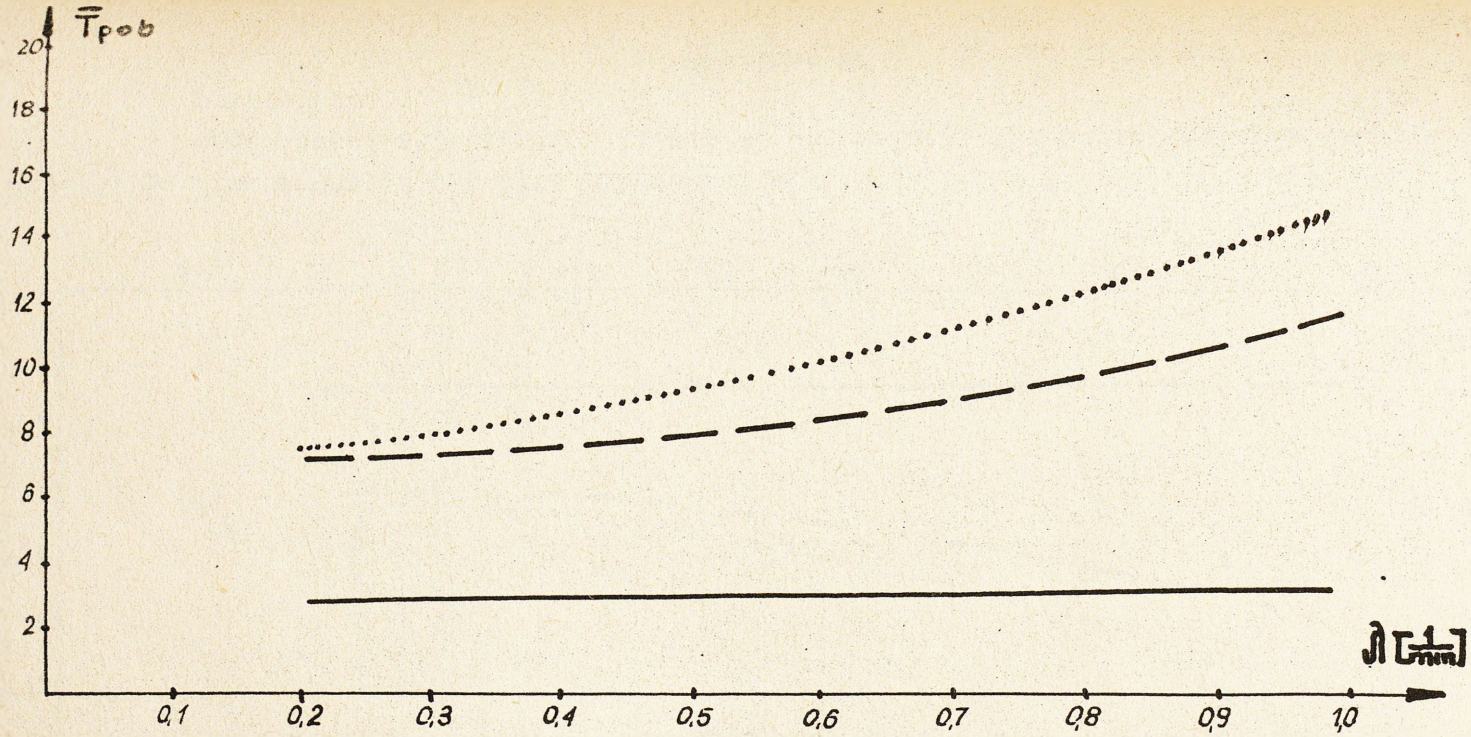
Rys. 3.32. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 1-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 2/



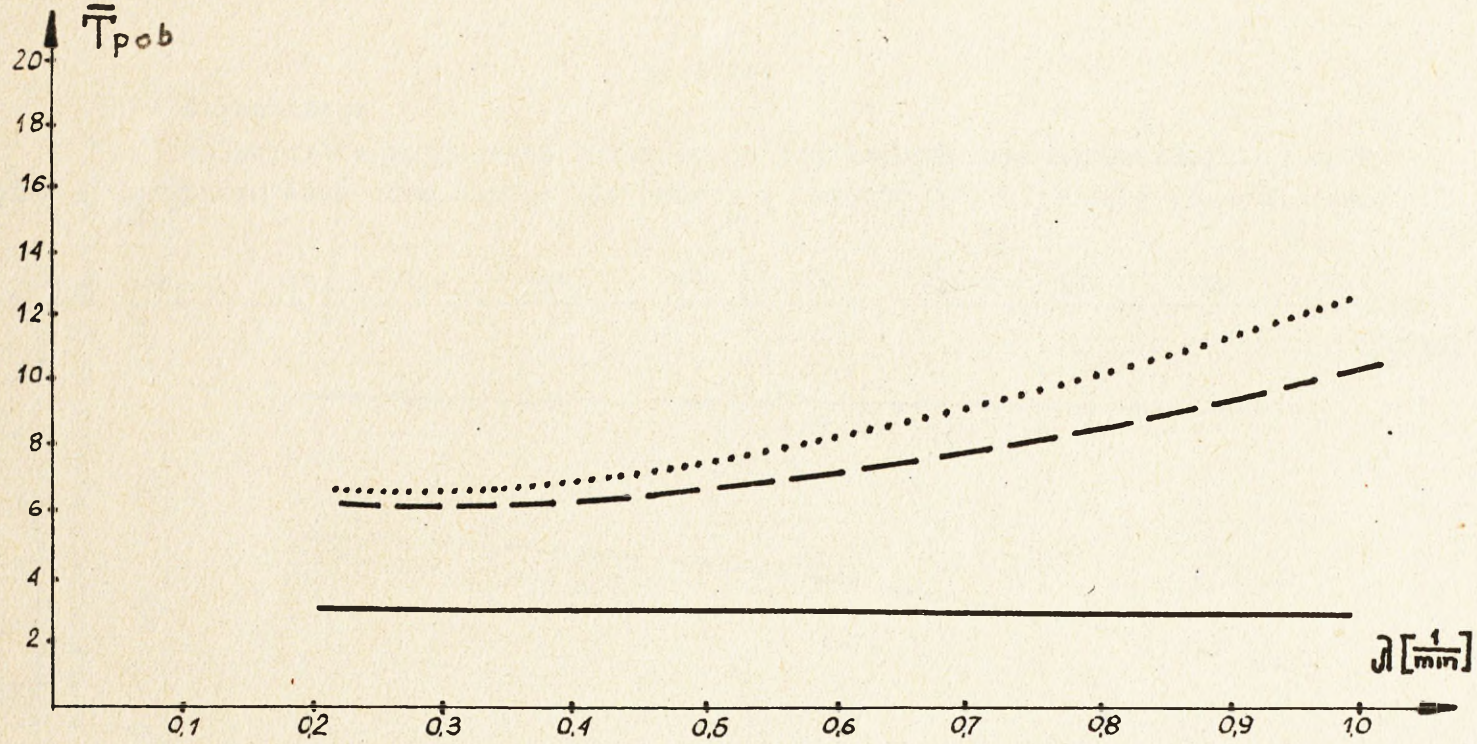
Rys. 3.33. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 3-1 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 2/



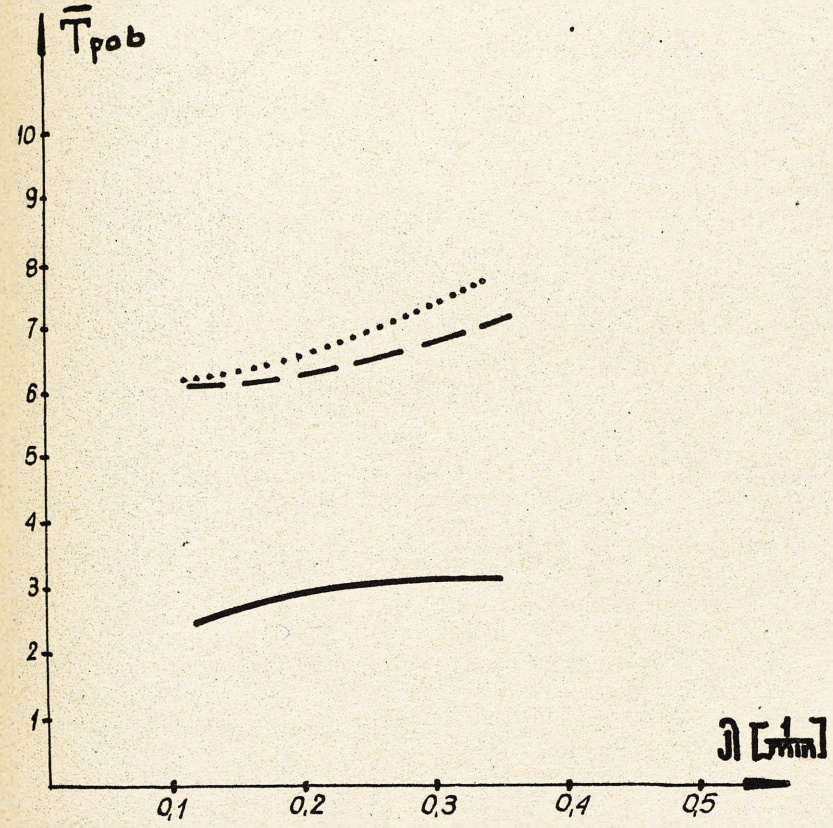
Rys. 3.34. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 3-5 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 2/

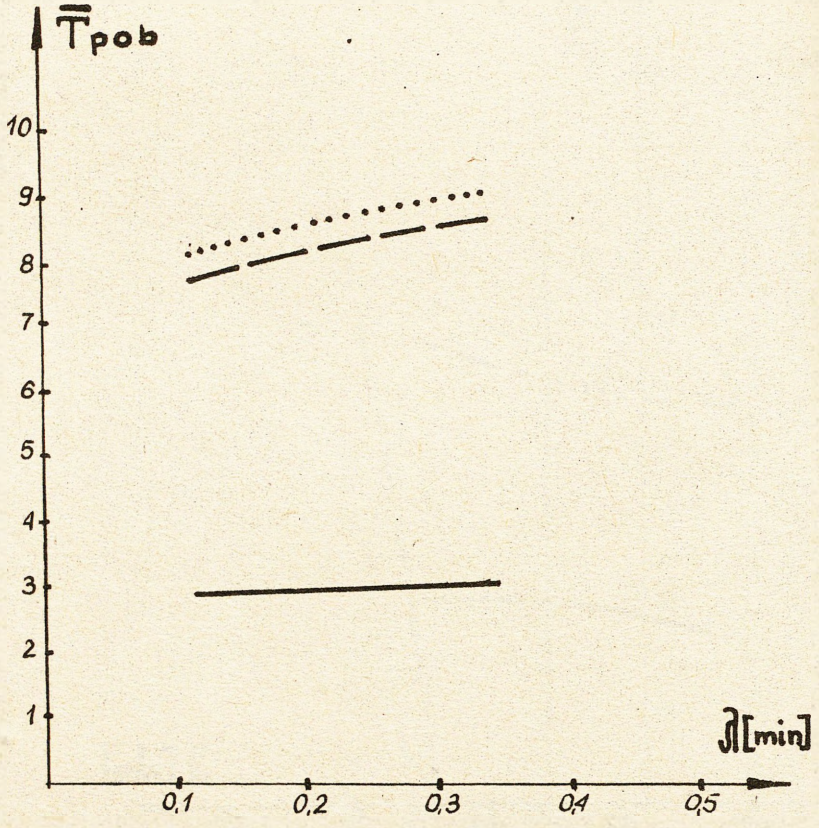


Rys. 3.35. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 5-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów

/Wariant 2/



Rys. 3.36. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 2-3 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów
/Wariant 2/



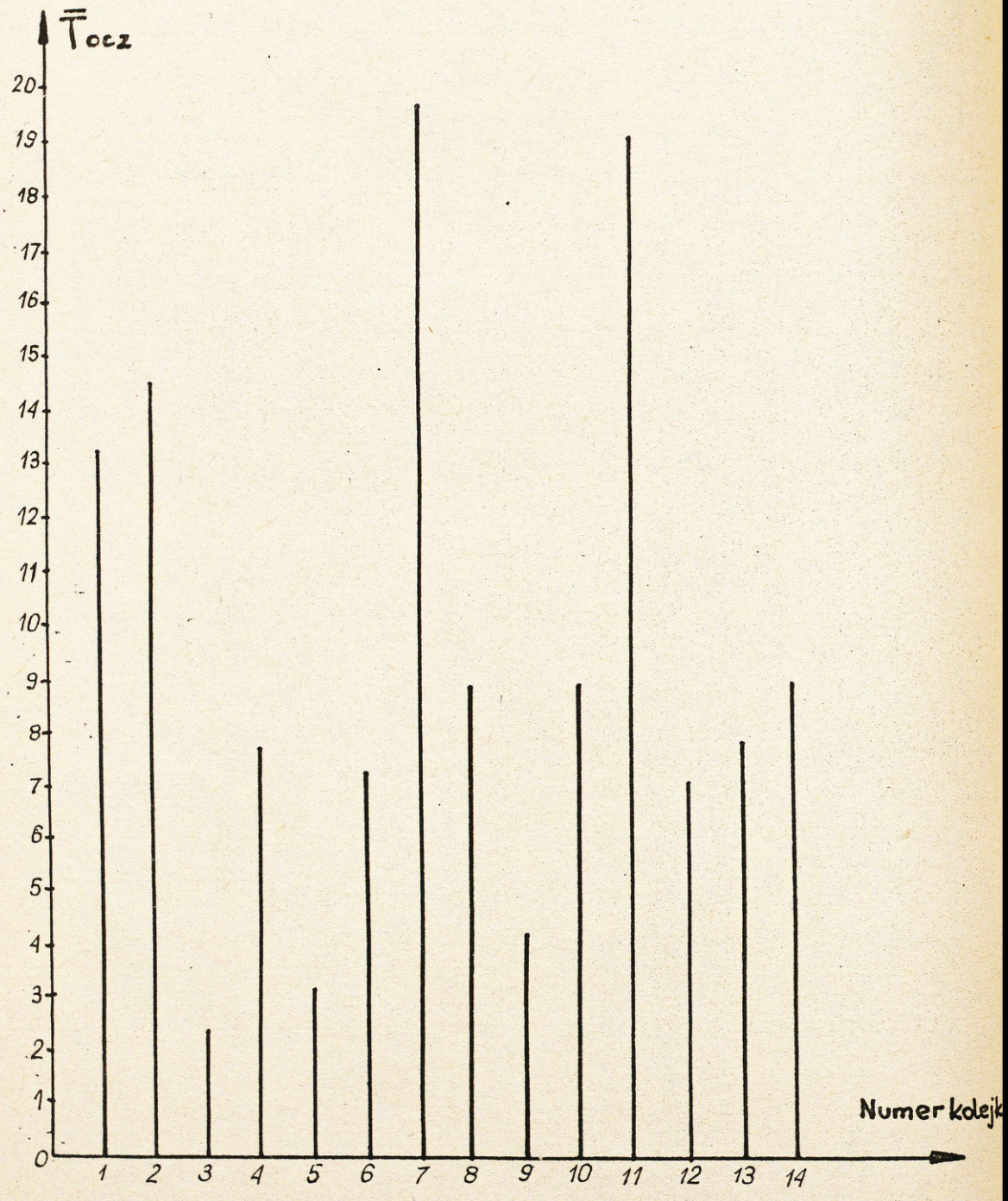
Rys. 3.37. Przeciętny czas pobytu wiadomości w relacji 3-2 w funkcji intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń do tej relacji dla poszczególnych klas priorytetów
/Wariant 2/

Powyższe wskaźniki pozwalają na ogólną ocenę funkcjonowania badanej sieci radioliniowej i przewodowej.Jednak w celu dokładniejszego jej określenia sporządzone zostały histogramy : przeciętnych długości kolejek w węzłach źródłowych i współczynnika wykorzystania kanałów łączności w poszczególnych relacjach dwóch wariantów,charakteryzujące organizację procesu obsługi,zdolność przepustową poszczególnych elementów struktury sieci,niezawodność struktury itp.

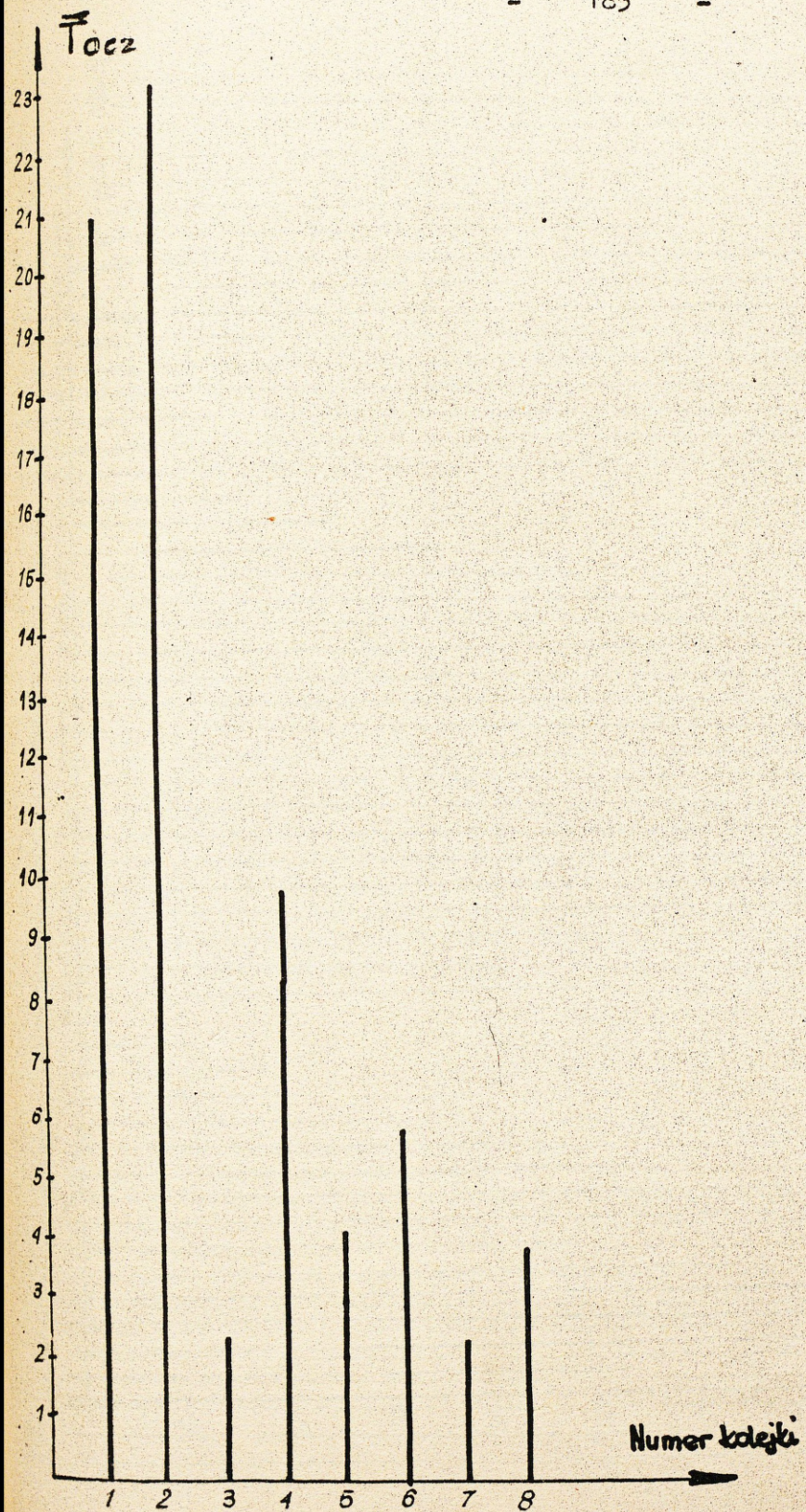
Na rys. 3.24. i 3.38 przedstawiono histogramy przeciętnego czasu pobytu wiadomości w funkcji numeru kolejki,z których wynika,że najdłuższe kolejki dla dwóch wariantów tworzą się w relacjach pomiędzy WŁSDDZ a WŁSD Armii.Ponadto część wiadomości pilnych w wariancie drugim zostanie zdezaktualizowana.

Z histogramów przedstawionych na rys.:3.25 i 3.39 wynika, że współczynnik wykorzystania kanałów jest największy pomiędzy WŁSDDZ a WŁSD Armii w każdej relacji i jest on największy dla kanałów o numerach najmniejszych.

Z analizy przeciętnych długości kolejek w węzłach źródłowych i współczynnika wykorzystania kanałów wynika,że w relacjach pomiędzy WŁSDDZ a WŁSD Armii należałoby zwiększyć ilość kanałów,natomiast zmniejszyć pomiędzy WŁSD Armii a KSD Armii. Relacje wariantu pierwszego pomiędzy WŁSDDZ a WŁSD Armii i PWŁ Frontu posiadają najlepszą zdolność przepustową przy intensywności strumienia zgłoszeń równej - 0,6 i 0,8 i proces przesyłania informacji jest zabezpieczony w stopniu zadawalającym. Natomiast w wariancie drugim,pomimo zwiększenia ilości kanałów w badanych relacjach o kanały bezpośrednie,których zdolność przepustowa jest najlepsza przy intensywności strumienia zgłoszeń wynoszącej 0,3 i 0,9 znacznie wydłuża się czas pobytu informacji w kolejkach i nie we wszystkich relacjach zostaje zapewnione jej terminowe przesyłanie.

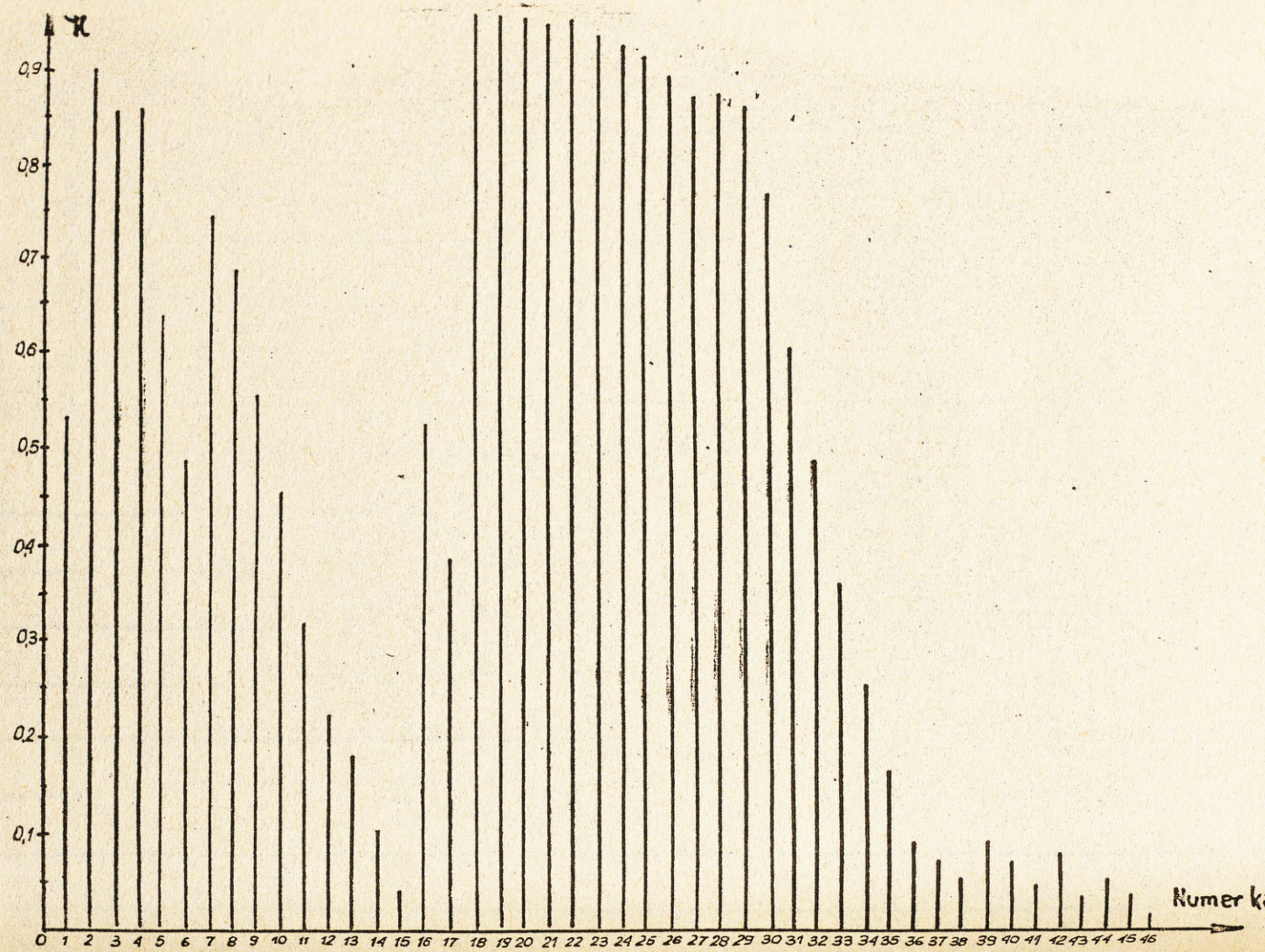


Rys. 3,24. Przeciętny czas pobytu w kolejce w węźle źródłowym w funkcji numeru kolejki
/Wariant 1/

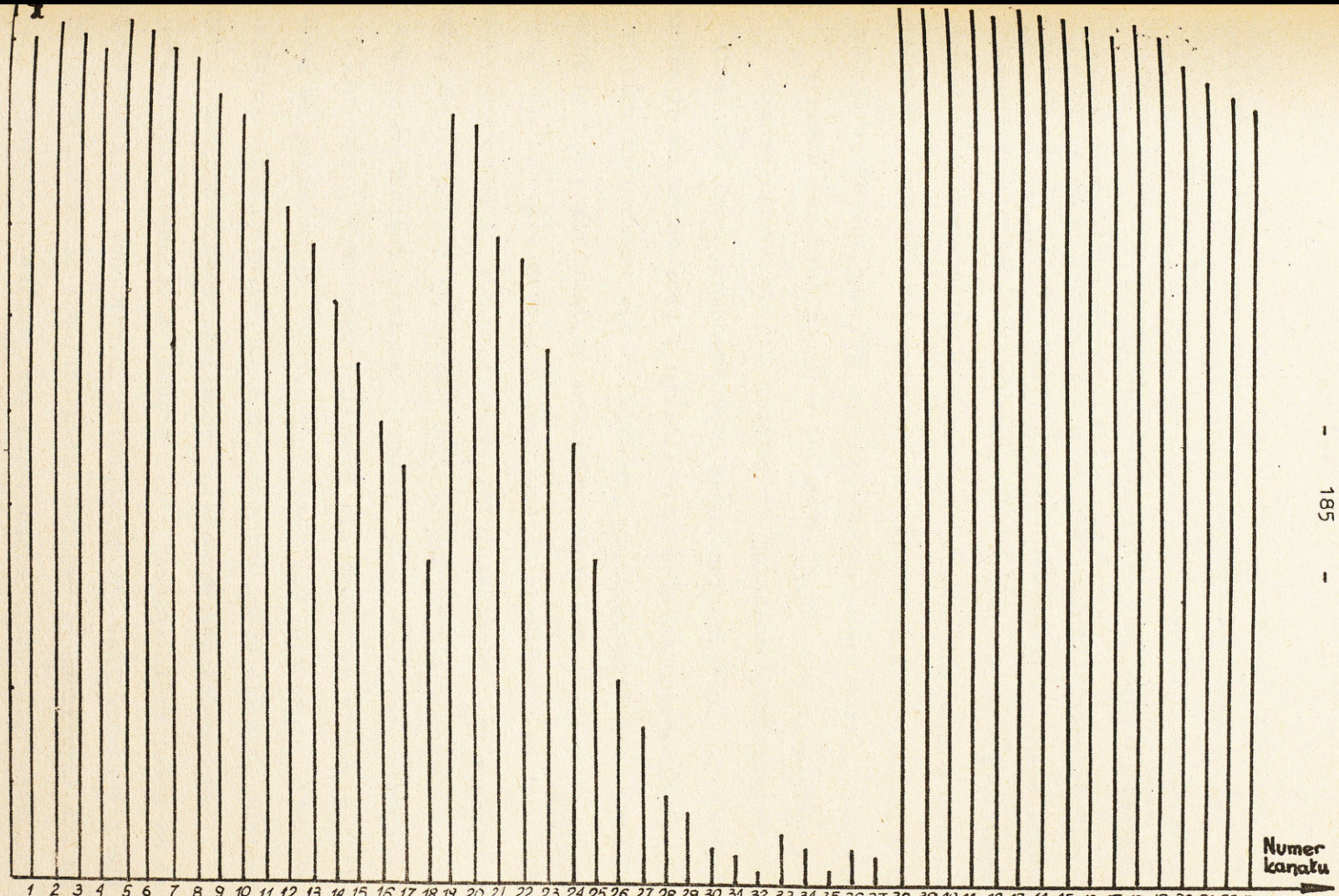


Rys. 3.38. Przeciętny czas pobytu wiadomości w kolejce w węźle źródłowym w funkcji numeru kolejki

/Wariant 2/



Rys. 3.25. Współczynnik wykorzystania kanałów /Wariant 1/



Rys. 3.39. Współczynnik wykorzystania kanałów /Wariant 2/

Nasuwa się spostrzeżenie,że nawet w przypadku maksymalnego wykorzystania możliwości przepustowych relacji nie zapewni się całkowicie terminowego przekazania wiadomości na odpowiednio wysokim poziomie.Istotny wpływ na terminowe przekazywanie wiadomości,a tym samym na zwiększenie przepustowości sieci,między innymi,będzie mieć zastosowanie sposobu komutacji.Rozpatrując poprzednio omówione sposoby komutacji : /wiadomości i kombinowaną/ z punktu widzenia prawdopodobieństwa terminowego przekazania wiadomości,jak i czasu oczekiwania na obsługę,najkorzystniejszą jest komutacja kanałów.Dlatego też w pracy dokonano analizy dwóch wariantów o zmiennej strukturze i z komutacją kanałów : pierwszy z wykorzystaniem łączy bezpośrednich,drugi bez łączy bezpośrednich.Badana sieć radioliniowa i przewodowa ma strukturę zbliżoną do gwiaździstej,co powoduje,że dla większości relacji występuje tylko jedna droga połączeniowa.Istniejąca hierarchiczna struktura dowodzenia wojskami sprawia,że wielkość ruchu generowanego między poszczególnymi węzłami maleje bardzo szybko wraz ze wzrostem odległości między nimi mierzonej liczbą węzłów pośrednich.Przez to w większości relacji istnieją znacznie korzystniejsze warunki do stosowania komutacji kanałów w porównaniu z komutacją wiadomości lub kombinowaną,które to prowadzą do zwiększenia długości kolejek i współczynnika wykorzystania kanałów.

Przeprowadzone rozważania pozwalają ocenić zdolność przepustową sieci radioliniowej i przewodowej w badanych wariantach. Dla pierwszego jest ona najlepsza przy wartości 0,7,a dla drugiego 0,6 intensywności wejściowego strumienia zgłoszeń.Wariantem o większej zdolności przepustowej jest wariant pierwszy - z kanałami bezpośrednimi i komutacją.Ogólnie rzecz biorąc dla wojskowych systemów łączności najbardziej rozsądnym rozwiązaniem w chwili obecnej jest sieć wariantu pierwszego,zaś zwiększenia przepustowości organizowanej sieci radioliniowej i przewodowej

armii należy szukać przede wszystkim w poprawie organizacji procesów obsługi i zwiększeniu zdolności przepustowej poszczególnych elementów struktury.

W wyniku przetwarzania programu symulacyjnego otrzymane dane są poprawne,jak również wykazują zdolność jakościową modelu z systemem rzeczywistym.

4.2. Wnioski dotyczące badania i usprawniania systemu łączności radioliniowej i przewodowej armii.

W pracy przedstawiono wymagania stawiane dowodzeniu wojskami, scharakteryzowano strukturę organizacyjno-funkcjonalną systemu dowodzenia oraz przekazywane w nim informacje. Dokonano analizy struktur organizacyjnych systemów łączności rozwijanych na szczeblu operacyjnym. Opisano strukturę organizacyjno-techniczną sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii wraz z czynnikami organizacyjnymi jej wykorzystanie. Wiele miejsca w pracy poświęcono metodom badania systemów oraz scharakteryzowano metody analityczne badania sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii, a przede wszystkim szczegółowo metodę symulacji komputerowej. Opracowano i opisano model symulacyjny sieci łączności radioliniowej i przewodowej armii i przetworzono program symulacyjny w języku GPSS na EMC IBM-360. Wykonano eksperymenty symulacyjne, których wyniki były przedmiotem szczegółowej analizy w poprzednim rozdziale.

Symulacja komputerowa jako metoda badania sieci radioliniowej i przewodowej armii i otrzymane wyniki pozwalają na wyciągnięcie między innymi następujących szczegółowych wniosków dotyczących:

- określenie efektywności funkcjonowania sieci łączności o żądanej strukturze;
- określenia wielkości współczynnika wykorzystania kanałów łączności;
- wykrycia przeciążonych elementów struktury i podejmowania środków zapobiegawczych;

- określenia obciążenia poszczególnych węzłów łączności;
- określenia możliwości przepustowych wybranych relacji jak i całej sieci;
- określenia reakcji sieci na zmienną liczbę zgłoszeń;
- określenia reakcji na zmieniające się warunki pola walki;
- określenia wpływu zakłóceń i uszkodzeń na pracę środków łączności;
- określenia koniecznej liczby organów połączeniowych dla poszczególnych węzłów łączności,

Dane te,okazują się bardzo pomocne i niejednokrotnie jako jedyne informacje,mogą być dla użytkowników sieci narzędziem oceny efektywności jej funkcjonowania oraz umożliwią : uzyskanie w stosunkowo krótkim czasie pełnego obrazu fnkcjonowania tej sieci,a także badania specyfiki jej funkcjonowania w dowolnych warunkach przewidywanego pola walki.Natomiast projektantom sieci przed wdrożeniem do eksploatacji,pozwolą na wykonanie kompleksowych badań w zakresie jej funkcjonowania,dla różnych wariantów struktur,różnego obciążenia,różnorodnych sposobów komutacji i organizacji obsługi.Stanowić będą istotną pomoc w udokładnieniu założeń i ograniczeń w celu określenia przewidywanego charakteru funkcjonowania sieci łączności w wybranych rodzajach działań bojowych bez konieczności wykonywania na systemie rzeczywistym czasochłonnych i kosztownych badań. W okresie eksploatacji sieci umożliwią na bieżąco usprawniać i korygować strukturę funkcjonalną, organizacyjną i techniczną.

Kadrze naukowej i słuchaczom akademii służyć mogą do celów dydaktycznych oraz kształtowania określonych umiejętności dotyczących oceny parametrów różnych struktur systemu łączności.

Otrzymane wyniki skłaniają również do sformułowania między innymi następujących ogólnych wniosków :

- metoda symulacji komputerowej jest bardziej użyteczna w porównaniu z innymi metodami badania systemów, ze względu na niewielki koszt i stosunkowo krótki czas trwania badań oraz możliwość odtwarzania przewidywanych warunków pola walki, w jakich będzie funkcjonować sieć łączności radioliniowej i przewodowej;
- metoda symulacji komputerowej pozwala na wykonanie badań systemu łączności w płaszczyźnie : organizacyjnej, funkcjonalnej i technicznej;
- przedstawiona metoda symulacji komputerowej, jako metoda badania przepustowości sieci radioliniowej i przewodowej może być wykorzystana do badania łączności organizowanej za pomocą środków radiowych, jak również do badania innych parametrów systemu łączności, a także do badania systemów różnych szczebli dowodzenia i rodzajów wojsk.- jako wielofazowych systemów masowej obsługi.

Nie ulega wątpliwości, że dokonana ocena przepustowości sieci łączności radioliniowej i przewodowej, a przede wszystkim przedstawiona metoda badawcza - symulacji komputerowej, zawiera pewne uproszczenia i ograniczenia. Wymaga to dalszej weryfikacji badanego modelu symulacyjnego oraz uściślenia danych wejściowych, które powinny być uzyskane poprzez badanie rzeczywistych sieci łączności. Uzyskane tą drogą wyniki pozwoliłyby nie tylko

zidentyfikować parametry wymuszeń,lecz mogłyby stanowić podstawę do oceny adekwatności modelu.

Przeprowadzone rozważania nad systemem dowodzenia i łączności armii oraz przekazywanymi w nich informacjami,jak również zastosowanie metody symulacji komputerowej do badania przepustowości sieci radioliniowej i przewodowej,pozwalają na sprecyzowanie szeregu spostrzeżeń dotyczących przepustowości systemu łączności,efektywności jego funkcjonowania i struktury, jak również są podstwą do określenia kierunków rozwoju systemu oraz adaptacji i wykorzystania w polowym zautomatyzowanym systemie dowodzenia wojskami.

Rozwijana sieć łączności radioliniowej i przewodowej armii w aktualnie organizowanym systemie łączności w swojej strukturze jako zasadniczy element składowy posiada oś łączności, która w głównej mierze zabezpiecza potrzeby przesyłania informacji.Od właściwego funkcjonowania i wykorzystania tej osi zależeć będzie między innymi : przepustowość,niezawodność, żywotność itp. sieci radioliniowej i przewodowej armii,a tym samym funkcjonowanie całego systemu łączności.

Na węzłach łączności stanowisk dowodzenia S D,ZSD,KSD,/WSD/, zachodzi potrzeba retransmisji informacji bądź też jej rozpływ w określonej płaszczyźnie.Zjawiskiem bardzo charakterystycznym wynikającym z zasady pracy osi,jest tworzenie się kolejek na węzłach łączności tzw. "wąskich gardeł",które są przyczyną dezaktualizacji informacji.

Analizowana sieć łączności radioliniowej i przewodowej armii w operacji zaczepnej pomimo,że jest przeciążona,w zasadzie spełnia stawiane wymagania w zakresie przepustowości.

Rozwój techniki bojowej i metod prowadzenia działań spowodował,to że systemowi dowodzenia i łączności stawiasię znacznie wyższe wymagania.Duża manewrowość działań ,gwałtownie zmieniające się sytuacje i stosunek sił na współczesnym polu walki wymagają: zbierania,opracowania danych oraz szybkiego podejmowania decyzji.Nawet najlepiej wyszkolone organy dowodzenia pracujące dotychczasowymi metodami nie są w stanie w pełni ocenić napływających informacji,odpowiednio ich przetworzyć i podjąć w określonym czasie optymalne decyzje.Obecnie eksploatowane systemy łączności,również nie zawsze będą mogły zapewnić operatywne i ciągłe dowodzenie wojskami.Dlatego też zwiększenie operatywności kierowania współczesnymi działaniami bojowymi można osiągnąć w wyniku udoskonalenia systemów łączności i szerszego wykorzystania informatyki.Właśnie komputeryzacja procesów dowodzenia,automatyzacja czynności związanych z kierowaniem środkami walki i przejście od obecnie eksploatowanych do zautomatyzowanych systemów dowodzenia może podnieść efektywność funkcjonowania systemu dowodzenia i systemu łączności.To wszystko stwarza konieczność polepszenia wartości parametrów systemu łączności poprzez wprowadzenie szeregu usprawnień i zmian w jego funkcjonowaniu i strukturze organizacyjno-technicznej.

Poprawę parametrów charakteryzujących system łączności armii,między innymi jego przepustowość,można osiągnąć przez:

- zmianę struktury organizacyjnej i technicznej /np. zwiększenie ilości węzłów,linii łączności itp./
- wykorzystanie innych sposobów komutacji /np.komutacji wiadomości/;
- zmianę ilości kanałów w relacjach łączności /np.zwiększenie ilości kanałów w relacjach przeciążonych poprzez tworzenie łączy o dużej krotności/ ;

- doskonalsze sterowanie rozdziałem strumieni informacyjnych /np.wykorzystanie elektronicznych maszyn cyfrowych/ ;
- przejście z kanałów analogowych na cyfrowe /np.zastosowanie modulacji "delta"/ ;
- poprawę technicznych parametrów urządzeń łączności / np.zwiększenie szerokości pasma przepuszczania - tworzenie traktów szerokopasmowych/ ;
- wprowadzenie nowych urządzeń łączności w jego strukturze /np.radioliniowych stacji troposferycznych,central elektronicznych,krotnic cyfrowych itp./ ,

Wraz z wprowadzeniem zautomatyzowanego systemu dowodzenia "PASUW" przewiduje się,że w przyszłościowych systemach łączności wykorzystujących krotnice cyfrowe i telekomunikacyjne centrale elektroniczne,oparte na zasadzie wielokrotnego wykorzystania torów przez rozdział czasowy /zintegrowane systemy łączności/,sygnały dyskretne będą przenosiły większą ilość przekazywanych wiadomości jak sygnały analogowe /rozmowy telefoniczne/.Zintegrowane systemy łączności powinny zapewnić obieg sygnałów o szybkościach: 50,100, 200,1200,4800,48000 bit/sek,w torach telekomunikacyjnych szczebla operacyjno-taktycznego 480 kbit/sek i szczebla operacyjnego 2048 kbit/sek.Systemy te zapewniają terminowy obieg informacji,zwiększą niezawodność dokonywanych połączeń i przyspieszą organizację procesu obsługi jak również umożliwią :

- przesyłanie większej ilości i o większej szybkości wszystkich rodzajów informacji /np.telefoniczna,transmisji danych itp./ ;
- regenerację impulsów przede wszystkim przy przesyłaniu informacji w łączach radioliniowych i przewodowych dla zachowania prawidłowej tłumienności wynikowej ;

- zestawianie kanałów łączności radioliniowych,przewodowych,radiowych,kosmicznych,w jeden łańcuch telekomunikacyjny ;
- łączenie traktów liniowych linii łączności w jednolity szerokozakresowy kanał teletransmisyjny ;
- powiązanie ze sobą urządzeń : kanałotwórczych,komutacyjnych i końcowych wchodzących w skład węzłów łączności ;
- połączenie urządzeń peryferyjnych osób funkcyjnych z EMC zainstalowanymi w ośrodkach obliczeniowych odpowiednio z kanałami łączności i urządzeniami węzłów łączności.

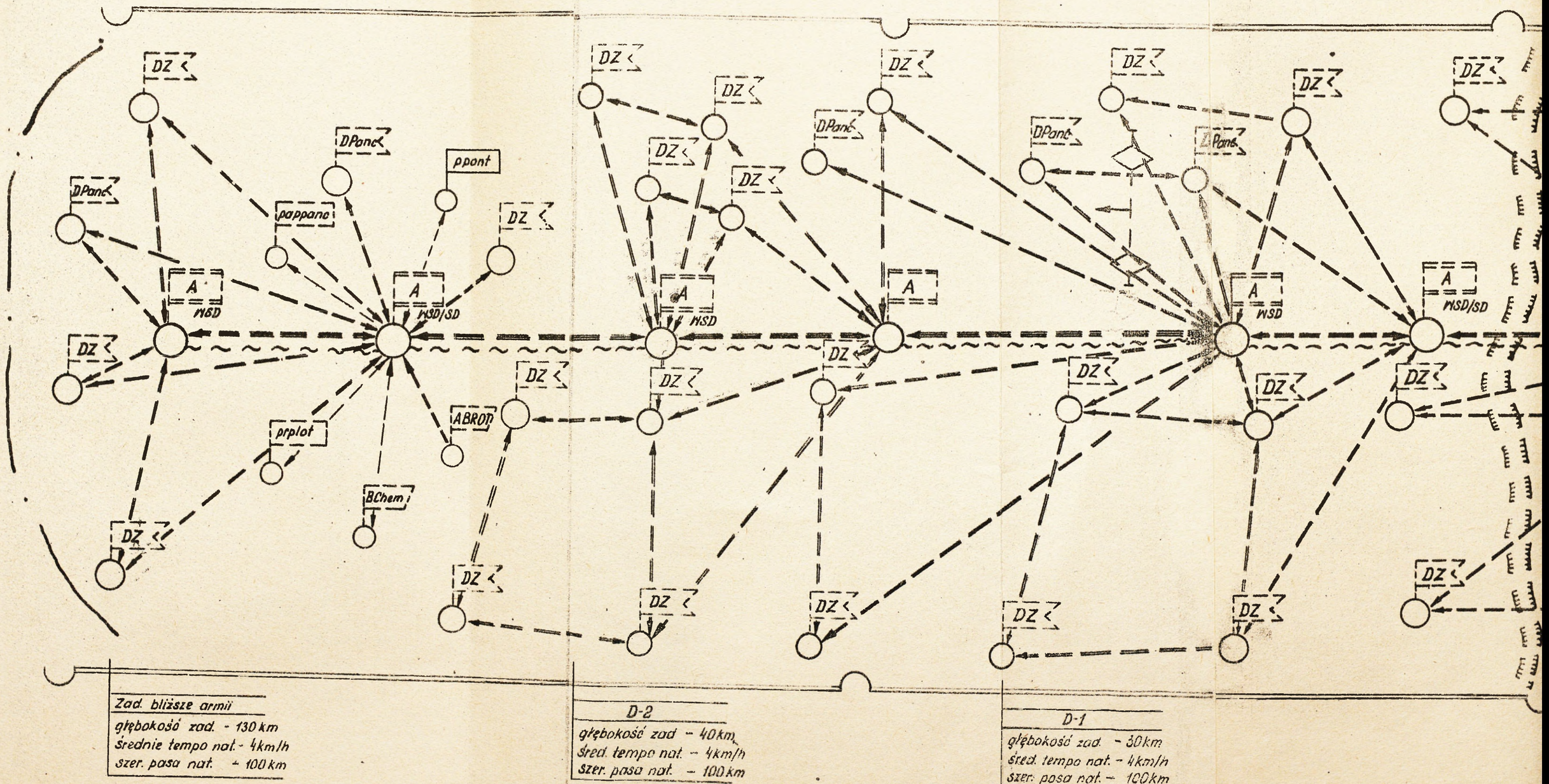
Określone potrzeby badawcze w zakresie automatyzacji systemów dowodzenia,jak również rozwój wojskowych systemów łączności,wiążą się nie tylko z przejściem na transmisję sygnałów dyskretnych oraz integrację techniki i usług a także wskazują na konieczność wprowadzenia udoskonaleń i dalszych prac w zakresie :

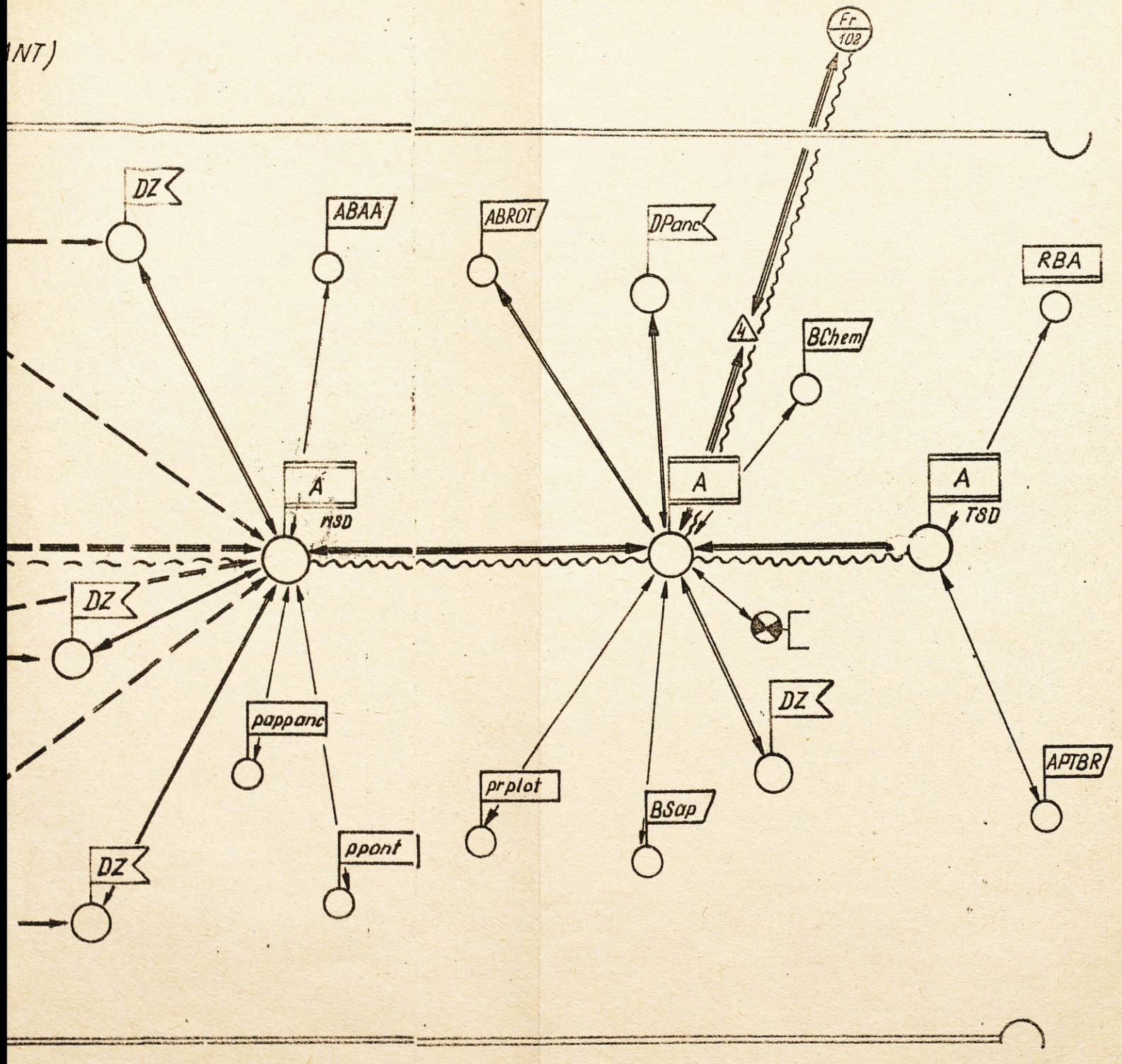
- odwzorowania i opisu przewidywanych warunków współczesnego pola walki ;
- oceny efektywności funkcjonowania systemu łączności i realizowanych w nim procesów ;
- określania wielkości strumieni przesyłanych informacji oraz obciążenia systemu ;
- oceny adekwatności modeli badanych systemów łączności ;
- opracowania nowych zakresów częstotliwości dla potrzeb środków łączności ;
- rozwiązania problemu kompatybilności elektromagnetycznej;

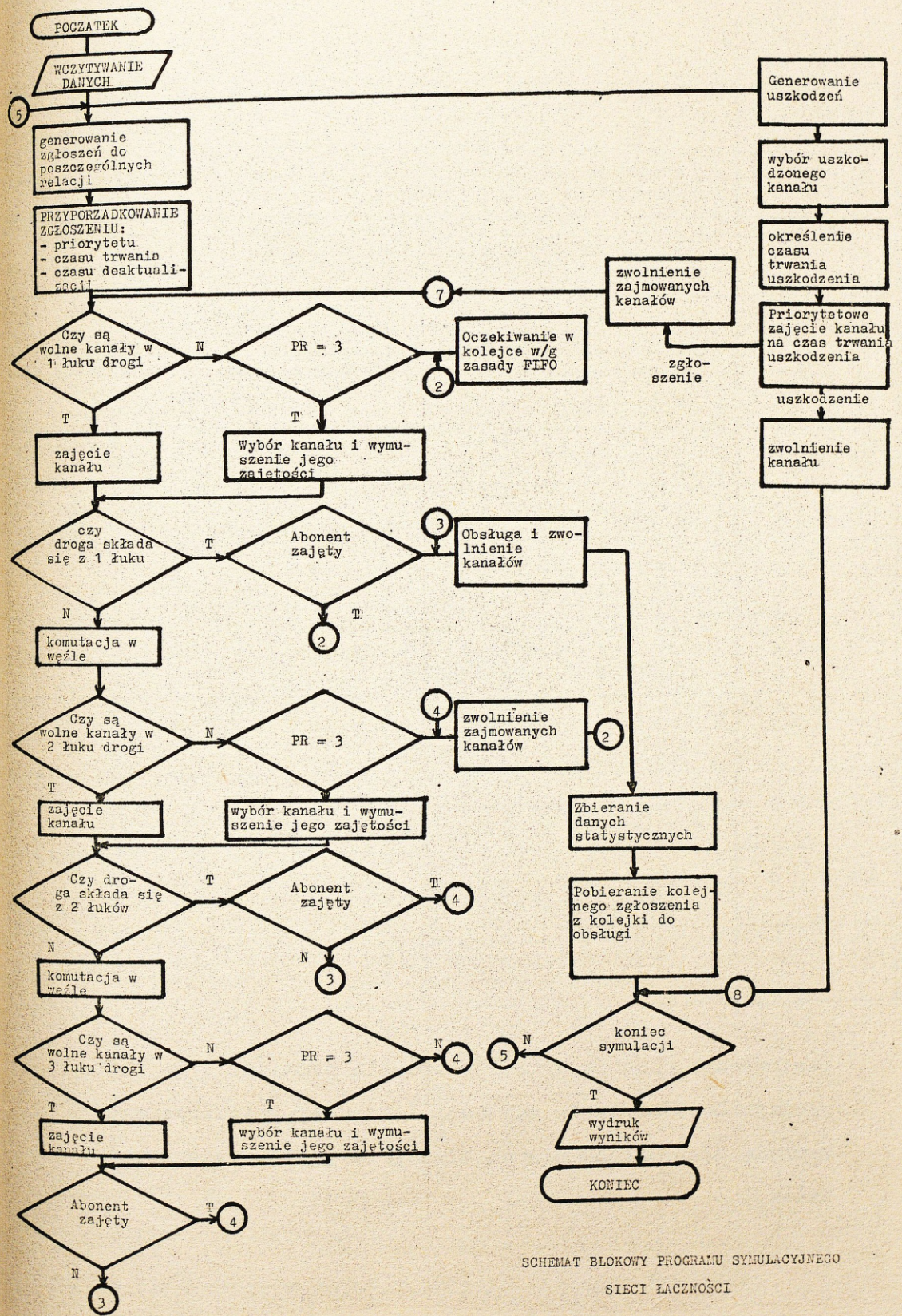
- wprowadzenia samoadaptacyjnych linii łączności ;
- skrócenia czasu rozwijania środków i węzłów łączności;
- wprowadzenia na wyposażenię wozów dowodzenia i sztabowych,urządzeń automatyzacji dowodzenia.

Kontynuowanie prac badawczych stwarza realne przesłanki do praktycznego i szerokiego wykorzystania symulacji komputerowej w badaniu systemów łączności.Umożliwi także właściwe przystosowanie i wykorzystanie aktualnie rozwijanego systemu łączności armii do potrzeb polowego zautomatyzowanego systemu dowodzenia wojskami oraz określenie perspektyw jego rozwoju.

SCHEMAT ŁĄCZNOŚCI RADIOLINIOWEJ I PRZEWODOWEJ ARMII W OPERACJI ZACZEPNEJ (WA




Fr
102
DZ
ABAA
ABROT
DPanc
RBA
4
BChem
A
MSD
A
A
TSD
DZ
pappanc
DZ
prplot
BSap
APTBR
DZ
ppont



SCHEMAT BLOKOWY PROGRAMU SYMULACYJNEGO SIECI ŁĄCZNOŚCI

ZAŁĄCZNIK NR...3...

NR WYDRUKU	NAZWA ZADANIA	NR PRIORYTETU W RELACJACH
1 - 20	- liczba zrealizowánych terminówo rozmów	PR = 1
21 - 40	- liczba zrealizowanych terminowo rozmów	PR = 2
41 - 60	- liczba zrealizowanych terminowo rozmów	PR = 3
61 - 80	- ogółem liczba rozmów	PR = 1
81 - 100	- ogółem liczba rozmów	PR = 2
101 - 120	- ogółem liczba rozmów	PR = 3
181 - 200	- P-STWO terminowego przekazania wiadomości w relacjach	PR = 1
201 - 220	- P-stwo terminowego przekazania wiadomości w relacjach	PR = 2
221 - 240	- P-STWO terminowego przekazania wiadomości w relacjach	PR = 3
241 - 260	- średnie czasy przebywania wiadomości w relacjach	PR = 1
261 - 280	- średnie czasy przebywania wiadomości w relacjach	PR = 2
281 - 300	- średnie czasy przebywania wiadomości w relacjach	PR = 3

Zestawienie numerów wydruków badania symulacyjnego służące do odczytania wartości liczbowej realizowanego zadania dla poszczególnych klas priorytetów badanych relacji.

	NUMER RELACJI							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		1						
2	2		3	4		5	6	
3		7		8	9	10		
4		11	12		13			14
5			15	16				
6		17	18					
7		19						
8				20				

NUMER KOLEJKI	NUMER RELACJI	NUMER WĘZŁA
1	1	1
2	2	2
3	3,4,5,	2
4	6	2
5	7	3
6	8	3
7	9	3
8	10	3
9	11,12,13	4
10	14	4
11	15,16	5
12	17,18	6
13	19	7
14	20	8

Zestawienie numerów kolejek,relacji i węzłów łączności służące do odczytywania wartości liczbowych badanych parametrów w wynikach badania symulacyjnego./Wariant 1/

ZAŁĄCZNIK NR 5

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 1 WERSJA 1

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE I ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	114	13.289	1	1.262	7
2	126	14.476	4	1.519	9
3	173	2.450	2	.353	5
4	168	7.684		1.075	7
5	81	3.209	1	.216	3
6	44	7.386		.270	3
7	819	19.726	13	13.463	29
8	1950	8.913	30	14.484	39
9	259	4.312	2	.930	6
10	93	8.967	1	.694	6
11	1029	19.103	18	16.381	38
12	2004	7.163	31	11.963	47
13	156	7.698	2	1.000	5
14	113	8.893		.837	5

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.536	248	2.596	132	
2	.902	543	1.994	34	
3	.880	344	3.072	155	
4	.858	353	2.917		
5	.640	291	2.642	112	
6	.489	198	2.964		
7	.747	295	3.040	176	
8	.692	250	3.323		
9	.564	224	3.026		
10	.454	163	3.343		
11	.316	116	3.275		
12	.224	85	3.164		
13	.184	61	3.639		
14	.107	38	3.394		
15	.044	15	3.599		
16	.538	264	2.446	99	
17	.383	162	2.839	161	
18	.972	727	1.605	117	
19	.964	479	2.417	173	
20	.957	403	2.851	94	
21	.949	384	2.966		123
22	.944	363	3.123		102
23	.930	365	3.060	105	
24	.914	383	2.864		127
25	.909	377	2.896	139	
26	.896	363	2.964	189	
27	.869	349	2.988	176	
28	.865	360	2.886	31	
29	.854	304	3.375	37	
30	.711	316	2.702	168	
31	.606	237	3.071		
32	.496	194	3.072		
33	.357	136	3.154		
34	.269	91	3.549		
35	.170	71	2.887		
36	.099	38	3.131		
37	.075	26	3.500		
38	.054	15	4.333		
39	.090	20	5.449		
40	.074	15	6.000		
41	.049	10	6.000		
42	.082	14	7.071		54
43	.027	8	4.125		
44	.058	11	6.363		
45	.041	11	4.545		
46	.017	7	3.000		55

NR,	WARTOŚĆ	NR,	WARTOŚĆ	NR,	WARTOŚĆ	NR,	WARTOŚĆ	NR,	WARTOŚĆ
1	31	2	31	3	68	4	22	5	28
6	62	7	78	8	49	9	134	10	542
11	25	12	46	13	36	14	48	15	125
16	19	17	17	18	565	19	55	20	52
21	36	22	42	23	152	24	60	25	33
26	102	27	178	28	89	29	150	30	853
31	52	32	98	33	25	34	73	35	122
36	23	37	17	38	908	39	89	40	87
41	7	42	11	43	24	44	8	45	10
46	11	47	25	48	18	49	81	50	212
51	6	52	12	53	11	54	13	55	77
56	11	57	8	58	230	59	20	60	23
61	36	62	36	63	68	64	22	65	29
66	64	67	78	68	50	69	216	70	586
71	25	72	46	73	42	74	50	75	222
76	36	77	17	78	589	79	56	80	53
81	69	82	82	83	156	84	65	85	41
86	122	87	191	88	96	89	448	90	1215
91	56	92	102	93	53	94	89	95	445
96	82	97	26	98	1225	99	120	100	109
101	7	102	13	103	24	104	8	105	10
106	11	107	25	108	18	109	81	110	212
111	7	112	12	113	11	114	13	115	77
116	12	117	8	118	230	119	20	120	23
121	973	122	911	123	476	124	232	125	512
126	1161	127	497	128	458	129	9345	130	12729
131	276	132	275	133	1230	134	826	135	9741
136	1587	137	359	138	10977	139	798	140	857
141	1219	142	1499	143	1137	144	618	145	536
146	1461	147	1451	148	688	149	10058	150	16629
151	554	152	678	153	954	154	885	155	10191
156	1951	157	373	158	15750	159	1588	160	1180
161	24	162	40	163	70	164	41	165	57
166	31	167	73	168	54	169	246	170	606
171	51	172	35	173	59	174	42	175	248
176	53	177	43	178	681	179	58	180	54
181	861	182	861	183	1000	184	1000	185	965
186	968	187	1000	188	979	189	620	190	924
191	1000	192	1000	193	857	194	959	195	563
196	527	197	1000	198	959	199	982	200	931
201	521	202	512	203	974	204	923	205	804
206	836	207	931	208	927	209	334	210	702
211	928	212	960	213	471	214	820	215	274
216	280	217	653	218	741	219	741	220	798
221	1000	222	846	223	1000	224	1000	225	1000
226	1000	227	1000	228	1000	229	1000	230	1000
231	857	232	1000	233	1000	234	1000	235	1000
236	916	237	1000	238	1000	239	1000	240	1000
241	27027	242	25305	243	7000	244	10545	245	17655
246	18140	247	6371	248	9159	249	43263	250	21721
251	11039	252	5978	253	29285	254	16519	255	43878
256	44083	257	21117	258	18636	259	14250	260	16358
261	17666	262	18280	263	7288	264	9507	265	13073
266	11975	267	7596	268	7166	269	22450	270	13636
271	9892	272	6647	273	18000	274	9943	275	22901
276	23792	277	14346	278	12857	279	13233	280	10825
281	3428	282	3076	283	2916	284	5125	285	5699
286	2818	287	2919	288	3000	289	3037	290	2858
291	7285	292	2916	293	5363	294	3230	295	3220
296	4416	297	5375	298	2960	299	2899	300	2783
301	200	302	100	303	300	304	340	305	360
306	700	307	200	308	400	309	500	310	600
311	320	312	300	313	350	314	900	315	300
316	340	317	320	318	300	319	200	320	400
322	101	329	101	331	907	335	205	338	907
340	1730	341	302	342	1218	347	1730	352	216
355	302	363	1218	370	205	380	216	400	1200

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 1 WERSJA 2

ZAŁĄCZNIK NR 6

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	124	9.096	1	.939	6
2	106	14.575		1.287	9
3	162	2.888	1	.389	4
4	116	9.224		.891	6
5	70	4.657		.271	4
6	44	8.340		.305	3
7	330	13.557	6	3.728	13
8	1361	6.847	25	10.619	48
9	234	3.636		.709	6
10	115	8.626		.826	6
11	475	8.589	6	3.399	15
12	1941	5.799	28	9.364	35
13	137	9.941	2	1.134	10
14	145	10.565	1	1.276	7

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.511	173	2.249	120	
2	.864	362	2.864	25	
3	.794	327	2.914	145	
4	.731	282	3.113	7	
5	.584	265	2.645		
6	.411	183	2.699		
7	.758	322	2.926	59	
8	.671	277	2.909	19	
9	.590	215	3.297	31	
10	.437	181	2.900	4	
11	.293	110	3.199		
12	.194	61	3.836		
13	.129	40	3.899		
14	.082	30	3.299		
15	.077	23	4.043		
16	.610	287	2.554	46	
17	.469	172	3.279	131	
18	.975	654	1.790	127	
19	.968	473	2.456	82	
20	.965	393	2.949	3	
21	.944	383	2.960	51	
22	.941	407	2.776	15	
23	.925	371	2.994	81	
24	.911	383	2.856		114
25	.907	391	2.785	86	
26	.909	382	2.856	83	
27	.879	361	2.925	130	
28	.857	240	3.026	29	
29	.823	370	2.670	53	
30	.757	285	3.189	31	
31	.665	248	3.221	115	
32	.562	217	3.110	59	
33	.447	156	3.442	89	
34	.294	98	3.612		
35	.185	69	3.231		
36	.119	37	3.891		
37	.095	29	3.965		
38	.049	11	5.454		
39	.101	17	7.176		
40	.035	11	3.909		
41	.079	12	8.000		
42	.039	13	3.615		
43	.045	8	6.875		
44	.066	11	7.272		
45	.035	10	4.299		
46	.018	8	2.750		57

NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC
1	44	2	37	3	78	4	25	5	23
6	46	7	81	8	52	9	74	10	561
11	27	12	48	13	43	14	47	15	79
16	37	17	20	18	550	19	62	20	60
21	57	22	46	23	168	24	35	25	43
26	85	27	163	28	88	29	104	30	961
31	50	32	91	33	51	34	85	35	125
36	44	37	34	38	943	39	72	40	79
41	8	42	10	43	24	44	13	45	8
46	17	47	29	48	19	49	39	50	213
51	9	52	13	53	14	54	17	55	28
56	17	57	5	58	193	59	17	60	22
61	44	62	44	63	78	64	25	65	24
66	50	67	81	68	52	69	85	70	503
71	27	72	48	73	46	74	48	75	87
76	39	77	21	78	563	79	63	80	58
81	84	82	65	83	173	84	40	85	55
86	107	87	172	88	92	89	207	90	1157
91	57	92	94	93	75	94	111	95	192
96	70	97	48	98	1209	99	105	100	102
101	8	102	10	103	24	104	13	105	8
106	17	107	29	108	19	109	39	110	213
111	9	112	13	113	14	114	17	115	28
116	17	117	5	118	193	119	17	120	22
121	652	122	1252	123	509	124	255	125	365
126	910	127	606	128	528	129	2539	130	10512
131	253	132	372	133	1049	134	740	135	2073
136	912	137	383	138	8996	139	984	140	1482
141	1251	142	934	143	1216	144	433	145	693
146	1202	147	1230	148	683	149	3742	150	14647
151	609	152	593	153	1090	154	1299	155	2759
156	1164	157	709	158	14675	159	1463	160	1329
161	22	162	29	163	67	164	63	165	38
166	50	167	83	168	54	169	128	170	644
171	44	172	35	173	75	174	46	175	94
176	91	177	27	178	567	179	55	180	53
181	1000	182	840	183	1000	184	1000	185	958
186	919	187	1000	188	1000	189	870	190	962
191	1000	192	1000	193	934	194	979	195	908
196	948	197	952	198	976	199	984	200	882
201	678	202	707	203	971	204	875	205	781
206	794	207	947	208	956	209	502	210	744
211	877	212	968	213	679	214	765	215	651
216	628	217	708	218	779	219	685	220	774
221	1000	222	1000	223	1000	224	1000	225	1000
226	1000	227	1000	228	1000	229	1000	230	1000
231	1000	232	1000	233	1000	234	1000	235	1000
236	1000	237	1000	238	1000	239	1000	240	1000
241	14818	242	28454	243	6525	244	10199	245	15208
246	18199	247	7431	248	10153	249	29870	250	18030
251	9370	252	7750	253	22804	254	15416	255	23827
256	23384	257	18238	258	15978	259	15619	260	21794
261	14892	262	14369	263	7028	264	10824	265	12599
266	11233	267	7151	268	7423	269	18077	270	12659
271	10684	272	6308	273	14533	274	11702	275	14369
276	16628	277	14770	278	12138	279	13933	280	13029
281	2750	282	2899	283	2791	284	4846	285	4750
286	2941	287	2862	288	2842	289	3282	290	3023
291	4888	292	2692	293	5357	294	2705	295	3000
296	5352	297	5399	298	2937	299	3235	300	2853
301	200	302	100	303	300	304	340	305	360
306	700	307	200	308	400	309	500	310	600
311	320	312	300	313	350	314	800	315	300
316	340	317	320	318	300	319	200	320	400
322	101	329	101	331	907	335	205	338	907
340	1730	341	302	342	1218	347	1730	352	216
355	302	363	1218	370	205	380	216	400	1200

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 1 WERSJA 3

ZAŁACZNIK NR 7

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	139	13.884	7	1.608	7
2	149	13.899	2	1.725	7
3	146	2.712		.329	4
4	103	6.757		.579	5
5	43	4.348		.155	3
6	40	6.924		.230	2
7	178	7.938	2	1.177	6
8	1785	7.261		10.800	45
9	139	3.302		.382	5
10	145	8.793		1.062	7
11	294	5.153	8	1.262	9
12	1854	6.466		9.989	40
13	98	6.357		.519	5
14	125	8.687		.904	5

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.557	265	2.524	36	
2	.802	348	2.767	34	
3	.672	274	2.945	38	
4	.554	212	3.141	93	
5	.506	258	2.775		
6	.369	186	2.387		
7	.764	287	3.198		
8	.652	259	3.023	55	
9	.534	217	2.903	146	
10	.410	144	3.423		
11	.224	104	2.586		
12	.159	50	3.839		
13	.115	38	3.657		
14	.102	27	4.555		
15	.051	20	3.099		
16	.644	255	3.035	72	
17	.412	193	2.564		
18	.971	658	1.772	14	
19	.959	478	2.410	87	
20	.950	427	2.672	92	
21	.947	389	2.922	83	
22	.929	385	2.896	44	
23	.921	378	2.925	31	
24	.904	375	2.895		
25	.877	307	3.508	74	
26	.881	375	2.821	28	
27	.840	342	2.950	125	
28	.833	338	2.958		
29	.810	351	2.772	89	
30	.768	268	3.440	104	
31	.644	233	3.321	146	
32	.499	184	3.255	77	
33	.354	158	2.689		
34	.269	83	3.903		
35	.143	53	3.245		
36	.111	36	3.722		
37	.069	17	4.941		
38	.060	13	5.615		
39	.074	17	5.294		
40	.052	12	5.250		
41	.036	10	4.399		
42	.062	13	5.769		
43	.034	8	5.250		
44	.047	10	5.699		
45	.048	8	7.250		
46	.033	8	5.000		

NR,	WARTOŚĆ	NR,	WARTOŚĆ	NR,	WARTOŚĆ	NR,	WARTOŚĆ	NR,	WARTOŚĆ
1	36	2	22	3	34	4	24	5	20
6	49	7	73	8	51	9	58	10	552
11	21	12	44	13	38	14	62	15	67
16	38	17	25	18	548	19	52	20	56
21	39	22	40	23	159	24	48	25	40
26	99	27	142	28	66	29	89	30	956
31	35	32	88	33	65	34	96	35	98
36	61	37	25	38	910	39	89	40	78
41	13	42	13	43	19	44	8	45	2
46	12	47	27	48	15	49	21	50	207
51	12	52	23	53	8	54	11	55	38
56	8	57	6	58	202	59	17	60	33
61	40	62	38	63	84	64	24	65	21
66	49	67	73	68	52	69	60	70	577
71	21	72	44	73	39	74	66	75	63
76	38	77	27	78	565	79	52	80	59
81	78	82	78	83	162	84	50	85	43
86	113	87	150	88	77	89	129	90	1153
91	41	92	91	93	77	94	123	95	113
96	76	97	36	98	1178	99	107	100	104
101	14	102	13	103	19	104	8	105	2
106	12	107	27	108	15	109	21	110	207
111	12	112	23	113	8	114	11	115	38
116	8	117	6	118	202	119	17	120	23
121	1051	122	1351	123	470	124	236	125	394
126	600	127	429	128	423	129	927	130	10823
131	182	132	291	133	629	134	1160	135	845
136	663	137	551	138	9377	139	576	140	830
141	1571	142	1455	143	1157	144	452	145	566
146	1166	147	1087	148	664	149	1744	150	14815
151	433	152	623	153	880	154	1378	155	1305
156	983	157	511	158	14266	159	1083	160	1321
161	37	162	41	163	50	164	43	165	12
166	34	167	35	168	46	169	61	170	609
171	61	172	70	173	38	174	31	175	32
176	46	177	31	178	604	179	56	180	70
181	899	182	763	183	1000	184	1000	185	952
186	1000	187	1000	188	980	189	966	190	956
191	1000	192	1000	193	974	194	939	195	935
196	1000	197	925	198	969	199	1000	200	949
201	500	202	512	203	981	204	959	205	833
206	876	207	946	208	857	209	699	210	742
211	853	212	967	213	844	214	780	215	930
216	802	217	694	218	772	219	831	220	750
221	928	222	1000	223	1000	224	1000	225	1000
226	1000	227	1000	228	1000	229	1000	230	1000
231	1000	232	1000	233	1000	234	1000	235	1000
236	1000	237	1000	238	1000	239	1000	240	1000
241	26274	242	35552	243	5595	244	9833	245	18761
246	12244	247	5876	248	8230	249	15449	250	18757
251	8666	252	6613	253	16128	254	17575	255	12426
256	17447	257	20407	258	17481	259	11076	260	14067
261	20141	262	18653	263	7141	264	9039	265	11791
266	10318	267	7246	268	8623	269	13519	270	12849
271	10560	272	6846	273	11428	274	11203	275	11059
276	12934	277	14194	278	12110	279	10121	280	12701
281	2642	282	3153	283	2631	284	5375	285	6000
286	2833	287	3148	288	3066	289	2904	290	2942
291	5083	292	3043	293	4250	294	2818	295	2928
296	5750	297	5166	298	2990	299	3294	300	3043
301	200	302	100	303	300	304	340	305	360
306	700	307	200	308	400	309	500	310	600
311	320	312	300	313	350	314	800	315	300
316	340	317	320	318	300	319	200	320	400
322	101	329	101	331	907	335	205	338	907
340	1730	341	302	342	1218	347	1730	352	216
355	302	363	1218	370	205	380	216	400	1200

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 1 WERSJA 4

ZAŁĄCZNIK NR 8

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE I ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	133	13.717		1.577	9
2	146	17.376	3	2.114	10
3	103	1.592		.136	3
4	146	7.821	1	.951	9
5	70	3.785		.220	3
6	39	7.256		.235	3
7	847	21.976	12	15.511	34
8	103	2.990	1	.256	4
9	235	3.136		.614	4
10	138	8.507	3	.978	11
11	1067	17.987	19	15.994	36
12	141	1.992		.234	3
13	124	8.508		.879	5
14	105	8.714	1	.762	7

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.554	269	2.475		
2	.922	555	1.994	32	
3	.894	387	2.775	48	
4	.858	327	3.149	6	
5	.584	284	2.471		
6	.423	170	2.988	5	
7	.773	297	3.124		
8	.693	242	3.438	77	
9	.529	229	2.777		
10	.474	152	3.743		
11	.355	112	3.812		
12	.246	79	3.746		
13	.131	41	3.853		
14	.134	37	4.378		
15	.072	24	3.625		
16	.624	278	2.694	33	
17	.432	194	2.675		
18	.772	316	2.933	68	
19	.714	291	2.945		
20	.581	242	2.884	41	
21	.430	187	3.085		
22	.363	144	3.027		
23	.252	106	2.858		
24	.178	65	3.292		
25	.122	49	3.000		
26	.092	37	3.000		
27	.055	11	6.090		
28	.026	10	3.199		
29	.055	15	4.466		
30	.721	285	3.038	43	
31	.630	247	3.064	77	
32	.498	181	3.303	123	
33	.411	154	3.207		
34	.255	104	2.951		
35	.164	54	3.648		
36	.081	29	3.379		
37	.076	20	4.599		
38	.036	12	3.666		
39	.055	13	5.153		
40	.046	11	5.090		
41	.056	12	5.666		
42	.064	14	5.500		
43	.049	10	6.000		
44	.040	12	4.083		
45	.049	8	7.375		
46	.030	10	3.699		62

NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC
1	46	2	38	3	89	4	23	5	33
6	59	7	91	8	45	9	132	10	132
11	16	12	41	13	46	14	54	15	145
16	26	17	24	18	121	19	51	20	66
21	43	22	30	23	153	24	41	25	49
26	86	27	167	28	92	29	125	30	272
31	49	32	93	33	39	34	105	35	133
36	19	37	52	38	265	39	87	40	63
41	8	42	20	43	27	44	10	45	10
46	25	47	21	48	16	49	78	50	42
51	9	52	19	53	16	54	28	55	74
56	14	57	9	58	50	59	16	60	23
61	53	62	48	63	39	64	22	65	23
66	62	67	91	68	45	69	233	70	132
71	16	72	41	73	46	74	55	75	221
76	40	77	24	78	121	79	55	80	57
81	78	82	75	83	156	84	42	85	53
86	111	87	176	88	99	89	461	90	283
91	51	92	93	93	70	94	136	95	400
96	73	97	54	98	274	99	101	100	34
101	8	102	20	103	27	104	11	105	10
106	25	107	21	108	16	109	79	110	42
111	9	112	19	113	17	114	28	115	74
116	14	117	9	118	50	119	16	120	23
121	1289	122	1374	123	615	124	182	125	261
126	970	127	658	128	427	129	10513	130	941
131	191	132	239	133	1112	134	834	135	9032
136	1666	137	254	138	819	139	1029	140	945
141	1459	142	1796	143	1101	144	335	145	511
146	1345	147	1287	148	774	149	11065	150	1844
151	472	152	541	153	1140	154	1520	155	10871
156	1723	157	545	158	1856	159	1078	160	1070
161	22	162	54	163	77	164	61	165	45
166	74	167	64	168	52	169	239	170	116
171	46	172	60	173	38	174	89	175	225
176	57	177	50	178	135	179	46	180	56
181	867	182	791	183	1000	184	1000	185	1000
186	951	187	1000	188	1000	189	566	190	1000
191	1000	192	1000	193	1000	194	981	195	656
196	649	197	1000	198	1000	199	927	200	935
201	551	202	399	203	980	204	976	205	924
206	774	207	948	208	929	209	271	210	964
211	960	212	1000	213	557	214	772	215	971
216	260	217	962	218	967	219	861	220	750
221	1000	222	1000	223	1000	224	909	225	1000
226	1000	227	1000	228	1000	229	987	230	1000
231	1000	232	1000	233	941	234	1000	235	1000
236	1000	237	1000	238	1000	239	1000	240	1000
241	24320	242	28625	243	6910	244	7913	245	11347
246	15645	247	7230	248	9488	249	45120	250	7138
251	11937	252	7048	253	24173	254	15163	255	40642
256	41649	257	10583	258	6768	259	18709	260	12611
261	18705	262	23946	263	7057	264	7976	265	9641
266	12117	267	7312	268	7818	269	24002	270	6539
271	9254	272	5817	273	16285	274	11235	275	22135
276	23602	277	10092	278	6773	279	10673	280	12738
281	2750	282	2699	283	2351	284	5545	285	4500
286	2959	287	3047	288	3250	289	3025	290	2761
291	5111	292	3157	293	5176	294	3035	295	3040
296	4071	297	5555	298	2699	299	2875	300	2869
301	200	302	100	303	300	304	340	305	360
306	700	307	200	308	400	309	500	310	600
311	320	312	300	313	350	314	800	315	300
316	340	317	320	318	300	319	200	320	400
322	101	329	101	331	907	335	205	338	907
340	1730	341	302	342	1218	347	1730	352	216
355	302	363	1218	370	205	380	216	400	1200

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 1 WERSJA 5

ZAŁĄCZNIK NR 9

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIETNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	122	11.139	5	1.137	7
2	98	12.693		1.036	7
3	109	2.110		.191	3
4	94	6.734		.527	5
5	80	4.137		.275	5
6	29	5.758		.139	3
7	898	22.737	9	17.014	41
8	77	4.181	2	.268	3
9	286	3.629		.864	5
10	91	6.868		.520	7
11	1051	18.490	12	16.194	33
12	82	3.146		.214	3
13	103	7.165	1	.614	7
14	118	8.016	1	.789	5

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.539	249	2.602		
2	.918	545	2.022		53
3	.389	392	2.721	6	
4	.854	374	2.740		
5	.579	254	2.740	81	
6	.372	164	2.725	78	
7	.798	279	3.433	90	
8	.659	270	2.933	74	
9	.569	209	3.267	67	
10	.477	192	2.984		
11	.341	134	3.059		
12	.209	65	3.861		
13	.128	52	2.961		
14	.111	32	4.187		
15	.077	20	4.649		
16	.565	244	2.782		
17	.388	177	2.632	80	
18	.676	250	2.899	72	
19	.551	246	2.691	9	
20	.429	174	2.959		
21	.312	115	3.260		10
22	.166	73	2.739		48
23	.107	49	2.632		
24	.094	28	4.035		
25	.066	13	6.153		
26	.056	9	7.555		
27	.032	10	3.399		
28	.031	7	5.428		
29	.077	13	7.153		
30	.757	287	3.167		
31	.634	255	2.988		
32	.549	199	3.316		
33	.425	162	3.154		
34	.269	104	3.105		
35	.177	74	2.378		
36	.164	38	5.210		
37	.059	23	3.130		
38	.068	17	4.823		
39	.039	18	6.000		
40	.031	10	3.799		
41	.029	9	3.888		
42	.043	15	3.466		
43	.062	9	8.333		
44	.061	10	7.399		
45	.048	9	6.444		
46	.045	8	6.875		129

NR.	WARTOŚĆ	NR.	WARTOŚĆ	NR.	WARTOŚĆ	NR.	WARTOŚĆ	NR.	WARTOŚĆ
1	31	2	36	3	77	4	32	5	22
6	56	7	33	8	52	9	117	10	35
11	28	12	52	13	29	14	47	15	131
16	21	17	20	18	90	19	62	20	50
21	41	22	41	23	163	24	43	25	42
26	81	27	174	28	91	29	148	30	155
31	51	32	195	33	37	34	96	35	155
36	23	37	48	38	162	39	81	40	96
41	10	42	13	43	32	44	14	45	9
46	9	47	27	48	20	49	86	50	28
51	4	52	14	53	14	54	18	55	91
56	15	57	7	58	28	59	15	60	14
61	33	62	39	63	77	64	32	65	22
66	56	67	83	68	52	69	241	70	85
71	28	72	52	73	36	74	47	75	231
76	38	77	23	78	90	79	62	80	51
81	70	82	71	83	165	84	48	85	47
86	99	87	184	88	95	89	501	90	160
91	55	92	99	93	75	94	99	95	459
96	68	97	55	98	167	99	101	100	117
101	12	102	15	103	32	104	14	105	9
106	9	107	27	108	20	109	87	110	28
111	4	112	14	113	14	114	18	115	91
116	15	117	7	118	28	119	15	120	14
121	702	122	659	123	547	124	253	125	193
126	570	127	629	128	354	129	12190	130	610
131	309	132	339	133	1045	134	536	135	10547
136	1699	137	223	138	501	139	698	140	706
141	1146	142	1230	143	1072	144	541	145	473
146	1011	147	1454	148	690	149	11577	150	1125
151	544	152	702	153	1385	154	991	155	9932
156	1443	157	557	158	1246	159	1102	160	1315
161	37	162	45	163	102	164	70	165	44
166	26	167	85	168	65	169	238	170	35
171	19	172	38	173	67	174	55	175	269
176	85	177	42	178	84	179	45	180	39
181	939	182	923	183	1000	184	1000	185	1000
186	1000	187	1000	188	1000	189	495	190	1000
191	1000	192	1000	193	805	194	1000	195	567
196	552	197	1000	198	1000	199	1000	200	930
201	585	202	577	203	987	204	895	205	393
206	818	207	945	208	957	209	295	210	968
211	927	212	959	213	493	214	868	215	337
216	338	217	872	218	970	219	801	220	820
221	833	222	866	223	1000	224	1000	225	1000
226	1000	227	1000	228	1000	229	988	230	1000
231	1000	232	1000	233	1000	234	1000	235	1000
236	1000	237	1000	238	1000	239	1000	240	1000
241	21272	242	16897	243	7103	244	8062	245	8772
246	10178	247	7578	248	6807	249	50580	250	7176
251	11035	252	6519	253	29027	254	11404	255	45658
256	44710	257	9695	258	5566	259	11258	260	15411
261	16371	262	17323	263	6496	264	11270	265	10063
266	10212	267	7902	268	7263	269	23107	270	7031
271	9390	272	7090	273	13466	274	10010	275	21747
276	21220	277	10127	278	7461	279	10910	280	11239
281	3083	282	3000	283	3187	284	5000	285	4888
286	2838	287	3148	288	3250	289	2735	290	3035
291	4750	292	2714	293	4785	294	3055	295	-2956
296	5666	297	6000	298	3000	299	3000	300	2785
301	200	302	100	303	300	304	340	305	350
306	700	307	200	308	400	309	500	310	600
311	320	312	300	313	350	314	800	315	300
316	340	317	320	318	300	319	200	320	400
322	101	329	101	331	907	335	205	338	907
340	1730	341	302	342	1218	347	1730	352	216
355	302	363	1218	370	205	380	216	400	1200

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 1 WERSJA 6

ZAŁĄCZNIK NR 10

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	110	3.781	3	.896	4
2	136	18.014	4	2.041	13
3	276	2.144	1	.493	9
4	134	9.246	3	1.032	9
5	117	2.948	1	.287	3
6	34	5.764		.163	2
7	341	21.221	23	14.872	41
8	2003	7.896	7	13.179	43
9	348	4.818	3	1.397	9
10	111	6.117	1	.565	5
11	1050	19.704	28	17.241	36
12	2064	7.100		12.213	54
13	122	7.737		.786	6
14	115	6.217		.595	5

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.516	247	2.610		
2	.924	543	3.025	60	
3	.874	341	3.146	67	
4	.863	345	3.002	130	
5	.621	265	2.315	118	
6	.362	188	2.313		
7	.809	328	2.960	23	
8	.752	313	2.804	24	
9	.680	290	2.817	116	
10	.559	244	2.750	87	
11	.445	184	2.907		
12	.323	154	2.519		
13	.280	110	3.145	37	
14	.167	87	2.310	13	
15	.109	52	4.384		
16	.586	293	2.402		
17	.420	188	2.686		
18	.973	661	1.767	175	
19	.969	487	2.388	143	
20	.955	432	2.655	3	
21	.948	396	2.873	13	127
22	.947	411	2.766		63
23	.932	371	3.016	33	
24	.932	351	3.188	30	
25	.916	391	2.313		
26	.894	399	2.680	133	
27	.876	350	3.005		
28	.865	352	2.951		
29	.829	335	2.970	178	
30	.759	292	3.123	123	
31	.624	230	2.674		
32	.517	204	3.044		
33	.349	167	2.514		
34	.250	98	3.071	29	
35	.187	67	3.358		
36	.123	39	3.794		
37	.092	23	4.826		
38	.087	13	8.076		
39	.048	17	3.411		
40	.056	13	5.230		
41	.072	9	9.666		
42	.069	13	6.394		
43	.029	8	4.375		
44	.029	11	3.131		
45	.052	8	7.875		
46	.027	5	6.599		152

NF,	WARTOSC	NF,	WARTOSC	NF,	WARTOSC	NF,	WARTOSC	NF,	WARTOSC
1	30	2	30	3	133	4	27	5	26
6	51	7	131	8	40	9	118	10	569
11	24	12	48	13	42	14	61	15	139
16	13	17	22	18	589	19	46	20	49
21	53	22	33	23	204	24	43	25	33
26	76	27	294	28	106	29	142	30	940
31	43	32	82	33	33	34	107	35	117
36	23	37	38	38	857	39	32	40	97
41	17	42	10	43	47	44	7	45	11
46	21	47	41	48	22	49	85	50	218
51	7	52	18	53	10	54	20	55	86
56	11	57	5	58	187	59	23	60	22
61	32	62	37	63	134	64	27	65	27
66	53	67	131	68	40	69	212	70	592
71	24	72	48	73	57	74	61	75	229
76	33	77	22	78	607	79	47	80	49
81	71	82	74	83	302	84	45	85	45
86	109	87	304	88	113	89	462	90	1240
91	46	92	85	93	81	94	122	95	455
96	70	97	58	98	1198	99	108	100	113
101	17	102	10	103	47	104	7	105	11
106	22	107	41	108	22	109	85	110	218
111	7	112	18	113	11	114	20	115	86
116	11	117	5	118	187	119	23	120	22
121	728	122	1154	123	1113	124	250	125	492
126	783	127	837	128	275	129	9565	130	10973
131	243	132	254	133	1986	134	627	135	9949
136	1692	137	442	138	10656	139	816	140	589
141	993	142	1846	143	1956	144	392	145	580
146	1432	147	2050	148	849	149	11234	150	17801
151	387	152	519	153	1577	154	1156	155	11126
156	1712	157	900	158	16377	159	1233	160	1153
161	56	162	31	163	142	164	36	165	55
166	61	167	132	168	67	169	258	170	673
171	36	172	55	173	73	174	59	175	252
176	57	177	23	178	573	179	75	180	62
181	937	182	810	183	992	184	1000	185	962
186	962	187	1000	188	1000	189	556	190	961
191	1000	192	1000	193	736	194	1000	195	606
196	393	197	1000	198	970	199	978	200	1000
201	746	202	445	203	973	204	955	205	733
206	697	207	967	208	938	209	307	210	677
211	934	212	964	213	407	214	977	215	257
216	328	217	655	218	715	219	759	220	858
221	1000	222	1000	223	1000	224	1000	225	1000
226	954	227	1000	228	1000	229	1000	230	1000
231	1000	232	1000	233	909	234	1000	235	1000
236	1000	237	1000	238	1000	239	1000	240	1000
241	22750	242	31189	243	3305	244	9259	245	18222
246	14367	247	6389	248	6875	249	45117	250	18535
251	10125	252	5291	253	34842	254	10278	255	43445
256	51272	257	20090	258	17555	259	17361	260	12020
261	13985	262	24945	263	6476	264	8711	265	12838
266	13137	267	6743	268	7513	269	24316	270	14355
271	8413	272	6105	273	19469	274	9475	275	24452
276	24457	277	15517	278	13670	279	11416	280	10203
281	3294	282	5099	283	3021	284	5142	285	5000
286	2772	287	3219	288	3045	289	3035	290	3087
291	5142	292	3055	293	6636	294	2949	295	2930
296	5181	297	4599	298	3064	299	3260	300	2818
301	200	302	100	303	300	304	340	305	360
306	700	307	200	308	400	309	500	310	600
311	320	312	200	313	350	314	300	315	300
316	340	317	320	318	300	319	200	320	400
322	101	329	101	331	907	335	205	338	907
340	1730	341	302	342	1218	347	1730	352	216
355	302	363	1218	370	205	380	216	400	1200

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 1 WERSJA 7

ZAŁACZNIK NR 11

NR KOLEJKI	LICZBA WEJSC	PRZEC.CZAS POBYTU WKOLEJCE I ZAD.	BIEŻACA ZAWARTOSC	PRZECIETNA ZAWARTOSC	MAX. ZAWARTOSC
1	124	14.030	1	1.454	6
2	131	12.206	4	1.332	7
3	134	2.640		.295	3
4	120	9.308		.930	11
5	35	5.857		.170	2
6	31	6.290		.162	2
7	842	19.268	12	13.519	33
8	1970	10.476	7	17.198	55
9	207	3.164		.545	5
10	112	11.517	3	1.074	7
11	1004	19.363	13	16.619	37
12	2065	6.730	1	11.668	35
13	112	7.267		.673	7
14	139	8.446		.978	9

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.548	255	2.500		108
2	.910	426	2.095	73	
3	.874	388	2.733	78	
4	.854	343	2.986	85	
5	.596	266	2.691		
6	.404	186	2.507		
7	.714	247	3.473	13	
8	.600	232	2.107	185	
9	.461	167	3.317		
10	.316	102	2.878		
11	.194	73	3.191		
12	.148	47	3.787		
13	.098	31	3.806		
14	.076	20	4.599		
15	.044	11	4.818		
16	.580	257	2.747	146	
17	.304	163	2.901	20	
18	.974	647	1.506	120	
19	.965	467	2.481	116	
20	.954	377	3.037	46	
21	.949	380	2.997		18
22	.948	381	2.986	163	
23	.941	372	3.037	57	
24	.916	389	2.827	80	
25	.905	419	2.594	149	
26	.896	371	2.900	144	
27	.839	399	2.674	3	
28	.868	312	3.339	174	
29	.814	353	2.770	27	
30	.752	246	3.670		
31	.630	232	3.262	78	
32	.525	193	3.253		
33	.347	141	2.957	155	
34	.207	81	3.074		
35	.144	50	3.459		
36	.121	30	4.866		
37	.067	16	5.062		
38	.069	14	5.928		
39	.056	17	4.000		
40	.046	15	3.733		
41	.035	9	4.777		
42	.045	11	5.000		
43	.039	10	4.799		
44	.031	10	3.799		
45	.034	9	4.666		
46	.047	10	5.699		50

	WARTOŚĆ		WARTOŚĆ		WARTOŚĆ		WARTOŚĆ		WARTOŚĆ
	28	2	34	3	37	4	19	5	27
	36	7	53	8	32	9	134	10	566
	91	12	43	13	80	14	45	15	143
	15	17	19	18	370	19	52	20	67
	54	22	40	23	102	24	40	25	53
	87	27	80	28	88	29	152	30	796
	56	32	30	33	37	34	60	35	119
	18	37	38	38	388	39	78	40	101
	9	42	14	43	13	44	10	45	9
	39	47	12	48	12	49	80	50	197
	7	52	18	53	17	54	18	55	76
	20	57	6	58	202	59	13	60	19
	37	62	34	63	33	64	19	65	37
	58	67	53	68	38	69	215	70	629
	21	72	43	73	22	74	47	75	233
	39	77	19	78	594	79	55	80	47
	58	82	80	83	105	84	42	85	70
	109	87	93	88	93	89	476	90	1281
	62	92	94	93	65	94	35	95	421
	68	97	52	98	1225	99	97	100	136
	9	102	14	103	16	104	10	105	9
	29	107	12	108	12	109	31	110	107
	7	112	18	113	17	114	18	115	76
	20	117	6	118	202	119	13	120	19
	1337	122	742	123	294	124	206	125	360
	877	127	445	128	351	129	3838	130	15200
	187	132	288	133	568	134	367	135	9896
	1966	137	293	138	10773	139	806	140	573
	1050	142	1501	143	715	144	406	145	369
	1273	147	611	148	662	149	10673	150	18034
	612	152	730	153	1054	154	1163	155	9906
	1613	157	727	158	16270	159	1083	160	1055
	21	162	41	163	50	164	47	165	41
	92	167	30	168	37	169	240	170	589
	36	172	58	173	88	174	52	175	220
	95	177	32	178	610	179	39	180	49
	756	182	1000	183	1000	184	1000	185	1000
	948	187	1000	188	1000	189	623	190	999
	1000	192	1000	193	1000	194	957	195	613
	384	197	1000	198	968	199	945	200	1000
	586	202	500	203	971	204	980	205	757
	798	207	967	208	946	209	819	210	661
	903	212	946	213	569	214	705	215	232
	276	217	634	218	724	219	804	220	742
	1000	222	1000	223	1000	224	1000	225	1000
	1000	227	1000	228	1000	229	987	230	1000
	1000	232	1000	233	1000	234	1000	235	1000
	1000	237	1000	238	1000	239	1000	240	1000
	36135	242	21323	243	8000	244	10842	245	13333
	15120	247	8896	248	9236	249	41106	250	24165
	8904	252	6697	253	25318	254	10446	255	42472
	30410	257	15421	258	18136	259	14654	260	12191
	18102	262	18782	263	6800	264	9441	265	12414
	11678	267	6569	268	7118	269	22422	270	14769
	9870	272	7765	273	16215	274	13741	275	23529
	24815	277	13980	278	13200	279	11164	280	13639
	3335	282	3928	283	3125	284	6690	285	4555
	3170	287	2500	288	3000	289	2062	290	2949
	5142	292	3223	293	5176	294	3880	295	3013
	4750	297	5333	298	3019	299	3000	300	2578
	200	302	100	303	300	304	340	305	360
	720	307	220	308	400	309	500	310	600
	320	312	300	313	350	314	300	315	300
	340	317	320	318	200	319	200	320	400
	131	322	101	323	307	324	205	325	307
	1738	327	303	328	1219	329	1720	330	1216
	302	332	1218	333	205	334	216	400	1200

ZAŁACZNIK NR 12

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 1 WERSJA 8

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIETNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	97	12.4[illegible]		1.005	7
2	111	11.642	2	1.077	6
3	452	2.075	3	.731	11
4	142	7.338	1	.068	6
5	330	3.115		.856	8
6	32	8.812		.234	3
7	355	12.898	1	3.815	19
8	1836	6.737	25	9.465	54
9	212	8.231		.570	5
10	122	7.893		.802	7
11	577	8.643	1	4.158	22
12	1703	5.017	1	7.119	41
13	102	6.274		.533	4
14	112	9.022		.965	7

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.542	247	2.636	10	
2	.851	322	2.654	47	
3	.793	313	3.041		
4	.756	287	3.163	17	
5	.566	272	2.400		
6	.376	192	2.354		
7	.878	370	2.833	20	
8	.841	360	2.705	94	
9	.801	324	3.043		
10	.721	330	2.624	146	
11	.659	273	2.897		
12	.618	231	3.212	63	
13	.559	195	3.441	52	
14	.457	190	2.889		
15	.344	150	2.759		
16	.596	246	2.910	131	
17	.409	166	2.957		
18	.954	582	1.969	127	
19	.970	358	3.254	162	
20	.943	401	2.822	15	
21	.833	443	2.528	100	
22	.913	399	2.746		191
23	.896	418	2.574	70	
24	.900	335	3.226	122	
25	.889	344	3.101	43	
26	.858	356	2.893	57	
27	.816	374	2.620	125	
28	.814	342	2.856	23	
29	.774	351	2.649	84	
30	.747	275	3.261	105	
31	.656	249	3.177	187	
32	.515	134	3.364		
33	.416	185	2.225		
34	.247	94	3.159		
35	.170	47	4.361		149
36	.090	36	3.027		
37	.063	15	5.066		
38	.037	12	3.750		
39	.027	17	1.941		
40	.062	11	8.818		
41	.070	10	8.600		
42	.072	15	6.333		
43	.054	8	9.250		
44	.035	11	3.909		
45	.020	3	8.000		
46	.014	4	4.500		

	WARTOŚĆ		WARTOŚĆ		WARTOŚĆ		WARTOŚĆ		WARTOŚĆ
1	24	2	33	3	210	4	13	5	13
6	74	7	263	8	38	9	90	10	535
11	35	12	44	13	20	14	65	15	99
16	45	17	71	18	549	19	50	20	65
21	46	22	47	23	494	24	42	25	34
26	61	27	416	28	30	29	113	30	904
31	27	32	98	33	58	34	46	35	149
36	42	37	44	38	942	39	35	40	72
41	9	42	10	43	55	44	9	45	6
46	17	47	67	48	15	49	20	50	156
51	18	52	21	53	11	54	9	55	38
56	10	57	7	58	129	59	15	60	14
61	27	62	42	63	211	64	13	65	19
66	75	67	218	68	33	69	110	70	558
71	24	72	44	73	39	74	66	75	69
76	47	77	24	78	556	79	59	80	66
81	76	82	71	83	474	84	44	85	50
86	106	87	445	88	95	89	710	90	1105
91	40	92	37	93	83	94	98	95	240
96	78	97	57	98	1158	99	101	100	96
101	10	102	13	103	74	104	11	105	12
106	19	107	98	108	15	109	32	110	209
111	10	112	21	113	16	114	11	115	41
116	13	117	9	118	130	119	17	120	15
121	577	122	215	123	1676	124	197	125	239
126	920	127	1726	128	225	129	2798	130	8703
131	227	132	259	133	537	134	772	135	2253
136	954	137	691	138	7336	139	587	140	1005
141	1277	142	1120	143	3723	144	441	145	734
146	1329	147	3643	148	378	149	3726	150	14114
151	410	152	764	153	1261	154	1317	155	3834
156	1370	157	732	158	12955	159	972	160	1192
161	30	162	35	163	212	164	50	165	45
166	99	167	219	168	48	169	96	170	580
171	58	172	59	173	83	174	23	175	111
176	67	177	40	178	508	179	42	180	45
181	808	182	804	183	995	184	1000	185	1000
186	986	187	1000	188	1000	189	345	190	958
191	1000	192	1000	193	1000	194	1000	195	909
196	914	197	911	198	937	199	1000	200	974
201	605	202	661	203	957	204	954	205	673
206	764	207	984	208	956	209	581	210	738
211	904	212	958	213	638	214	673	215	648
216	508	217	771	218	827	219	841	220	750
221	800	222	769	223	878	224	918	225	500
226	894	227	887	228	1000	229	625	230	744
231	1000	232	1000	233	607	234	813	235	632
236	555	237	777	238	716	239	882	240	933
241	21370	242	19404	243	7953	244	12845	245	12578
246	12266	247	7917	248	6813	249	25436	250	15534
251	9458	252	5826	253	21965	254	11803	255	22830
256	20297	257	20329	258	13014	259	9849	260	15227
261	16802	262	15774	263	7384	264	10022	265	14679
266	12837	267	8196	268	9242	269	17742	270	11910
271	10250	272	7876	273	15102	274	13436	275	15777
276	17673	277	12942	278	11394	279	9633	280	12416
281	3080	282	2632	283	2864	284	4545	285	4033
286	3105	287	2737	288	3199	289	2697	290	2722
291	5299	292	2200	293	6187	294	2090	295	3707
296	3722	297	4444	298	2827	299	2470	300	2866
301	200	302	100	303	300	304	240	305	360
306	700	307	200	308	400	309	500	310	600
311	300	312	300	313	350	314	900	315	300
316	240	317	300	318	300	319	300	320	400
321	101	322	101	323	907	324	205	325	907
326	1700	327	302	328	1213	329	1730	330	214
331	302	332	1213	333	206	334	216	400	1200

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 1 WERSJA 9

ZAŁĄCZNIK NR 13

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	89	0.122	1	.676	6
2	20	20.300	14	1.566	14
3	2238	13.136	31	29.897	55
4	116	9.347	1	.910	8
5	2020	14.443	17	24.347	52
6	52	5.430		.237	2
7	346	14.324	3	4.303	20
8	1087	7.720	11	10.315	42
9	263	4.771		1.045	9
10	103	8.174	2	.701	7
11	507	9.560	7	4.039	23
12	2291	7.940	4	15.159	53
13	121	7.644		.770	5
14	107	9.672		.862	8

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.446	219	2.458	32	
2	.827	395	2.579		
3	.769	333	3.295	221	
4	.711	250	3.415	40	
5	.549	508	2.142		
6	.353	153	2.771	230	
7	.974	567	2.063	115	
8	.964	404	2.066	107	
9	.933	400	2.359	179	
10	.935	450	2.495	38	
11	.939	384	2.914	104	
12	.936	405	2.745	108	
13	.917	330	2.807	249	
14	.902	369	2.934	68	
15	.895	366	2.937	230	
16	.653	248	3.226	226	
17	.434	195	2.758		
18	.882	543	2.151	234	
19	.967	427	2.718	214	
20	.950	406	2.934	9	
21	.960	412	2.799		125
22	.944	386	2.835		170
23	.947	278	3.007	160	
24	.924	412	2.691		246
25	.918	386	2.854	48	
26	.903	389	2.736	222	
27	.885	389	2.732	92	
28	.860	367	2.844	104	
29	.845	325	3.026	174	
30	.750	291	3.006		
31	.639	235	3.263		
32	.545	204	3.210		
33	.391	149	3.154		
34	.265	104	3.067		
35	.197	63	3.761		
36	.130	37	4.540		
37	.061	22	3.363		
38	.084	19	5.368		
39	.006	23	5.043		
40	.063	16	5.125		
41	.070	13	6.538		
42	.055	14	4.786		
43	.030	8	4.625		
44	.054	11	5.909		
45	.019	6	4.000		
46	.031	8	4.750		167

	WARTOŚĆ		WARTOŚĆ		WARTOŚĆ		WARTOŚĆ		WARTOŚĆ
1	35	2	30	3	444	4	10	5	3
6	59	7	480	8	21	9	76	10	506
11	27	12	45	13	39	14	50	15	70
16	33	17	24	18	595	19	55	20	94
21	51	22	38	23	645	24	26	25	13
26	87	27	540	28	103	29	117	30	915
31	26	32	102	33	48	34	81	35	144
36	77	37	15	38	976	39	98	40	33
41	6	42	5	43	123	44	7	45	2
46	17	47	110	48	10	49	27	50	120
51	8	52	7	53	10	54	22	55	31
56	6	57	5	58	144	59	15	60	15
61	20	62	30	63	552	64	27	65	22
66	50	67	506	68	51	69	97	70	522
71	20	72	45	73	41	74	50	75	92
76	39	77	26	78	635	79	98	80	57
81	71	82	37	83	1150	84	49	85	57
86	110	87	1154	88	112	89	207	90	1247
91	40	92	105	93	73	94	105	95	219
96	96	97	40	98	1252	99	112	100	170
101	14	102	7	103	170	104	9	105	7
106	21	107	205	108	18	109	41	110	204
111	18	112	7	113	13	114	27	115	49
116	8	117	9	118	224	119	18	120	31
121	562	122	541	123	16639	124	1110	125	1230
126	642	127	13475	128	474	129	2954	130	11027
131	592	132	260	133	320	134	655	135	2320
136	980	137	634	138	12748	139	615	140	852
141	836	142	827	143	20821	144	810	145	1234
146	1244	147	21280	148	966	149	4002	150	16776
151	626	152	691	153	1169	154	1197	155	2627
156	1691	157	795	158	18451	159	1320	160	1349
161	37	162	10	163	497	164	44	165	27
166	59	167	510	168	56	169	110	170	540
171	55	172	33	173	66	174	75	175	132
176	36	177	29	178	615	179	53	180	54
181	892	182	906	183	804	184	866	185	362
186	943	187	308	188	1000	189	785	190	948
191	964	192	1000	193	951	194	1000	195	350
196	868	197	925	198	937	199	1000	200	947
201	718	202	621	203	472	204	541	205	332
206	776	207	469	208	919	209	565	210	722
211	649	212	980	213	630	214	771	215	698
216	593	217	375	218	721	219	785	220	774
221	642	222	714	223	654	224	777	225	235
226	800	227	575	228	1000	229	658	230	527
231	692	232	1000	233	769	234	814	235	652
236	750	237	555	238	642	239	933	240	714
241	20071	242	18033	243	30145	244	41607	245	58101
246	15886	247	30998	248	2094	249	30453	250	19175
251	31142	252	8109	253	29317	254	13009	255	25869
256	25265	257	24534	258	20072	259	11603	260	14947
261	12619	262	14508	263	18192	264	17062	265	22526
266	11107	267	10397	268	8625	269	19233	270	13239
271	15643	272	6580	273	16013	274	11399	275	14244
276	17302	277	19375	278	13647	279	11785	280	11216
281	2642	282	2571	283	2643	284	4008	285	3057
286	2809	287	3526	288	3111	289	2682	290	2696
291	4230	292	3205	293	3076	294	2777	295	2693
296	4500	297	4033	298	2745	299	3044	300	3571
301	200	302	100	303	300	304	340	305	360
306	700	307	200	308	400	309	500	310	600
311	320	312	200	313	350	314	800	315	200
316	340	317	320	318	300	319	200	320	400
321	101	322	101	331	207	335	205	330	907
340	1750	341	342	342	1213	347	1730	352	214
355	362	363	1218	373	285	380	224	400	1200

ZAŁACZNIK NR 14

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 1 WERSJA 10

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIETNY CZAS ZAJETOSCI PRZEZ 1 ZADANIE	BIEŻACA ZAWARTOŚĆ	PRZECIETNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	159		3	1.726	9
2	144	12.027	2	1.463	8
3	135	2.237	1	.251	7
4	152	7.901	3	1.007	8
5	60	3.366		.193	3
6	34	5.117		.144	2
7	2088	29.738	51	51.731	100
8	1885	7.731	9	12.223	36
9	362	5.055	3	1.524	9
10	95	5.905		.467	4
11	2190	27.829	69	50.789	90
12	2023	6.272	10	10.574	47
13	132	10.386		1.142	9
14	77	7.909		.507	5

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIETNY CZAS ZAJETOSCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJACEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJACEGO /USZKODZENIA/
1	.614	261	2.827	284	
2	.958	676	1.701	187	
3	.949	397	2.871	110	
4	.921	413	2.677	273	
5	.630	251	3.015	178	
6	.446	188	2.851	204	
7	.737	310	2.854	103	
8	.632	242	3.123	251	
9	.514	191	3.230	148	
10	.403	150	3.226	61	
11	.244	99	2.969	132	
12	.146	62	2.838	62	
13	.115	38	3.657		
14	.079	20	4.750		
15	.044	18	3.000		
16	.568	259	2.633		
17	.321	155	2.490		
18	.959	575	2.001		
19	.963	404	2.861	228	
20	.965	372	3.115	61	
21	.946	289	2.920	88	
22	.939	362	3.116		152
23	.933	369	3.035	210	
24	.909	421	2.593	244	
25	.909	365	2.989	73	
26	.882	393	2.694	280	
27	.873	329	3.185		
28	.863	357	2.901		
29	.854	336	2.050	202	
30	.706	301	2.817	148	
31	.629	245	3.081	251	
32	.438	199	2.643	123	
33	.361	145	2.993	19	
34	.200	97	2.484	183	
35	.172	47	4.404	111	
36	.102	32	3.843	62	
37	.048	16	3.625		
38	.044	16	3.312		
39	.078	17	5.529		
40	.036	12	3.666		
41	.044	11	4.818		
42	.071	12	7.166		
43	.043	7	7.428		
44	.028	12	2.833		
45	.029	8	4.500		
46	.043	6	8.666		

P	WARTOŚĆ	P	WARTOŚĆ	P	WARTOŚĆ	P	WARTOŚĆ	P	WARTOŚĆ
1	41	2	28	3	66	4	16	5	26
6	52	7	62	8	32	9	160	10	595
11	33	12	31	13	24	14	57	15	161
16	7	17	21	18	340	19	57	20	48
21	34	22	40	23	150	24	42	25	33
26	98	27	150	28	93	29	197	30	365
31	45	32	34	33	21	34	94	35	207
36	14	37	32	38	932	39	73	40	80
41	8	42	8	43	21	44	7	45	4
46	9	47	34	48	15	49	126	50	114
51	5	52	18	53	8	54	19	55	102
56	7	57	12	58	129	59	10	60	11
61	47	62	32	63	66	64	14	65	96
66	54	67	68	68	28	69	330	70	619
71	33	72	31	73	40	74	57	75	560
76	24	77	24	78	566	79	60	80	49
81	78	82	96	83	156	84	42	85	42
86	134	87	157	88	97	89	1217	90	1176
91	46	92	87	93	70	94	97	95	1115
96	72	97	46	98	1224	99	103	100	102
101	10	102	14	103	21	104	7	105	4
106	11	107	34	108	15	109	219	110	102
111	6	112	18	113	15	114	22	115	332
116	12	117	14	118	207	119	16	120	13
121	1039	122	340	123	433	124	162	125	413
126	772	127	511	128	339	129	32610	130	11633
131	329	132	351	133	1759	134	630	135	33473
136	1531	137	650	138	9746	139	947	140	526
141	1607	142	1712	143	1019	144	336	145	561
146	1640	147	1071	148	760	149	34487	150	15569
151	400	152	576	153	1569	154	941	155	29079
156	2000	157	673	158	15328	159	1523	160	939
161	29	162	44	163	64	164	34	165	30
166	31	167	165	163	41	169	567	170	492
171	34	172	56	173	64	174	60	175	475
176	42	177	67	178	528	179	41	180	33
181	872	182	375	183	1000	184	1000	185	961
186	962	187	1000	188	1000	189	206	190	951
191	1000	192	1000	193	509	194	1000	195	237
196	201	197	375	198	269	199	949	200	979
201	435	202	510	203	961	204	1000	205	735
206	731	207	968	208	958	209	161	210	755
211	978	212	965	213	299	214	865	215	135
216	104	217	695	218	761	219	708	220	872
221	799	222	571	223	1000	224	1000	225	1000
226	818	227	1000	228	1000	229	570	230	503
231	803	232	1000	233	533	234	963	235	502
236	582	237	957	238	420	239	625	240	946
241	22106	242	26250	243	6560	244	11571	245	16076
246	14206	247	7514	248	7605	249	60500	250	13703
251	9969	252	6882	253	43974	254	11052	255	59773
256	63791	257	27082	258	17219	259	13783	260	10734
261	20602	262	17033	263	6525	264	3000	265	13357
266	12233	267	6821	268	7535	269	28237	270	13239
271	3695	272	6620	273	22414	274	9701	275	26079
276	27777	277	14630	278	12522	279	14736	280	2196
281	2809	282	3142	283	3047	284	4852	285	5000
286	2018	287	3000	288	2733	289	2539	290	2562
291	5666	292	3111	293	4366	294	3000	295	2433
296	3500	297	4785	298	3350	299	2562	300	2033
301	200	302	100	303	300	304	340	305	360
306	700	307	200	308	400	309	500	310	600
311	320	312	500	313	550	314	300	315	300
316	340	317	320	318	300	319	200	320	400
321	101	322	101	321	207	325	205	330	207
331	1730	341	302	342	1218	347	1730	352	216
356	302	362	1218	370	205	380	216	400	1200

ZAŁACZNIK NR...15...

NUMER RELACJI					
i \ j	1	2	3	4	5
1		1	2	3	
2	4		5	6	7
3	8	9		10	11
4	12	13	14		15
5		16	17	18	

NUMER KOLEJKI	NUMER RELACJI	NUMER WĘZŁA
1	1,2,3	1
2	4	2
3	5,6,7,	2
4	8,9,	3
5	10	3
6	11	3
7	12,13,14,15	4
8	16,17,18	5

Zestawienie numerów kolejek,relacji i węzłów łączności , służące do odczytania wartości liczbowych badanych parametrów w wynikach badania symulacyjnego./Wariant 2/

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 2 WERSJA 1

ZAŁĄCZNIK NR 16

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	1242	20.531	19	21.249	42
2	148	22.891	2	2.023	11
3	269	2.446	2	.543	5
4	1108	9.445	23	8.721	26
5	57	4.175		.193	2
6	1631	5.909	12	8.032	39
7	439	2.396		.876	7
8	2079	3.880		6.722	29

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.939	455	2.476	156	
2	.922	351	2.156		27
3	.912	326	3.358	104	
4	.889	313	3.406	69	
5	.921	369	3.029	39	
6	.914	381	2.379	95	
7	.894	358	2.000	67	
8	.894	325	3.267	72	
9	.840	357	2.826	9	
10	.815	329	2.975	104	
11	.778	314	2.974	33	
12	.713	281	3.067	96	
13	.680	273	2.992	69	
14	.619	251	2.964		
15	.546	226	2.902		
16	.493	201	2.745		
17	.444	152	3.506		
18	.344	129	3.201		
19	.342	233	3.572	35	
20	.806	269	3.598	06	
21	.689	275	3.007	104	
22	.666	222	3.603	14	
23	.569	193	3.538		
24	.466	161	3.478		5
25	.344	103	3.833		55
26	.219	74	3.554		
27	.167	50	4.019		
28	.097	32	3.656		
29	.080	20	4.349		
30	.045	13	4.230		
31	.035	11	3.909		
32	.014	5	3.599		
33	.054	8	8.125		
34	.034	11	3.818		
35	.027	5	6.599		
36	.046	10	5.599		
37	.032	10	3.899		
38	.989	593	2.001	91	
39	.967	504	2.303	117	
40	.962	383	3.015	45	
41	.953	400	2.859		
42	.936	432	2.601		
43	.948	387	2.940	72	
44	.928	357	3.120	46	
45	.931	334	3.347	57	
46	.915	364	3.019		
47	.901	357	3.030	78	
48	.917	331	3.326	33	
49	.872	346	3.026	101	
50	.841	366	2.759	11	
51	.831	375	2.661	88	
52	.831	312	3.198		
53	.808	273	3.553	9	

NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC
1	10	2	111	3	18	4	14	5	65
6	18	7	68	8	152	9	90	10	59
11	551	12	20	13	19	14	48	15	61
16	80	17	569	18	55	21	20	22	87
23	9	24	24	25	156	26	35	27	188
28	177	29	149	30	112	31	959	32	27
33	45	34	94	35	101	36	135	37	967
38	88	41	14	42	88	43	10	44	11
45	22	46	4	47	26	48	86	49	26
50	14	51	184	52	18	53	10	54	18
55	22	56	26	57	196	58	19	61	32
62	234	63	38	64	35	65	65	66	18
67	68	68	216	69	90	70	59	71	562
72	31	73	19	74	48	75	61	76	80
77	574	78	56	81	70	82	459	83	68
84	73	85	158	86	39	87	159	88	430
89	169	90	119	91	1199	92	67	93	47
94	100	95	125	96	173	97	1139	98	110
101	14	102	89	103	10	104	11	105	22
106	4	107	26	108	86	109	26	110	14
111	134	112	19	113	10	114	18	115	22
116	26	117	196	118	19	121	1528	122	11691
123	1964	124	1363	125	433	126	205	127	1041
128	7844	129	793	130	416	131	3242	132	1166
133	168	134	296	135	389	136	1170	137	7230
138	904	141	1654	142	11567	143	1884	144	1961
145	1008	146	368	147	1705	148	8579	149	1514
150	921	151	10667	152	1332	153	424	154	719
155	1506	156	2344	157	12301	158	1390	161	40
162	470	163	77	164	33	165	64	166	19
167	134	168	435	169	78	170	40	171	566
172	132	173	50	174	49	175	121	176	123
177	593	178	96	181	562	182	474	183	473
184	399	185	1000	186	1000	187	1000	188	703
189	1000	190	1000	191	980	192	645	193	1000
194	1000	195	1000	196	1000	197	991	198	982
201	285	202	189	203	132	204	328	205	987
206	897	207	867	208	411	209	881	210	941
211	799	212	402	213	957	214	939	215	807
216	780	217	848	218	799	221	1000	222	938
223	1000	224	1000	225	1000	226	1000	227	1000
228	1000	229	1000	230	1000	231	1000	232	947
233	1000	234	1000	235	1000	236	1000	237	1000
238	1000	241	47750	242	49961	243	51684	244	53228
245	6661	246	11388	247	15308	248	25388	249	9811
250	7050	251	14665	252	37612	253	8842	254	6166
255	14573	256	14625	257	12595	258	16142	261	23628
262	25200	263	27705	264	26863	265	6379	266	9435
267	16723	268	19951	269	8958	270	7739	271	11398
272	19880	273	9021	274	7189	275	12047	276	13549
277	10799	278	12636	281	2357	282	5280	283	7699
284	3000	285	2909	286	4750	287	5153	288	5053
289	3000	290	2857	291	3076	292	6947	293	5000
294	2722	295	5500	296	4730	297	3025	298	5052
301	200	302	230	303	234	304	100	305	300
306	340	307	350	308	210	309	200	310	400
311	500	312	321	313	320	314	300	315	350
316	320	317	300	318	340	322	401	326	401
328	1405	332	1405	334	1919	335	1638	338	1919
343	1638	400	1200						

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 2 WERSJA 2

ZAŁĄCZNIK NR 17

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	765	10.171	16	6.484	21
2	118	21.025	3	2.067	17
3	292	2.873	1	.699	10
4	564	4.941		2.322	11
5	47	4.765		.186	4
6	1866	6.272	34	9.753	43
7	369	2.813		.864	10
8	2142	3.675	30	6.560	31

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.917	242	3.219	15	
2	.833	284	3.732	31	
3	.859	256	4.031	45	
4	.838	260	3.369	7	
5	.909	356	3.064	45	
6	.906	340	3.199	1	
7	.858	334	3.083	47	
8	.831	319	3.128		
9	.814	299	3.270		
10	.764	269	3.408	7	
11	.758	259	3.513		
12	.640	264	2.912	15	
13	.584	220	3.186		
14	.490	186	3.166		
15	.339	136	3.000		
16	.328	118	3.338		
17	.198	83	2.867		
18	.133	61	3.606		
19	.826	275	3.607	41	
20	.802	253	3.806	45	
21	.754	226	4.004	117	
22	.652	210	3.728		69
23	.538	202	3.198	39	
24	.437	146	3.595	62	
25	.331	102	3.901	7	95
26	.230	91	3.043	90	
27	.154	54	3.444		
28	.128	40	3.349		
29	.080	29	3.344		
30	.056	13	5.230		
31	.046	12	4.666		
32	.024	7	4.142		
33	.045	9	6.111		
34	.036	12	3.666		
35	.014	4	4.500		
36	.038	9	5.111		
37	.054	11	6.000		
38	.934	598	1.976		47
39	.975	443	2.643		119
40	.974	382	3.062	36	
41	.953	442	2.588	155	
42	.957	352	3.264	39	
43	.943	389	2.910	103	
44	.926	397	2.801	122	
45	.941	354	3.192	111	
46	.916	376	2.925	99	
47	.912	391	2.800	44	
48	.875	397	2.647	143	
49	.872	356	2.941	71	
50	.865	382	2.719	151	
51	.850	306	3.336	100	
52	.797	302	3.168		46
53	.739	324	2.925	113	

NR,	WARTOŚĆ	NR,	WARTOŚĆ	NR,	WARTOŚĆ	NR,	WARTOŚĆ	NR,	WARTOŚĆ
1	22	2	89	3	27	4	22	5	70
6	22	7	74	8	93	9	92	10	46
11	561	12	33	13	28	14	51	15	51
16	68	17	603	18	62	21	28	22	87
23	19	24	29	25	175	26	44	27	114
28	103	29	173	30	91	31	1021	32	38
33	40	34	100	35	86	36	114	37	1051
38	88	41	15	42	40	43	11	44	9
45	29	46	8	47	30	48	27	49	33
50	16	51	184	52	9	53	7	54	15
55	24	56	20	57	237	58	16	61	38
62	108	63	32	64	38	65	70	66	22
67	75	68	103	69	92	70	46	71	576
72	44	73	28	74	51	75	51	76	69
77	604	78	63	81	64	82	184	83	70
84	68	85	178	86	44	87	143	88	200
89	183	90	100	91	1298	92	73	93	42
94	103	95	102	96	151	97	1213	98	103
101	15	102	40	103	11	104	9	105	29
106	8	107	30	108	27	109	33	110	16
111	184	112	9	113	7	114	15	115	24
116	20	117	237	118	16	121	1106	122	3264
123	1201	124	1188	125	488	126	263	127	1135
128	2693	129	679	130	389	131	8500	132	1430
133	233	134	365	135	883	136	1126	137	6973
138	903	141	1213	142	3548	143	1547	144	1708
145	1193	146	393	147	1784	148	3573	149	1471
150	789	151	15951	152	1257	153	383	154	762
155	1196	156	1895	157	12430	158	1276	161	46
162	190	163	74	164	23	165	90	166	40
167	149	168	147	169	99	170	50	171	561
172	63	173	27	174	41	175	123	176	101
177	721	178	84	181	342	182	824	183	843
184	666	185	1000	186	1000	187	986	188	902
189	1000	190	1000	191	973	192	750	193	1000
194	1000	195	1000	196	985	197	998	198	984
201	437	202	472	203	271	204	426	205	993
206	1000	207	797	208	514	209	945	210	909
211	786	212	520	213	952	214	970	215	843
216	754	217	866	218	854	221	1000	222	1000
223	1000	224	1000	225	1000	226	1000	227	1000
228	1000	229	1000	230	1000	231	1000	232	1000
233	1000	234	1000	235	1000	236	1000	237	1000
239	1000	241	29105	242	30222	243	37531	244	36000
245	6971	246	11954	247	15799	248	26145	249	7380
250	8456	251	14756	252	32500	253	8321	254	7156
255	17313	256	16318	257	11544	258	14333	261	18953
262	19282	263	22099	264	25117	265	6702	266	9931
267	12475	268	17864	269	8033	270	7389	271	12238
272	17219	273	9238	274	7398	275	11725	276	12549
277	10247	278	12388	281	3066	282	4750	283	6727
284	2555	285	3103	286	5000	287	4966	288	5444
289	3000	290	3125	291	3048	292	7000	293	3857
294	2733	295	5125	296	5049	297	3042	298	5250
301	200	302	230	303	234	304	100	305	300
306	340	307	350	308	210	309	200	310	400
311	500	312	321	313	320	314	300	315	350
316	320	317	300	318	340	322	401	326	401
328	1405	332	1405	334	1919	335	1638	339	1919
343	1638	400	1200						

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 2 WERSJA 3

ZAŁĄCZNIK NR 18

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 PAD.	DŁUGA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	578	5.707		2.749	14
2	151	14.357	4	1.806	7
3	252	1.777		.373	5
4	311	4.257		1.103	9
5	23	5.782		.110	3
6	1630	7.168	1	9.736	41
7	392	2.209		.721	8
8	2144	3.976	2	7.104	33

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.839	319	3.382	107	
2	.834	283	3.540		
3	.784	269	3.501	136	
4	.765	237	3.877		
5	.887	343	3.104	56	
6	.875	335	3.100	30	
7	.835	306	3.277	113	
8	.815	289	3.387	73	
9	.775	263	3.539	136	
10	.697	267	3.134	144	
11	.662	243	3.271		
12	.577	206	3.364	12	
13	.464	167	3.341	83	
14	.403	155	3.122		
15	.317	120	3.174		
16	.239	83	3.457		
17	.204	61	4.016		
18	.152	43	4.255		
19	.842	298	3.392	56	
20	.794	269	3.546	148	
21	.734	245	3.595	44	
22	.633	223	3.408	61	
23	.579	186	3.741	57	
24	.511	153	4.013	46	
25	.382	138	3.326		
26	.274	86	3.825		
27	.121	55	2.654		
28	.101	28	4.357		
29	.086	17	6.117		
30	.034	10	4.099		
31	.034	10	4.199		
32	.011	4	3.500		
33	.026	8	4.000		
34	.031	11	3.454		
35	.014	5	3.599		
36	.052	8	7.875		
37	.029	10	3.500		
38	.978	632	1.857	73	
39	.977	474	2.474	55	
40	.961	437	2.640	135	
41	.954	376	3.045	139	
42	.958	365	3.150	1	
43	.942	365	3.098	67	
44	.934	402	2.791		
45	.914	375	2.927	108	
46	.912	370	2.959	113	
47	.838	320	3.331	26	
48	.863	336	3.083		
49	.868	335	3.110	12	
50	.841	343	2.944	144	
51	.807	363	2.669	36	
52	.801	290	3.317		18
53	.760	294	3.105		

NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC
1	42	2	54	3	30	4	32	5	100
6	26	7	62	8	59	9	57	10	33
11	596	12	38	13	21	14	49	15	58
16	93	17	586	18	52	21	66	22	96
23	43	24	47	25	148	26	55	27	121
29	81	29	176	30	86	31	366	32	38
33	48	34	112	35	104	36	144	37	1013
38	85	41	14	42	25	43	12	44	13
45	18	46	8	47	27	48	17	49	25
50	11	51	194	52	12	53	10	54	25
55	19	56	30	57	211	58	24	61	43
62	58	63	32	64	37	65	100	66	26
67	63	68	64	69	57	70	33	71	620
72	39	73	21	74	49	75	58	76	95
77	592	78	54	81	95	82	140	83	70
84	91	85	149	86	56	87	151	88	122
89	186	90	88	91	1110	92	80	93	48
94	113	95	130	96	183	97	1192	98	100
101	14	102	25	103	12	104	13	105	18
106	8	107	27	108	17	109	25	110	11
111	194	112	12	113	10	114	25	115	19
116	30	117	211	118	24	121	760	122	1335
123	789	124	926	125	587	126	246	127	869
128	1526	129	466	130	235	131	10256	132	740
133	202	134	315	135	968	136	1507	137	7696
138	1089	141	1303	142	2086	143	1207	144	1892
145	922	146	501	147	1886	148	1791	149	1410
150	555	151	13287	152	1507	153	399	154	630
155	1669	156	2247	157	12350	158	1215	161	46
162	127	163	82	164	39	165	45	166	35
167	122	168	94	169	74	170	34	171	582
172	91	173	51	174	73	175	100	176	147
177	644	178	126	181	976	182	931	183	937
184	864	185	1000	186	1000	187	984	188	921
189	1000	190	1000	191	961	192	974	193	1000
194	1000	195	1000	196	978	197	989	198	962
201	694	202	685	203	614	204	516	205	993
206	982	207	801	208	663	209	946	210	977
211	780	212	474	213	1000	214	991	215	799
216	786	217	849	218	349	221	1000	222	1000
223	1000	224	1000	225	1000	226	1000	227	1000
228	1000	229	1000	230	1000	231	1000	232	1000
233	1000	234	1000	235	1000	236	1000	237	1000
238	1000	241	17674	242	23017	243	24656	244	25027
245	5869	246	9461	247	13793	248	23843	249	8175
250	8636	251	16541	252	18674	253	9619	254	6429
255	16689	256	15863	257	13000	258	20166	261	13715
262	14899	263	17242	264	20791	265	6187	266	8946
267	12490	268	14680	269	7580	270	6306	271	11970
272	18837	273	8312	274	6017	275	12338	276	12273
277	10360	278	12149	281	3285	282	5079	283	6833
284	3000	285	2500	286	4375	287	4518	289	5529
289	2659	290	3090	291	3000	292	7583	293	5099
294	2919	295	5263	296	4399	297	3052	298	5250
301	200	302	230	303	234	304	100	305	300
306	340	307	350	308	210	309	200	310	400
311	500	312	321	313	320	314	300	315	350
316	320	317	300	318	340	322	401	326	401
328	1405	332	1405	334	1919	335	1638	338	1919
343	1638	400	1200						

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 2 WERSJA 4

ZAŁĄCZNIK NR 19

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	1240	19.700	22	19.440	37
2	156	21.166	3	2.751	9
3	158	1.867	2	.245	4
4	1076	11.530	3	10.332	30
5	42	5.761		.201	3
6	114	2.307		.266	6
7	334	2.464		.686	8
8	216	1.212		.213	5

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.924	409	2.713	49	
2	.911	314	3.484	10	
3	.829	319	3.344	54	
4	.870	302	3.460	19	
5	.919	393	2.806	97	
6	.902	367	2.950	69	
7	.883	388	2.731	85	
8	.874	358	2.930	49	
9	.846	319	3.194	19	
10	.780	320	2.839	72	
11	.753	283	3.194		
12	.670	297	2.710	12	
13	.636	241	3.170	82	
14	.581	209	3.339	122	
15	.463	178	3.157		
16	.444	157	3.401		
17	.310	124	3.008		
18	.234	95	2.957		
19	.824	288	2.437	108	
20	.784	254	3.704		
21	.708	237	3.586	106	
22	.622	208	3.591	49	
23	.491	169	3.491		
24	.424	125	4.071		
25	.320	94	4.095		105
26	.176	63	3.365		
27	.106	46	2.782		
28	.115	29	4.793		
29	.094	28	4.071		
30	.055	14	4.785		
31	.058	9	7.777		
32	.019	5	4.599		
33	.039	10	4.699		
34	.076	13	7.076		
35	.023	5	5.599		
36	.075	11	8.272		
37	.058	12	5.833		
38	.893	312	3.435	122	
39	.834	359	2.788	61	
40	.825	296	3.347	29	
41	.743	300	2.973		
42	.670	256	3.144		
43	.591	206	3.446		
44	.538	185	3.491		
45	.439	164	3.219	12	
46	.324	122	3.196		
47	.234	79	4.329		
48	.204	65	3.784		
49	.185	49	4.551		119
50	.094	25	4.559		
51	.052	21	3.000		
52	.050	15	4.066		44
53	.045	10	5.500		

NF,	WARTOSC	NF,	WARTOSC	NF,	WARTOSC	NF,	WARTOSC	NF,	WARTOSC
1	34	2	120	3	17	4	16	5	82
6	22	7	67	8	151	9	70	10	56
11	132	12	30	13	21	14	50	15	52
16	72	17	131	18	56	21	19	22	115
23	21	24	31	25	147	26	34	27	147
29	139	29	115	30	66	31	277	32	22
33	45	34	93	35	95	36	162	37	275
38	120	41	7	42	54	43	9	44	3
45	15	46	4	47	24	48	44	49	27
50	18	51	52	52	2	53	11	54	17
55	14	56	36	57	44	58	25	61	48
62	230	63	27	64	86	65	82	66	22
67	67	68	225	69	71	70	56	71	132
72	37	73	21	74	50	75	52	76	79
77	131	78	56	81	72	82	440	83	73
84	74	85	152	86	34	87	158	88	422
89	137	90	102	91	283	92	71	93	50
94	100	95	106	96	168	97	280	98	122
101	13	102	86	103	15	104	10	105	15
106	4	107	24	108	78	109	20	110	18
111	52	112	5	113	12	114	17	115	14
116	38	117	44	118	25	121	1740	122	10827
123	1827	124	1995	125	535	126	190	127	615
128	8654	129	750	130	491	131	1054	132	1256
133	108	134	320	135	468	136	668	137	816
138	533	141	1675	142	10445	143	1759	144	1773
145	1051	146	768	147	1458	148	9138	149	1350
150	769	151	2064	152	1472	153	510	154	637
155	971	156	1480	157	1797	158	1084	161	86
162	346	163	75	164	27	165	46	166	23
167	119	168	331	169	92	170	54	171	150
172	28	173	58	174	47	175	72	176	101
177	136	178	133	181	708	182	521	183	459
184	444	185	1000	186	1000	187	1000	188	671
189	985	190	1000	191	1000	192	810	193	1000
194	1000	195	1000	196	1000	197	1000	198	1000
201	260	202	261	203	287	204	418	205	967
206	1000	207	930	208	329	209	839	210	941
211	978	212	909	213	899	214	979	215	896
216	964	217	983	218	983	221	538	222	627
223	599	224	799	225	1000	226	1000	227	1000
228	564	229	931	230	1000	231	1000	232	399
233	916	234	1000	235	1000	236	947	237	1000
238	1000	241	36250	242	47073	243	40378	244	55416
245	6524	246	8636	247	9179	248	38462	249	10563
250	8767	251	7984	252	33045	253	9428	254	6299
255	9000	256	9150	257	6229	258	9517	261	22945
262	23738	263	24095	264	23950	265	6914	266	7832
267	9227	268	21654	269	9854	270	7532	271	7203
272	20732	273	10139	274	6369	275	9160	276	8809
277	6417	278	8835	281	2760	282	4023	283	5000
284	2699	285	3066	286	5750	287	4958	288	4243
289	3172	290	3000	291	3076	292	5592	293	4033
294	2764	295	5142	296	5026	297	3090	298	5319
301	200	302	230	303	234	304	100	305	300
306	340	307	350	308	210	309	300	310	400
311	500	312	321	313	320	314	300	315	350
316	320	317	300	318	340	322	401	326	401
327	1405	330	1405	334	1910	335	1638	338	1910
342	1638	400	1200						

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 2 WERSJA 5

ZAŁĄCZNIK NR 20

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	1245	10.336	20	20.061	30
2	122	14.406	1	1.476	7
3	212	2.155	1	.380	4
4	1145	11.753	7	11.214	28
5	38	7.236		.339	3
6	67	5.029		.380	3
7	336	1.583		.446	4
8	174	1.492		.317	3

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.054	231	3.007		
2	.019	335	3.733		
3	.010	267	4.003	45	
4	.034	305	3.470	06	
5	.021	269	3.007	72	
6	.012	219	3.432	67	
7	.003	330	2.212	3	
8	.081	376	3.148	13	
9	.048	262	2.812	65	
10	.024	288	3.434	25	
11	.080	291	3.254	06	
12	.074	290	3.321	45	
13	.010	245	3.481	92	
14	.020	253	3.980		
15	.036	215	3.274		
16	.096	188	3.148		
17	.017	140	3.578		
18	.031	116	3.431		
19	.043	277	3.653	14	
20	.073	259	3.583	70	
21	.009	230	3.698	27	
22	.024	201	3.726	25	
23	.007	177	3.440	111	
24	.093	135	3.406		47
25	.034	99	4.050		85
26	.033	69	4.057	60	
27	.010	45	3.155	79	
28	.004	30	3.399		
29	.004	22	4.045		
30	.006	15	4.533		
31	.007	8	4.125		
32	.005	6	7.166		
33	.008	7	4.857		
34	.002	12	8.250		
35	.005	6	5.166		
36	.002	9	4.333		
37	.004	11	7.090		
38	.069	303	3.445	79	
39	.033	275	3.592	67	
40	.044	275	3.247	14	
41	.009	259	3.329	21	
42	.021	224	3.330	27	
43	.009	194	3.195	3	
44	.064	145	3.013	107	
45	.007	107	3.336	81	
46	.009	59	4.050		
47	.002	44	4.159		
48	.006	35	3.657		
49	.003	21	5.047		
50	.000	12	7.083		
51	.002	13	3.000		
52	.004	10	4.099		
53	.003	8	3.500		

NR.	WARTOŚĆ	NR.	WARTOŚĆ	NR.	WARTOŚĆ	NR.	WARTOŚĆ	NR.	WARTOŚĆ
1	16	2	101	3	22	4	14	5	73
6	27	7	74	8	140	9	73	10	45
11	80	12	26	13	25	14	60	15	52
16	32	17	96	18	56	21	21	22	126
23	18	24	33	25	141	26	47	27	144
28	140	29	125	30	97	31	153	32	28
32	36	34	105	35	99	36	142	37	163
38	87	41	9	42	45	43	5	44	13
45	21	46	7	47	19	48	40	49	29
50	18	51	29	52	8	53	7	54	18
55	20	56	27	57	16	58	21	61	30
62	218	63	42	64	22	65	73	66	27
67	75	68	227	69	73	70	45	71	88
72	32	73	25	74	60	75	52	76	82
77	86	78	56	81	31	82	477	83	63
84	71	85	146	86	53	87	158	90	442
89	154	90	102	91	159	92	67	93	41
94	107	95	108	96	159	97	167	98	91
101	12	102	79	103	13	104	16	105	21
106	8	107	21	108	81	109	30	110	18
111	29	112	10	113	7	114	13	115	20
116	39	117	16	118	21	121	1467	122	11012
123	2041	124	813	125	536	126	257	127	956
128	8880	129	801	130	365	131	663	132	1052
133	278	134	400	135	498	136	755	137	596
138	498	141	1944	142	11034	143	1511	144	1517
145	1126	146	582	147	1610	148	10023	149	1730
150	716	151	1174	152	1296	153	434	154	664
155	1035	156	1459	157	1123	158	766	161	32
162	294	163	51	164	38	165	67	166	54
167	100	168	367	169	89	170	55	171	30
172	113	173	35	174	52	175	105	176	139
177	51	178	118	181	533	182	463	183	523
184	636	185	1000	186	1000	187	986	188	656
189	1000	190	1000	191	1000	192	812	193	1000
194	1000	195	1000	196	1000	197	1000	198	1000
201	259	202	264	203	285	204	464	205	985
206	886	207	911	208	316	209	811	210	950
211	962	212	417	213	878	214	981	215	916
216	937	217	976	218	956	221	750	222	569
223	804	224	812	225	1000	226	875	227	904
228	604	229	966	230	1000	231	1000	232	444
233	1000	234	1000	235	1000	236	931	237	1000
238	1000	241	48839	242	50513	243	48595	244	36054
245	7342	246	9518	247	11144	248	39158	249	10372
250	8111	251	7534	252	32875	253	11159	254	6656
255	9576	256	9207	257	6020	258	3892	261	24000
262	23132	263	23984	264	21366	265	7712	266	10603
267	10189	268	22676	269	11233	270	7010	271	7383
272	19343	273	10535	274	6205	275	9593	276	9176
277	6704	278	8417	281	2666	282	3721	283	3023
284	8275	285	3100	286	6750	287	4761	288	4530
289	2966	290	3055	291	2758	292	6555	293	5000
294	2883	295	5250	296	4703	297	3187	298	5619
301	200	302	230	303	234	304	100	305	330
306	340	307	250	308	210	309	200	310	400
311	500	312	321	313	320	314	300	315	350
316	320	317	300	318	340	322	401	326	401
329	1405	332	1405	334	1919	335	1628	338	1917
343	1638	400	1200						

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 2 WERSJA 6

ZAŁĄCZNIK NR 21

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIETNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	1259	20.366	18	21.916	41
2	129	23.310	1	2.570	12
3	560	2.648	5	1.267	9
4	1357	13.546	2	15.711	37
5	31	5.387		.142	2
6	1691	6.710	7	9.699	41
7	514	3.243	2	1.424	12
8	2153	5.480	29	10.085	48

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.949	457	2.431	168	148
2	.928	370	2.935	169	151
3	.917	279	3.849	104	
4	.836	299	3.468	118	
5	.941	442	2.493	202	
6	.944	374	2.954		132
7	.924	343	3.154	91	
8	.903	371	2.849	173	
9	.899	339	3.106	174	
10	.881	345	2.988	104	
11	.861	309	3.262	55	
12	.828	308	3.146	151	
13	.780	351	2.601		63
14	.751	307	2.863	118	
15	.768	268	3.354	170	
16	.676	274	2.886	168	
17	.610	248	2.879	194	
18	.517	229	2.646	49	
19	.852	280	3.564	160	
20	.818	252	3.801	88	
21	.740	231	3.748	91	
22	.679	226	3.517	62	
23	.571	195	3.430		
24	.496	152	3.822		
25	.392	127	3.614	72	
26	.248	89	3.269		
27	.200	57	4.122		
28	.127	44	3.386		
29	.100	27	4.370		
30	.065	15	5.133		
31	.026	13	2.384		
32	.039	5	9.199		
33	.015	7	3.285		
34	.070	13	6.384		
35	.011	4	3.250		
36	.045	11	4.818		
37	.034	10	4.000		
38	.981	602	1.906		96
39	.975	460	2.480	146	
40	.964	350	2.892	67	
41	.955	357	3.131	78	
42	.948	378	2.936	43	
43	.929	396	2.747	38	
44	.943	349	3.163	145	
45	.917	355	3.025	72	
46	.907	344	3.087	71	
47	.901	323	3.266	174	
48	.885	346	2.994		8
49	.834	308	3.360		36
50	.875	330	3.103	77	
51	.833	330	2.954	187	
52	.820	259	3.210	204	
53	.805	324	2.910	143	

NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC
1	26	2	107	3	9	4	17	5	139
6	27	7	88	8	125	9	127	10	39
11	541	12	24	13	17	14	49	15	57
16	81	17	527	18	52	21	19	22	39
23	15	24	32	25	292	26	36	27	112
28	100	29	201	30	81	31	942	32	30
33	43	34	94	35	76	36	119	37	950
38	94	41	15	42	99	43	9	44	6
45	44	46	9	47	29	48	85	49	54
50	22	51	207	52	11	53	10	54	11
55	18	56	23	57	174	59	19	61	45
62	235	63	26	64	34	65	139	66	27
67	89	68	237	69	127	70	39	71	564
72	40	73	18	74	49	75	57	76	83
77	539	78	53	81	65	82	460	83	83
84	71	85	298	86	37	87	145	88	470
89	268	90	87	91	1188	92	98	93	51
94	95	95	102	96	174	97	1165	98	121
101	15	102	99	103	9	104	6	105	44
106	9	107	29	108	86	109	54	110	22
111	207	112	12	113	10	114	11	115	19
116	23	117	174	118	19	121	2135	122	11627
123	1398	124	1689	125	1075	126	341	127	1541
128	10943	129	1772	130	274	131	9824	132	1567
133	271	134	344	135	880	136	1546	137	8324
138	957	141	1369	142	11795	143	2167	144	1904
145	2451	146	352	147	1909	148	11499	149	3009
150	595	151	14149	152	2117	153	541	154	596
155	1327	156	2610	157	13537	158	1529	161	44
162	513	163	63	164	16	165	124	166	41
167	151	168	451	169	177	170	69	171	632
172	94	173	45	174	33	175	99	176	117
177	531	178	94	181	514	182	438	183	363
184	481	185	1000	186	1000	187	987	188	502
189	1000	190	1000	191	961	192	599	193	1000
194	1000	195	1000	196	970	197	977	198	1000
201	369	202	211	203	181	204	413	205	940
206	967	207	760	208	226	209	760	210	915
211	780	212	355	213	875	214	987	215	712
216	690	217	813	218	739	221	1000	222	1000
223	1000	224	1000	225	1000	226	1000	227	1000
228	984	229	1000	230	1000	231	1000	232	909
233	1000	234	1000	235	941	236	1000	237	1000
238	1000	241	48942	242	50401	243	51954	244	51814
245	7585	246	12699	247	17155	248	46867	249	14816
250	7176	251	17199	252	41366	253	12294	254	7024
255	15903	256	19176	257	15573	258	16933	261	18695
262	25351	263	26590	264	27086	265	8155	266	9612
267	13401	268	24465	269	11178	270	6345	271	12180
272	21342	273	9849	274	6294	275	13758	276	14928
277	11825	278	13427	281	2923	282	5129	283	6714
284	2666	285	2714	286	4500	287	5238	288	5343
289	3365	290	3149	291	3053	292	7909	293	4555
294	3000	295	5235	296	5105	297	3041	298	4720
301	200	302	230	303	234	304	100	305	300
306	340	307	350	308	210	309	200	310	400
311	500	312	321	313	320	314	300	315	350
316	320	317	300	318	340	322	401	326	401
328	1405	332	1405	334	1919	335	1638	338	1919
343	1638	400	1170						

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 2 WERSJA 7

ZAŁĄCZNIK NR 22

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	1258	20.945	11	21.959	48
2	126	16.182	2	1.699	5
3	279	3.175		.733	3
4	1043	13.149	6	11.429	30
5	37	5.540		.170	2
6	1738	5.685	2	8.234	39
7	393	2.287		.749	6
8	2125	4.178		7.399	33

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.942	440	2.570	126	
2	.926	321	3.464	75	
3	.889	332	3.216	82	
4	.877	289	3.643	17	
5	.910	413	2.646	177	
6	.889	352	3.034	11	
7	.865	350	2.968	51	
8	.856	359	2.863	127	
9	.827	331	3.000	82	
10	.806	303	3.194	118	
11	.743	280	3.185	17	
12	.698	283	2.961		
13	.622	232	3.219	75	
14	.576	212	3.264		
15	.528	182	3.483	86	
16	.458	163	3.374		
17	.337	135	3.000	158	
18	.304	106	3.452		
19	.828	277	3.588	59	
20	.764	268	3.421	5	
21	.712	247	3.461	142	
22	.629	210	3.595	134	
23	.484	168	3.464	15	
24	.401	134	3.597	163	
25	.262	106	2.971		109
26	.173	58	3.586	123	
27	.079	29	3.275	115	
28	.068	19	4.315	155	
29	.069	21	4.000		
30	.044	9	5.888		
31	.044	11	4.818		
32	.029	5	7.199		
33	.028	8	4.250		
34	.029	12	2.916		
35	.045	5	11.000		
36	.035	9	4.777		
37	.034	9	4.666		
38	.989	600	1.978		11
39	.971	492	2.369		174
40	.967	417	2.784	32	
41	.958	415	2.771	4	
42	.947	362	3.140	57	
43	.944	376	3.013	68	
44	.943	388	2.917	59	
45	.918	371	2.970	142	
46	.931	317	3.526		
47	.904	367	2.956	21	
48	.893	391	2.741	94	
49	.903	312	3.474	146	
50	.854	369	2.780	111	
51	.838	373	2.697	158	
52	.813	320	3.049		137
53	.775	326	2.955	37	

NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC
1	19	2	102	3	12	4	31	5	36
6	25	7	76	8	170	9	52	10	33
11	556	12	33	13	13	14	43	15	45
16	70	17	600	18	52	21	17	22	120
23	15	24	21	25	79	26	43	27	100
28	133	29	81	30	90	31	1005	32	34
33	47	34	85	35	93	36	120	37	1045
38	78	41	10	42	74	43	19	44	11
45	18	46	3	47	34	48	64	49	22
50	8	51	210	52	9	53	8	54	13
55	22	56	34	57	195	58	22	61	34
62	236	63	32	64	41	65	36	66	25
67	77	68	256	69	52	70	33	71	569
72	40	73	13	74	48	75	45	76	74
77	607	78	53	81	68	82	487	83	77
84	57	85	84	86	47	87	133	88	428
89	89	90	95	91	1270	92	84	93	54
94	86	95	108	96	162	97	1202	98	100
101	10	102	75	103	19	104	11	105	18
106	3	107	34	108	64	109	22	110	9
111	210	112	9	113	8	114	13	115	22
116	34	117	195	118	22	121	1523	122	12464
123	1792	124	1268	125	242	126	250	127	1404
128	10196	129	506	130	289	131	8109	132	1138
133	123	134	288	135	506	136	1362	137	8235
138	802	141	1683	142	11835	143	2021	144	1282
145	619	146	465	147	1758	148	9744	149	714
150	634	151	14827	152	1508	153	551	154	552
155	1227	156	2287	157	12413	158	1218	161	32
162	384	163	140	164	35	165	55	166	15
167	173	168	321	169	64	170	20	171	639
172	63	173	37	174	34	175	113	176	173
177	581	178	121	181	558	182	432	183	375
184	756	185	1000	186	1000	187	987	188	664
189	1000	190	1000	191	977	192	824	193	1000
194	1000	195	1000	196	945	197	988	198	931
201	250	202	246	203	194	204	368	205	940
206	914	207	751	208	310	209	910	210	947
211	791	212	404	213	870	214	988	215	861
216	740	217	869	218	779	221	1000	222	986
223	1000	224	1000	225	1000	226	1000	227	1000
228	1000	229	1000	230	1000	231	1000	232	1000
233	1000	234	1000	235	1000	236	1000	237	1000
238	1000	241	44794	242	52813	243	56000	244	30926
245	6722	246	10000	247	18233	248	39928	249	9730
250	8757	251	14251	252	23449	253	9461	254	6000
255	11244	256	18405	257	13366	258	15132	261	24750
262	24301	263	26246	264	22491	265	7369	266	9893
267	13218	268	22766	269	8022	270	6673	271	11674
272	17952	273	10203	274	6418	275	11361	276	14117
277	10326	278	12179	281	3199	282	5119	283	7368
284	3181	285	3055	286	5000	287	5098	288	5015
289	2909	290	2500	291	3042	292	7000	293	4625
294	2615	295	5136	296	5083	297	2979	298	5500
301	200	302	230	303	234	304	100	305	300
306	340	307	350	308	210	309	200	310	400
311	500	312	321	313	320	314	300	315	350
316	320	317	300	318	340	322	401	326	401
328	1405	332	1405	334	1919	335	1633	333	1919
343	1638	400	1200						

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 2 WERSJA 8

ZAŁĄCZNIK NR 23

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	700	10.330	1	6.006	22
2	117	16.179	1	1.577	10
3	713	2.533		1.409	16
4	910	3.639		2.759	24
5	22	5.609		.107	2
6	1772	6.049	2	8.963	30
7	413	2.571		.084	7
8	2113	3.538		6.230	30

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.898	339	3.185	85	
2	.859	396	3.372		
3	.839	264	3.818	8	
4	.804	262	3.683	112	
5	.845	403	2.816	127	
6	.934	382	2.934	132	
7	.922	365	3.032	136	
8	.912	327	3.348	32	
9	.891	346	3.092	149	
10	.857	366	2.811	112	
11	.858	315	3.269	152	
12	.803	329	2.948	155	
13	.784	296	3.179	8	
14	.729	284	3.084	165	
15	.692	278	2.939	83	
16	.652	260	3.011	141	
17	.587	227	3.105	60	
18	.536	212	3.037	85	
19	.835	294	3.411	38	
20	.788	266	3.556	139	
21	.752	227	3.977		
22	.655	212	3.712		19
23	.542	204	3.191	136	
24	.437	155	3.387	161	
25	.314	116	3.258		
26	.229	65	4.230	90	
27	.129	43	3.604	158	
28	.128	33	4.666		
29	.061	22	3.363		
30	.041	11	4.545		
31	.029	10	3.599		
32	.007	4	2.250		
33	.024	9	3.222		
34	.069	12	6.916		
35	.019	5	4.599		
36	.031	9	4.222		
37	.043	11	4.727		
38	.974	537	1.991	84	
39	.972	373	3.128	25	
40	.958	380	3.026	158	
41	.963	373	3.099	114	
42	.960	380	3.034	39	
43	.944	380	2.981	53	
44	.944	370	3.062	86	
45	.934	363	3.088	161	
46	.932	340	3.291	83	
47	.909	355	3.076	59	
48	.882	415	2.551	58	
49	.879	330	3.199	27	
50	.841	359	2.813		
51	.839	330	3.054		
52	.815	365	2.682		54
53	.785	296	3.185		

	WARTOSC		WARTOSC		WARTOSC		WARTOSC		WARTOSC
1	30	2	37	3	37	4	22	5	337
6	30	7	74	8	76	9	223	10	44
11	580	12	32	13	29	14	35	15	57
16	87	17	500	18	49	21	45	22	130
23	24	24	45	25	436	26	47	27	135
28	116	29	483	30	101	31	977	32	39
33	49	34	85	35	36	36	100	37	1075
38	21	41	17	42	21	43	8	44	5
45	69	46	4	47	12	48	21	49	79
50	18	51	156	52	10	53	7	54	17
55	7	56	15	57	150	59	11	61	37
62	108	63	37	64	31	65	237	66	30
67	74	68	35	69	228	70	44	71	608
72	39	73	29	74	35	75	57	76	38
77	582	78	50	81	79	82	214	83	49
84	78	85	464	86	46	87	169	88	107
89	513	90	108	91	1210	92	81	93	95
94	36	95	104	96	146	97	1210	98	103
101	15	102	43	103	11	104	7	105	79
106	4	107	10	108	30	109	91	110	10
111	226	112	13	113	9	114	17	115	13
116	23	117	200	111	17	121	1087	122	3432
123	1024	124	1094	125	1220	126	307	127	1102
128	2123	129	1942	130	226	131	9521	132	1054
133	352	134	262	135	722	136	1337	137	7222
138	736	141	1342	142	4130	143	1547	144	1473
145	3060	146	396	147	2076	148	3204	149	4203
150	810	151	14178	152	1525	153	576	154	502
155	1270	156	1095	157	12422	158	1332	161	44
162	140	163	58	164	10	165	231	166	14
167	87	168	138	169	282	170	58	171	620
172	81	173	46	174	49	175	53	176	33
177	556	178	72	181	810	182	805	183	228
184	709	185	1000	186	1000	187	1000	188	894
189	1000	190	1000	191	968	192	868	193	1000
194	1000	195	1000	196	938	197	996	198	979
201	569	202	467	203	352	204	551	205	939
206	994	207	788	208	588	209	941	210	926
211	807	212	481	213	890	214	988	215	826
216	746	217	808	218	842	221	866	222	488
223	727	224	714	225	871	226	1000	227	666
228	699	229	957	230	1000	231	734	232	769
233	777	234	1000	235	538	236	652	237	742
238	647	241	28378	242	31500	243	35782	244	35290
245	8101	246	10233	247	16121	248	24076	249	8708
250	5136	251	15459	252	33000	253	12137	254	7435
255	12666	256	15193	257	12408	258	15698	261	17075
262	19099	263	22750	264	18484	265	8318	266	8508
267	12204	268	16720	269	8302	270	7500	271	11676
272	10827	273	10472	274	6965	275	12298	276	13664
277	10966	278	11407	281	2093	282	3720	283	5272
284	2714	285	2961	286	3500	287	4833	288	4599
289	3089	290	3222	291	2743	292	6230	293	5111
294	3882	295	4401	296	4043	297	2752	298	4255
301	200	302	230	303	234	304	100	305	300
306	340	307	350	308	210	309	200	310	400
311	500	312	321	313	320	314	300	315	350
316	320	317	200	318	340	322	401	326	401
332	1405	332	1405	334	1919	335	1638	338	1919
343	1638	400	1200						

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 2 WERSJA 9

ZAŁĄCZNIK NR 24

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE I ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	726	11.187	4	6.861	22
2	114	12.719	2	1.207	6
3	2632	12.076	9	25.481	62
4	2467	13.221	13	35.125	67
5	43	6.279		.334	2
6	1623	4.055	7	5.484	30
7	491	2.782		1.138	11
8	2349	4.252	10	8.334	40

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.856	330	3.112	212	
2	.820	304	3.249	165	
3	.774	284	3.271	74	
4	.722	239	3.627	109	
5	.833	561	2.114	33	
6	.875	424	2.761	131	
7	.877	362	3.240	41	
8	.868	381	2.971	203	
9	.866	372	3.118	99	
10	.858	389	2.956	17	
11	.859	373	3.085	109	
12	.849	309	2.854	174	
13	.842	352	3.213	33	
14	.829	403	2.766	199	
15	.824	367	3.024	159	
16	.822	381	2.905	92	
17	.806	342	3.181	89	
18	.804	304	2.695	95	
19	.824	209	3.425	135	
20	.750	276	3.260		
21	.710	268	3.182	117	
22	.618	220	3.372	39	
23	.513	191	3.225	120	
24	.379	140	3.250		114
25	.314	100	3.769		204
26	.169	62	3.274		
27	.119	41	3.512		
28	.092	26	4.269		
29	.081	20	4.899		
30	.038	10	4.500		
31	.029	5	7.199		
32	.015	3	6.333		
33	.023	6	4.666		
34	.041	12	4.166		
35	.017	5	4.199		
36	.061	11	6.727		
37	.036	9	4.888		
38	.932	487	2.420	103	
39	.965	397	2.919	148	
40	.976	343	3.416	127	
41	.962	351	3.290	180	
42	.965	393	2.949	134	
43	.946	413	2.750	102	
44	.939	438	2.575	167	
45	.932	388	2.804	21	
46	.924	339	3.271	171	
47	.923	353	3.138	38	
48	.878	408	2.583	94	
49	.892	359	2.983	223	
50	.853	350	2.925	99	
51	.839	405	2.486	151	
52	.812	319	3.056	176	
53	.774	347	2.600	31	

NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC	NR,	WARTOSC
1	27	2	57	3	20	4	30	5	535
6	21	7	51	8	48	9	435	10	63
11	587	12	36	13	32	14	30	15	51
16	76	17	614	18	45	21	41	22	34
23	22	24	54	25	657	26	19	27	73
28	61	29	607	30	85	31	1051	32	23
33	34	34	89	35	99	36	101	37	1047
38	81	41	13	42	24	43	8	44	9
45	142	46	7	47	10	48	10	49	129
50	14	51	154	52	6	53	5	54	21
55	11	56	12	57	150	58	10	61	29
62	91	63	24	64	33	65	616	66	34
67	74	68	32	69	560	70	43	71	500
72	40	73	32	74	30	75	52	76	85
77	621	78	46	81	67	82	217	83	63
84	63	85	1222	86	31	87	163	88	109
89	1235	90	91	91	1177	92	84	93	47
94	93	95	107	96	173	97	1010	98	112
101	16	102	59	103	14	104	12	105	212
106	9	107	23	108	27	109	225	110	14
111	200	112	12	113	5	114	21	115	16
116	24	117	108	113	14	121	942	122	3878
123	915	124	830	125	16302	126	579	127	2809
128	3430	129	15242	130	359	131	7488	132	1060
133	432	134	269	135	695	136	2216	137	8235
138	616	141	1055	142	4541	143	1741	144	1231
145	21224	146	506	147	3014	148	4357	149	20529
150	713	151	11669	152	1725	153	679	154	652
155	1244	156	2648	157	12804	158	1533	161	46
162	160	163	69	164	34	165	569	166	44
167	32	168	83	169	564	170	42	171	541
172	65	173	26	174	65	175	73	176	90
177	553	178	63	181	931	182	626	183	833
184	909	185	868	186	875	187	680	188	585
189	866	190	1000	191	894	192	999	193	1000
194	1000	195	980	196	894	197	980	198	1000
201	611	202	587	203	249	204	650	205	537
206	612	207	434	208	206	209	564	210	934
211	892	212	333	213	723	214	946	215	831
216	583	217	865	218	723	221	912	222	615
223	428	224	692	225	669	226	773	227	434
228	370	229	573	230	1000	231	769	232	509
233	1000	234	1000	235	687	236	500	237	757
238	714	241	20834	242	42615	243	38125	244	25424
245	27422	246	24125	247	37950	248	41829	249	27217
250	8348	251	12691	252	27224	253	13500	254	6897
255	13365	256	26070	257	13341	258	13682	261	15746
262	20926	263	21285	264	15403	265	17369	266	16322
267	18490	268	21834	269	16622	270	7835	271	9914
272	20511	273	14446	274	7021	275	11526	276	16462
277	10581	278	13687	281	2875	282	4333	285	4928
284	2615	285	2683	286	4083	287	3565	288	3074
289	2506	290	3000	291	2704	292	5416	293	5199
294	3095	295	4552	296	3750	297	2792	298	4503
301	200	302	230	303	234	304	100	305	300
306	340	307	350	308	210	309	200	310	400
311	500	312	331	313	320	314	300	315	350
316	320	317	300	318	340	322	401	326	401
328	1405	332	1405	334	1919	335	1638	338	1919
342	1638	400	1200						

WYNIK EKSPERYMENTU SYMULACYJNEGO WARIANT 2 WERSJA 10

ZAŁĄCZNIK NR 25

NR KOLEJKI	LICZBA WEJŚĆ	PRZEC.CZAS POBYTU W KOLEJCE 1 ZAD.	BIEŻĄCA ZAWARTOŚĆ	PRZECIĘTNA ZAWARTOŚĆ	MAX. ZAWARTOŚĆ
1	2486	30.032	34	62.294	125
2	172	25.622	4	3.672	11
3	402	3.027		1.014	9
4	2417	24.747	37	48.345	87
5	33	3.666		.119	2
6	1627	5.347	1	7.294	31
7	479	2.764		1.103	13
8	2182	4.024	1	7.317	43

NR KANAŁU	WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA	LICZBA WEJŚĆ	PRZECIĘTNY CZAS ZAJĘTOŚCI PRZEZ 1 ZADANIE	NUMER ZADANIA ZAJMUJĄCEGO	NUMER ZADANIA POZOSTAJĄCEGO /USZKODZENIA/
1	.974	494	2.366	133	
2	.960	363	3.176	3	
3	.951	300	3.806	44	
4	.933	344	3.255	245	
5	.951	425	2.687	44	
6	.934	400	2.804	153	
7	.924	388	2.858	177	
8	.909	404	2.700	133	
9	.913	377	2.907		
10	.879	345	3.057	260	
11	.879	335	3.152	92	
12	.830	362	2.754	193	
13	.794	351	2.717	271	
14	.774	325	2.861		
15	.702	284	2.968	3	
16	.654	290	2.710		
17	.625	268	2.798		
18	.584	228	3.074	196	
19	.864	267	3.883	249	
20	.820	278	3.543	200	
21	.751	281	3.209	204	
22	.662	230	3.456	242	
23	.529	196	3.244	125	
24	.458	145	3.793	115	
25	.327	107	3.672	256	
26	.224	70	3.842		
27	.200	48	5.020		
28	.088	31	3.419		158
29	.084	23	4.391		
30	.036	12	3.666		
31	.088	12	8.833		
32	.039	5	9.399		
33	.027	9	3.666		
34	.058	12	5.833		
35	.013	6	2.666		
36	.042	8	6.375		
37	.018	10	2.199		
38	.980	535	2.199	43	
39	.975	358	3.270	61	
40	.957	390	2.946	135	
41	.960	387	2.979	94	
42	.951	373	3.061	240	
43	.940	371	3.043	97	
44	.931	394	2.837	42	
45	.927	399	2.789	187	
46	.905	421	2.581	83	
47	.907	349	3.120	55	
48	.898	327	3.296	118	
49	.866	388	2.680	157	
50	.853	322	3.193	204	
51	.849	341	2.988	153	
52	.818	297	3.396		128
53	.774	326	2.852	8	

NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC	NR.	WARTOSC
1	10	2	136	3	5	4	15	5	70
6	35	7	69	8	168	9	68	10	60
11	582	12	17	13	22	14	57	15	60
16	79	17	622	18	57	21	13	22	138
23	12	24	22	25	150	26	43	27	106
28	161	29	99	30	86	31	1001	32	24
33	43	34	97	35	102	36	119	37	1062
39	96	41	4	42	96	43	1	44	4
45	24	46	7	47	13	48	92	49	33
50	32	51	137	52	6	53	7	54	18
55	11	56	19	57	145	58	8	61	27
62	560	63	35	64	38	65	70	66	25
67	70	68	578	69	75	70	50	71	589
72	25	73	22	74	57	75	59	76	81
77	625	78	58	81	64	82	1253	83	69
84	36	85	160	86	56	87	134	88	1197
89	141	90	39	91	1207	92	85	93	49
94	101	95	120	96	158	97	1229	98	114
101	8	102	211	103	14	104	9	105	29
106	8	107	25	108	221	109	35	110	22
111	195	112	10	113	7	114	18	115	15
116	29	117	206	118	13	121	1696	122	26169
123	2350	124	2241	125	596	126	328	127	1222
128	34740	129	1645	130	378	131	9280	132	1010
133	254	134	343	135	799	136	1706	137	7025
138	916	141	1736	142	37663	143	2181	144	2622
145	1204	146	698	147	1679	148	33001	149	1704
150	682	151	12972	152	1831	153	574	154	807
155	1394	156	2203	157	12647	158	1394	161	17
162	763	163	39	164	20	165	80	166	37
167	106	168	885	169	100	170	69	171	527
172	68	173	33	174	51	175	79	176	115
177	545	178	42	181	370	182	242	183	142
184	394	185	1000	186	1000	187	985	188	282
189	906	190	1000	191	988	192	679	193	1000
194	1000	195	1000	196	962	197	905	198	932
201	202	202	110	203	173	204	255	205	937
206	857	207	791	208	134	209	782	210	966
211	829	212	282	213	377	214	960	215	849
216	758	217	864	218	842	221	500	222	464
223	71	224	444	225	827	226	875	227	565
228	416	229	842	230	1000	231	702	232	509
233	1000	234	1000	235	733	236	655	237	703
238	615	241	62777	242	64585	243	57142	244	58973
245	8514	246	13119	247	17457	248	60103	249	21933
250	7559	251	14071	252	40719	253	11545	254	6017
255	13542	256	21061	257	12509	258	15793	261	27125
262	30058	263	31608	264	30438	265	8087	266	12464
267	12522	268	27569	269	12723	270	7662	271	10743
272	21541	273	11714	274	7990	275	11616	276	13943
277	10290	278	12223	281	2125	282	3616	283	2795
284	2222	285	2750	286	4625	287	4608	288	4040
289	2857	290	3136	291	2702	292	6799	293	4714
294	2838	295	4666	296	4000	297	2645	298	3230
301	230	302	720	303	234	304	100	305	300
306	340	307	350	308	210	309	200	310	400
311	500	312	321	313	320	314	300	315	350
316	320	317	500	318	340	322	401	326	401
327	1405	332	1405	334	1919	335	1638	338	1919
342	1638	406	1800						

B I B L I O G R A F I A

1 BARANIUK W., WOROBIEW W.: Awtomatizirowannyje sistiemy uprawlienija sztabow i wojennych uczrieżdienij - Moskwa 1974 r.

2 BARCZAK A. : Analiza procesów informacyjnych realizowanych w polowym zautomatyzowanym podsystemie dowodzenia ogólnowojskowego związku taktycznego z zastosowaniem metody symulacji komputerowej. Rozprawa doktorska ASG WP,1976r.

3 BARTON F.R.: Wprowadzenie do symulacji i gier. WNT, Warszawa, 1974 r.

4 BENJAMIN J.R., CORNELL C.A.: Rachunek prawdopodobieństwa, statystyka matematyczna i teoria decyzji dla inżynierów. WNT, Warszawa, 1977 r.

5 BENTKOWSKI T.: Zasady organizacji i prowadzenia operacji zaczepnej armii. Zbiór prac ASG WP, 2/51/, 1971 r.

6 BĘDKOWSKI J.L. i inni: Niezawodność i eksploatacja urządzeń radioelektronicznych WAT, 1970 r.

7 BIDZIŃSKI B.: Kierunki doskonalenie dowodzenia dywizją zmechanizowaną /pancerną/ w polu. Rozprawa habilitacyjna. ASG WP, 1975 r.

8 BURACZENKO D.Ł., ZAWARIN G.D., KOLEW N.J.:Obszczaja tieorja swjazi. Moskwa, 1976 r.

9 BUSLENKO N.P.: Słożnyje sistiemy i imitacjonnyje modeli. Kibiernietika 6/1976 .

10 CIECHANOWICZ M. i inni:Wybrane metody optymalizacji decyzji. MON, 1969 r.

11 CIECIURA M. i inni: Teoria informacji i kodowanie . WAT, 1975 r.

12 DAVYDOW G.B., ROGIŃSKI W.N.: Problemy postrojenia sieti swjazi. Informacjonnyje sieti i komutacja. Nauka, Moskwa, 1968 r.

13 DIACZENKO W.F.,ŁAZARIEW W.G.: Sterowanie sieci telekomunikacyjnych. WKiŁ, Warszawa 1970 r.

14 Doświadczenia i wnioski z ćwiczenia "LATO-74". MW,MON, 1974 r.

15 EVANS G.W.,WALLACE G.F.,SUTHERLAND G.L.: Symulacja na maszynach cyfrowych. WNT, Warszawa, 1973 r.

16 FORD L.R., FULKERSON D.R.: Przepływy w sieciach. PWN, Warszawa, 1969 r.

17 GASS S.I.: Programowanie liniowe. PWN,Warszawa, 1976 r.

18 GEDYMIN O.: Metody optymalizacji w planowaniu sieciowym. PWN, Warszawa 1974 r.

19 GNIEDNIENKO B.W., KOWALENKO J.N.: Wstęp do teorii masowej obsługi.PWN, Warszawa 1971 r.

20 GOŁAB Z, KOŁCZ St.: Współczesne dowodzenie wojskami. MON, Warszawa, 1974 r.

21 GORDON G.: Symulacja systemów, WNT, Warszawa,1974 r.

22 GOZDECKI Cz. i inni: Programowanie matematyczne i ekonometria w wojsku. MON,Warszawa,1974 r.

23 GREŃ J.: Gry statystyczne i ich zastosowanie.PWE, Warszawa, 1972 r.

24 HELWIC Z.: Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. PWN,Warszawa, 1970 r.

25 HERNIK St., PRAŻNOWSKI M.,RUTKOWSKI J.: Technika i eksploatacja linii radiowych. WKiŁ, Warszawa, 1967 r.

26 HURAS A.: Prognoza problemowa rozwoju techniki wojskowej do 1995 /2005/ w zakresie "Wozów dowodzenia i wyposażenia punktów dowodzenia". WIŁ, 1977 r.

27 Instrukcja zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń elektronicznych w czasie wspólnych działań wojsk wchodzących w skład ZSZ. MON, 1977 r.

28 IWANOW D.D., SAWIELIEW W.P.,SZEMAŃSKI P.W.: Zasady dowodzenia wojskami. MON, Warszawa 1973 r.

29 Jedinyje obszczije takticzesko-techniczeskije triebowanije k podwiżnym uzłam swjazi.Moskwa 1976 r.

30 Jednolite taktyczno-techniczne wymagania na polowy zautomatyzowany system dowodzenia wojskami frontu Moskwa 1973 r.

31 Jednolity system łączności polowego zautomatyzowanego systemu dowodzenia wojskami.MON 1971 r.

32 KIERZKOWSKI Z. Elementy informatyki.Technika.Metody zastosowania.PWN, Warszawa,Poznań,1976 r.

33 KLESZCZ B. i inni: Prognoza programowa rozwoju techniki wojskowej do 1995 /2005/ r.w zakresie "Polowych węzłów łączności". WIŁ 1977 r.

34 KLINEROCK L.: Komunikacjonnyje sjeti,stochasticzeskije potoki i zadierżki soobszczenii. Nauka, Moskwa 1970 r.

35 KLIMEK Z.: Prognoza problemowa rozwoju techniki wojskowej do 1995 /2005/ r. w zakresie "Wymagań systemowych stawianych środkom systemów łączności i automatyzacji dowodzenia". WIŁ 1977 r.

36 KONDRATOWICZ L. : Modelowanie symulacyjne systemów WNT Warszawa 1978 r.

37 KONIECZNY J.: Sterowanie eksploatacją urządzeń. PWN, Warszawa 1975 r.

38 KOWALCZYK Z.: Modelowanie sieci łączności.Rozprawa doktorska. WAT, 1972 r.

39 KOWALCZYK Z. i inni: Metody modelowania wojskowych sieci łączności z wykorzystaniem ETO. WAT,1974 r.

40 KOSTRZEWA A.: Niektóre zagadnienie teletransmisji i telekomutacji w wojskowych telekomunikacyjnych systemach perspektywicznych. WIŁ, 1973 r.

41 KULIKOWSKI R.: Sterowanie w wielkich systemach. WNT, Warszawa 1970 r.

42 LEWANDOWSKI St.: Wojna elektroniczna według poglądów zachodnich. ASG WP, 1975 r.

43 ŁOMANOW A.: Główne kierunki rozwoju systemów i sprzętu łączności. MON 1976 r..

44 MARTIN J.: Wprowadzenie do transmisji danych. WNT, Warszawa 1975 r.

45 MATLIN A.,MATLIN T.: Efektiwnost funkcjonirowania sistiem proiwodstwiennoj swjazi.Elektroswjaz nr 12, Moskwa 1970 r.

46 MAZURKIEWICZ A. i inni: Problemy przetwarzania informacji. WNT, Warszawa,1974 r.

47 Metodyka prognozowania i oceny strat wojsk w czasie uderzeń jądrowych. MON 1977 r.

48 MITCHEL G.H. : Badania operacyjne.Metody i przykłady. WNT, Warszawa 1977 r.

49 MAJEWSKI Wł. i inni: Systemy sieci zintegrowanej. WNT, Warszawa 1978 r.

50 MÜLLER Y.:Wprowadzenie do nauki organizacji i badań operacyjnych. PWE, Warszawa 1971 r.

51 Niektóre aspekty systemów łączności.Biuletyn informacyjny. 1/119,MON 1975 r.

52 Niektóre dane dotyczące organizacji wojsk,pojęć oraz norm operacyjno-taktycznych. ASG WP,1976 r.

53 NOWICKI W.: Telekomunikacja współczesna. PWN,Warszawa 1968 r.

54 NOŻKO K.: Zagadnienie współczesnej sztuki wojennej. MON, Warszawa 1973 r.

55 NOŻKO K.: Założenie i zasady współczesnej sztuki operacyjnej. ASG WP 1977 r.

56 Ogólna metodologia usprawnienia procesów informacyjnych w systemie dowodzenia. MON, 1976 r.

57 Ogólne wymagania organizacyjno-operacyjno-funkcjonalne na polowy techniczny system dowodzenia /kierowania/ wojskami frontu. MON, 1975 r.

58 Omówienie ćwiczenia "TARCZA-76". MON 1976 r.

59 Organizacja i wyposażenie oddziałów i pododdziałów łączności armii. ASG WP 1976 r.

60 Organizacja łączności armii w podstawowych rodzajach operacji. ASG WP 1975 r.

61 ORŁOWSKI H.: Modelowanie cyfrowe. WNT, Warszawa 1975 r.

62 ORZECHOWSKI J.: Dowodzenie i sztaby. MON, Warszawa 1975 r.

63 OSZYWA W. i inni: Opracowanie i adaptacja wieloparametrowej optymalizacji struktury sieci telekomunikacyjnej za pomocą ETO. WAT 1972 r.

64 OSZYWA W. i inni: Metody optymalizacji struktury sieci łączności z alternatywnym kierowaniem ruchu. WAT 1973 r.

65 OWCZINNIKOW W.N.: Organizacja pieriedaczi informacji w awtomatizirowannych siestiemach uprawlienija. Eniergia, Moskwa 1974 r.

66 PACZKOWSKI E.: Prognoza problemowa rozwoju techniki wojskowej do 1995 /2005/ w zakresie "Niezawodności sprzętu łączności". WIŁ 1977 r,

67 PALIJ A.J.: Radioelektronnaja borba. Moskwa 1974 r.

68 PASTERNAK M. : Wybrane działy matematyki. WAT,1969 r.

69 PATKOWSKI K.: Obrona radioelektroniczna systemów łączności. Zeszyt Naukowy ASG WP 3/14 1977 r.

70 PIEKARSKI H.: Obrona radioelektroniczna łączności radioliniowej przed rozpoznaniem nieprzyjaciela. ASG WP 1977 r.

71 PIEDZIUK E.: Projekt struktury osiowo-przestrzennego systemu łączności armii. WAT, 1970 r.

72 Polowe węzły łączności związków operacyjnych. MON 1967 r.

73 POPŁAWSKI T.: Projektowanie polowych systemów łączności. WAT 1970 r.

74 POPŁAWSKI T.: Zwiększenie efektywności systemu łączności armii w operacji zaczepnej. WAT 1971 r.

75 Postęp naukowo-techniczny a przeobrażenie w sztuce wojennej. Praca zbiorowa. MON, Warszawa 1975 r.

76 Problemy kompatybilności elektromagnetycznej.Materiały na konferencję.Politechnika Wrocławska, Wrocław 1973 r.

77 Przekazywanie wiadomości przez techniczne środki łączności cz.V. MON 1976 r.

78 Przepisy korespondencji radiowej. MON 1967 r.

79 Przepisy prowadzenia korespondencji telegraficznej i telefonicznej. MON 1963 r.

80 ROGUCKI A.: Analiza systemów w planowaniu obrony. MON, Warszawa 1975 r.

81 Regulamin pracy dowództwa armii w warunkach polowych. SOW 1974 r.

82 Rozwój wymagań taktyczno-technicznych odnośnie technicznych systemów zabezpieczenia dowodzenia i łączności. WIŁ 1977 r.

83 SIENKIEWICZ P.: Istota symulacji jako metody badawczej. Myśl Wojskowa 8/1975.

84 SKIBIŃSKI J.: Model oceny efektywności sieci przepływu informacji. ASG WP 1970 r.

85 STANIEWSKI T., i inni: Teoria systemów. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1975 r.

86 SYC Cz. i inni : Metodyka projektowania sieci telekomunikacyjnych. WKiŁ, Warszawa 1977 r.

87 STAWSKI M.: Niezawodność i eksploatacja urządzeń elektronicznych WKiŁ, Warszawa, 1972 r.

88 TIEMNIKOW F.E., AFONIN W.A., DMITRIEW W.J.: Podstawy techniki informacyjnej. WNT, Warszawa 1974 r.

89 WENTCEL E.S.: Wstęp do badań operacyjnych. MON, Warszawa 1968 r.

90 WIŃKOWSKI J.: Programowanie symulacji procesów. WNT, Warszawa 1973 r.

91 Współczesne tendencje i kierunki doskonalenia dowodzenia wojskami w polu. Materiały na konferencję. SOW i ASG WP 1973 r.

92 Wybrane zagadnienia techniczne i organizacyjno-eksploatacyjne linii radiowych. MON 1972 r.

93 Wybrane zagadnienia z radiokomunikacji wojskowej. Materiały na konferencję. WIŁ 1973 r.

94 ZACHAROW C.P.: Efektiwnost sistiem swjazi. Elektroswjaź, Moskwa 1967 r.

95 ZACHAROW G.P., NIEBIEJEW A.W., RIEWIELIE W. N.: Odnokalnyje sistiemy swjazi. Nauka, Moskwa 1970 r.

96 Zagadnienie ruchu telefonicznego. Problemy elektroniki i telekomunikacji nr 23 Warszawa 1971 r.

97 Zastosowanie symulacji na EMC do badania systemów łączności. Materiały na konferencję. WAT 1976 r.

98 Zbiór jednolitych norm dla wojsk łączności państw uczestników. UW. MON 1977 r.

99 ZIELIGER A.H.: Kriterii ocenki kaczestwa sistem swjazi. Swjaź, Moskwa 1974 r.

100 Zmiany i uzupełnienia do regulaminów służby polowej sztabów. ASG WP 1976 r.

101 ZWIERKO J.: Perspektywy i tendencje rozwoju sprzętu łączności. MON 1976 r.

102 ZWIERKO J. : Niektóre problemy budowy sieci łączności teledacyjnej terytorialnego zautomatyzowanego systemu kierowania siłami zbrojnymi kraju. MON 1976 r.

Wydrukowano w 15 egz.
Egz.nr 1-15 Bibl.Nauk OZS
Wyk.kpt Piedziuk
Druk J.B.dn.10.10.78r.
ASG WP nr 02142/WW

Akademii Obrony Narodowej
11807
BIBLIOTEKA NARODOWA ASG WP
0780
(III)
Działów Specjalnych