

Grey Scale #13



DANES-PICTA.COM

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



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

0307

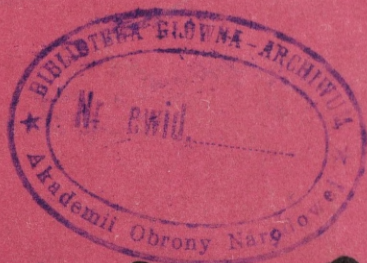
~~JAWNE~~
~~TAJNE~~

Egz. Nr..... 1

Ppik dypl. Mieczysław CHAMERA

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH METOD BADAŃ
OPERACYJNYCH DO ROZWIĄZYWANIA
NIEKTÓRYCH ZADAŃ ZABEZPIECZENIA
TYŁOWEGO DZIAŁAŃ BOJOWYCH LOTNICTWA
KORPUSU OPK

Rozprawa doktorska



11668

WARSZAWA 1976





AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

JAWNE
TAJNE

Egz. Nr..... 1

Pptk dypl. Mieczysław CHAMERA

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH METOD BADAŃ
OPERACYJNYCH DO ROZWIĄZYWANIA
NIEKTÓRYCH ZADAŃ ZABEZPIECZENIA
TYŁOWEGO DZIAŁAŃ BOJOWYCH LOTNICTWA
KORPUSU OPK

Rozprawa doktorska



11668

WARSZAWA 1976

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. Gen. broni Karola Świerczewskiego

Przechl. Prot. 320/21.03.95
[Signature]

JAWNE

Egz. nr .11

Płk dypl. Mieczysław CHAMERA

"ZASTOSOWANIE WYBRANYCH METOD BADAŃ OPERACYJNYCH
DO ROZWIĄZYWANIA NIEKTÓRYCH ZADAŃ ZABEZPIECZENIA
TYŁOWEGO DZIAŁAŃ BOJOWYCH LOTNICTWA
KORPUSU OPK"

Rozprawa doktorska



Rozprawa opracowana
pod kierownictwem naukowym
płka prof. dr. hab. Władysława FILARA

W A R S Z A W A

M A J

' 1 9 7 6

SPIS TREŚCI

Str.

1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH ZADAŃ ZABEZPIECZENIA TYŁOWEGO DZIAŁAŃ BOJOWYCH LOTNICTWA KORPUSU OBRONY POWIETRZNYJ KRAJU	12
1.1. Wstęp	12
1.2. Zabezpieczenie pod względem materiałowo-technicznym osiągnięcia wyższych stanów gotowości bojowej i rozśrodkowania jednostek lotniczych KOPK	16
1.2.1. Stan stałej gotowości bojowej	17
1.2.2. Stan podwyższonej gotowości bojowej	20
1.2.3. Stan pełnej gotowości bojowej	24
1.3. Gromadzenie i przechowywanie zapasów środków materiałowych i sprzętu oraz organizowanie i realizowanie dowozu środków materiałowych na lotniska	25
1.4. Utrzymanie w stałej gotowości eksploatacyjnej lotnisk i sieci lotniskowej	32
1.5. Bezpośrednie zabezpieczenie działań bojowych pułków na lotniskach bazowania i zapasowych	36
1.6. Zabezpieczenie pod względem tyłowym manewru lotniskowego oddziałów lotniczych OPK	44
1.7. Utrzymanie sprzętu bojowego i pojazdów mechanicznych w stanie wysokiej sprawności technicznej i gotowości bojowej	54
2. ANALIZA WYBRANYCH METOD BADAŃ OPERACYJNYCH POD KĄTEM ICH ZASTOSOWANIA DO ROZWIĄZYWANIA ZADAŃ ZABEZPIECZENIA TYŁOWEGO LOTNICTWA KORPUSU OPK ..	69

	Str.
2.1. Ogólny przegląd modeli badań operacyjnych i metod ich wykorzystania do realizacji przedsięwzięć	69
2.2. Sieciowe metody optymalizacji przedsięwzięć	83
2.3. Modele transportowe optymalizacji wykorzystania transportu samochodowego do dowozu środków materiałowych	99
2.3.1. Podstawy matematyczne modelu transportowego z kryterium kosztów	101
2.3.2. Podstawy matematyczne modelu transportowego z ograniczonym czasem dowozu	103
2.3.3. Model matematyczny zadania transportowego z kryterium czasu w warunkach ograniczonej ilości transportu	107
2.3.4. Uproszczony model rozwiązania zadania transportowego z kryterium czasu i ograniczoną ilością transportu	111
2.4. Modele masowej obsługi.....	112
2.5. Wnioski	121
3. ROZWIĄZANIE WYBRANYCH ZADAŃ ZABEZPIECZENIA TYŁOWEGO LOTNICTWA KORPUSU OPK	123
3.1. Wstęp	123

	Str.
3.2. Zadania rozwiązywane z pomocą modelowa- nia sieciowego	124
3.2.1. Organizacja osiągania pełnej gotowości bojowej w pułku lotnictwa myśliwskie- go OPK	124
3.2.2. Organizacja odtwarzania gotowości bojo- wej eskadry samolotów MIG-21m	133
3.2.3. Organizacja dowozu środków materiało- wych w korpusie OPK	142
✓ 3.2.4. Organizacja i realizacja odśnieżania lotnisk	150
✓ 3.2.5. Organizacja remontu lotniska uszkodzo- nego w wyniku działań wojennych	158
3.3. Zadania rozwiązywane z pomocą modelowania transportowego	169
3.3.1. Zadanie transportowe z kryterium kosztów	170
3.3.2. Zadanie transportowe z kryterium kosztów i ograniczonym czasem dowozu..	177
3.3.3. Zadanie transportowe z kryterium czasu i ograniczoną ilością transportu.	182
3.3.4. Zadanie transportowe z kryterium czasu i ograniczoną ilością transpor- tu rozwiązane sposobem uproszczonym ..	188
3.4. Zadania rozwiązywane przy wykorzysta- niu modelu masowej obsługi	192

	Str.
3.4.1. Odtwarzanie gotowości bojowej samolotów	192
3.4.2. Organizacja przeglądów i napraw transportu samochodowego	198
ZAKOŃCZENIE I WNIOSKI.....	202
Bibliografia	209
Wykaz rysunków umieszczonych jako wklejki...	214

W S T Ę P

Wojska Obrony Powietrznej Kraju /WOPK/ znajdują się w gotowości do natychmiastowego odparcia ataku potencjalnego przeciwnika, dlatego też są one nasycone różnorodną techniką bojową. Możliwość niespodziewanego uderzenia środków napadu powietrznego /SNP/ przeciwnika i niszczące skutki tego uderzenia zmuszają WOPK do stałego utrzymania wysokiego stanu gotowości bojowej.

Jednym z zasadniczych czynników mających wpływ na utrzymanie wysokiego stanu gotowości bojowej WOPK jest pełna i sprawna realizacja zadań wchodzących w zakres zabezpieczenia tyłowego działań bojowych ^{x/}.

Ważnym czynnikiem decydującym o terminowej realizacji zadań zabezpieczenia tyłowego działań bojowych WOPK jest czas. Szybko rozwijająca się sytuacja w rejonie obrony wymaga również odpowiednio szybkiego reagowania w dziedzinie zabezpieczenia tyłowego. Praca tyłowych organów dowodzenia WOPK oprócz tego, że musi być operatywna i szybka, powinna być ponadto poparta wszechstronną analizą konkretnych warunków, nakierowaną na osiągnięcie dużej dokładności uzyskiwanych danych.

Obecny stan dowodzenia tyłami, szczególnie tyłami Korpusu Obrony Powietrznej Kraju /KOPK/, wskazuje na konieczność dokonania istotnych zmian jakościowych w tej dziedzinie. Obecnie uwidacznia się przede wszystkim duża dysproporcja pomiędzy ilością informacji o sytuacji, jaką tyłowe organa dowodzenia mogą zgromadzić, a fizycznymi możliwościami zapamiętywania tych danych, opracowania ich i uogólnienia.

x/ Zabezpieczenie tyłowe to całokształt czynności związanych z zabezpieczeniem materiałowym, lotniskowym, inżynieryjno-lotniczym, technicznym, inżynieryjno-saperskim, medycznym i gospodarczo-bytowym oraz zabezpieczenie manewru i rozśrodkowania oddziałów i związków taktycznych WOPK /na podstawie MEW str.360/

Analiza działalności tyłowych organów dowodzenia KOPK oraz stosowanych przez nie metod pracy wskazują na to, że organa te poświęcają większość czasu na żmudne obliczenia i kalkulacje, a więc prace mechaniczne, a mało im czasu zostaje na prace koncepcyjne, organizatorskie i kierownicze. Tego stanu rzeczy nie da się zmienić przy stosowaniu starych metod i środków. Doskonalenie pracy w tym kierunku może doprowadzić jedynie do nadmiernego zwiększenia intensywności działania ludzi, co wpływa na przeciążenie ich pracą, spowoduje błędne oceny i niedokładności w danych, a decyzje będą w większości intuicyjne oparte na doświadczeniu i nawykach.

Na czoło przedsięwzięć związanych z podniesieniem jakości dowodzenia tyłami KOPK wysuwa się konieczność wprowadzenia do procesu decyzyjnego nowych metod, metod opartych na wykorzystaniu badań operacyjnych /BO/ jako systemu oraz techniki elektronicznej jako aparatu licząco-analizującego do rozwiązywania danych decyzyjnych i przedstawiania wielowariantowych propozycji decyzji na zabezpieczenie tyłowe działań bojowych lotnictwa myśliwskiego KOPK. Właśnie tylko zastosowanie metod badań operacyjnych może doprowadzić do wypracowania wielowariantowych optymalnych decyzji, a wykorzystanie elektronicznych maszyn cyfrowych /EMC/ do liczenia skróci do minimum czas jej opracowania.

W świetle powyższego, celem niniejszej pracy jest przebadanie i analiza możliwości zastosowania metod BO do planowania osiągania wyższych stanów gotowości bojowej, odtwarzania gotowości bojowej lotnictwa, zabezpieczenia materiałowego działań bojowych oraz manewru oddziałów lotniczych KOPK, a więc podstawowych zadań zabezpieczenia tyło-

wego. Dla realizacji wymienionego celu między innymi dokonano:

- analizy wybranych zadań zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa KOPK pod kątem wprowadzenia do ich rozwiązania metod BO;

- wyboru metod BO do rozwiązywania zadań zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa KOPK;

- analizy możliwości optymalizacji zadań zabezpieczenia tyłowego w oparciu o badania literatury, materiał statystyczny oraz doświadczenia prowadzone w oddziałach lotniczych i KOPK;

Podczas pracy wykorzystywano głównie analizę identyfikacyjną, eksperyment badawczy i badania opinii oficerów pionu tyłowego WOPK i KOPK.

Podstawą do badań była literatura, materiały statystyczne i praktyczne doświadczenia WOPK w procesie zabezpieczenia tyłowego lotnictwa myśliwskiego.

Jeżeli chodzi o literaturę, to z punktu widzenia ilości pozycji traktujących o temacie, należałoby ją podzielić na trzy części:

1. Literatura omawiająca problematykę zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa KOPK.
2. Literatura omawiająca matematyczne podstawy metod BO oraz metodykę wykorzystania tych metod do rozwiązywania zadań.
3. Literatura omawiająca zastosowanie metod BO do rozwiązywania zadań zabezpieczenia tyłowego lotnictwa OPK.

Problematykę zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa KOPK omawia całościowo niewielka ilość pozycji wydawniczych. Całościowo ujmuje problem z punktu widzenia nowej organizacji WOPK kilka materiałów teoretycznych, w większości których brak jest danych ilościowo-czasowych

odnośnie działalności tyłów OPK.

Bogata, bo licząca kilkaset pozycji, literatura z zakresu matematycznych podstaw BO omawia wszystkie znane metody matematyczne i sposoby ich wykorzystania. Większa część pozycji wydawniczych jest jednak opisana ścisłym językiem matematyki wyższej, zrozumiałym dla specjalistów z tej dziedziny nie nadających się do wykorzystania przy obecnym stanie algorytmizacji i oprogramowania posiadanych przez WOPK i uczelnie wojskowe EMC.

I wreszcie uwidocznił się prawie zupełny brak opracowań traktujących o zastosowaniu BO do rozwiązywania zadań zabezpieczenia tyłowego lotnictwa KOPK.

W tym stanie rzeczy głównym rozdziałem niniejszej pracy jest rozdział trzeci "Rozwiązanie wybranych zadań zabezpieczenia tyłowego lotnictwa korpusu OPK". Rozdział pierwszy omawia charakter ważniejszych zadań wykonywanych przez organa tyłowe w zakresie zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa KOPK. Rozdział drugi określa metodykę zastosowania BO do rozwiązywania zadań oraz omawia wybrane metody, jakie mogą być zastosowane do rozwiązywania zadań zabezpieczenia tyłowego i przedstawia charakterystykę tych metod. Natomiast rozdział trzeci przedstawia dane ilościowo-czasowe wybranych zadań oraz możliwości zastosowania metod BO do rozwiązania tych zadań, z równoczesnym rozwiązaniem konkretnych zadań i pokazaniem sposobu rozwiązania.

W rozdziale tym podaje się ponadto wnioski wynikające z rozwiązywanych problemów, o mające bezpośredni wpływ na lepsze wykonanie zadań w praktycznej ich realizacji. Część modeli zostało już sprawdzonych podczas ćwiczeń odbywających się w poszczególnych oddziałach lotniczych i korpu-

sach OPK.

Wszystkie zadania, na które są opracowane podprogramy, zostały wyliczone lub sprawdzone w Ośrodku Obliczeniowym Akademii Sztabu Generalnego na EMC "Odra-1204".

Wyrażam nadzieję, że powyższe opracowanie przyczyni się, chociaż w części, do dalszego postępu prac w zakresie wykorzystania metod BO do rozwiązywania problemów zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa OPK, a w końcowym efekcie do optymalizacji tych problemów i wynikających stąd oszczędności, tak istotnych w naszym życiu gospodarczym na obecnym etapie.

Korzystając z okazji, pragnę w tym miejscu spełnić miły obowiązek i serdecznie podziękować kierownikowi naukowemu niniejszej pracy - płk prof.dr hab. Władysławowi FILAROWI, którego cenne, postępowe i wybiegające daleko w przód myśli i uwagi były motorem moich poczynąń.

Pragnę również serdecznie podziękować Kierownictwu pionu techniki i zaopatrzenia WOPK za poparcie i umożliwienie mi prowadzenia konsultacji w podległych służbach i oddziałach lotniczych OPK, z których wnioski wraz z wnioskami z ćwiczeń WOPK, w których miałem możliwość uczestniczyć, pozwoliły mi wiązać rozwiązania teoretyczne z praktyką.

Serdecznie dziękuję gen.bryg.pil.Zdzisławowi ŻARSKIEMU - Komendantowi Oddziału Wojsk OPK i Lotnictwa i płk dr Mieczysławowi TORUNIOWI - Szefowi Katedry Tyłów Lotniczych za okazaną pomoc w rozwiązywaniu poszczególnych zagadnień oraz stworzenie mi korzystnych warunków do rozwijania i prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Wyrażam podziękowanie również mojemu koledze
i współpracownikowi ppłk dypl. mgr Witoldowi BEDNARCZYKOWI,
którego robocze spostrzeżenia pozwoliły mi na wniesienie
poprawek i niezbędnych uzupełnień.

1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH ZADAŃ ZABEZPIECZENIA
TYŁOWEGO DZIAŁAŃ BOJOWYCH LOTNICTWA KORPUSU OBRONY
POWIETRZNEJ KRAJU /KOPK/

1.1. W s t ę p

Doświadczenia drugiej wojny światowej, współczesnych wojen lokalnych oraz prowadzonych ćwiczeń z wojskami wskazują, że obok artylerii raketowej i lufowej, lotnictwo myśliwskie OPK stanowi bardzo ważny element systemu zwalczania środków napadu powietrznego przeciwnika.

Lotnictwo myśliwskie OPK jest tym środkiem walki, który jako jedyny w ogniowym systemie OPK jest bardzo manewrowy, przez co może przechwycić i zniszczyć środki napadu powietrznego przeciwnika na dalekich przedpolach osłanianych obiektów.

Wchodzące w skład korpusu obrony powietrznej kraju pułki lotnictwa myśliwskiego OPK /plm OPK/ posiadają na swym uzbrojeniu samoloty charakteryzujące się dużymi osiągnięciami taktyczno-bojowymi. Samoloty te są w stanie z powodzeniem niszczyć skrzydlate środki napadu powietrznego naszych potencjalnych przeciwników.

Samoloty myśliwskie plm OPK, ze względu na swe możliwości zużywają duże ilości środków materiałowych /paliwa, amunicji, gazów sprężonych/, części zamiennych i różnego typu oprzyrządowania, niewspółmierne z ilością i asortymentem tych środków zużywanych przez samoloty myśliwskie z okresu II wojny światowej. I tak samolot myśliwski ostatniego okresu wojny - Jak-9 zabierał około 600 kilogramów paliwa lotniczego, naboł lotniczych i oprzyrządowania /zbiorniki dodatkowe, belki nośne itp./. Współczesny samolot myśliwski, przykładowo MIG-21m

zabiera około 6.500 kilogramów tych środków czyli prawie jedenastokrotnie więcej niż jego sławny poprzednik z przed 30 lat.

Jednocześnie należałoby zwrócić uwagę, że Jak-9 prowadził działania bojowe z zasady tylko w dzień, a MIG-21m w dzień i w nocy w zwykłych i trudnych warunkach atmosferycznych.

Tak wielki, ilościowy wzrost potrzeb materiałowych pociągnął za sobą tylko stosunkowo niewielki wzrost ilościowy sprzętu i transportu zaopatrującego pułki lotnicze OPK w środki materiałowe x/.

Dostarczenie odpowiedniej ilości środków materiałowych na lotnisko jest związane z ich produkcją lub zakupem, z odpowiednim magazynowaniem i konserwowaniem. W celu załadowania środków materiałowych na samoloty należy dowieźć je do miejsc postoju samolotów, przygotować do załadowania /rozpakować, zataśmować, zelaborować, sprawdzić itp./.

Całokształtem zabezpieczenia działań bojowych lotnictwa myśliwskiego OPK zajmują się oddziały, pododdziały i służby pionu techniki i zaopatrzenia różnych szczebli dowodzenia WOPK xx/. Do ważniejszych zadań wykonywanych przez te służby w KOPK należy zaliczyć:

- zabezpieczenie pod względem materiałowo-technicznym osiągnięcia wyższych stanów gotowości bojowej oraz rozśrodkowania jednostek lotniczych korpusu OPK;

x/ Na podstawie porównania etatów: 15/43 z czasu wojny i nowego etatu plm OPK z 1973 roku.

xx/ W skład pionu techniki i zaopatrzenia wchodzi służby: inżyniersko-lotnicza, lotniskowa, samochodowa i kwatermistrzostwo. W dalszej części opracowania przyjęto skróconą nazwę - służby tyłowe, a zabezpieczenie realizowane przez te służby nazwano zabezpieczeniem tyłowym.

- gromadzenie i przechowywanie określonych zapasów materiałowych i sprzętu oraz organizowanie i realizowanie dowozu tych środków na lotniska bazowania i zapasowe;
- utrzymanie w stałej gotowości eksploatacyjnej lotnisk i sieci lotniskowej zapewniających oddziałom lotniczym OPK odpowiednie warunki bazowania, rozmieszczenia i prowadzenia działań bojowych;
- bezpośrednie zabezpieczenie działań bojowych jednostek lotniczych OPK na lotniskach bazowania i zapasowych;
- zabezpieczenie pod względem tyłowym manewru lotniskowego oddziałów lotniczych OPK;
- utrzymanie sprzętu technicznego i pojazdów mechanicznych w stanie wysokiej sprawności technicznej i gotowości bojowej.

Historycznie zadania te nie uległy zmianie. Zwiększył się jednak ich zakres, zwiększyły się również czasowe wymogi i potrzeby ilościowe, szczególnie potrzeby lotniskowe i materiałowe. Potrzeby materiałowe zwiększyły się tu prawie jedenastokrotnie, natomiast stan sił zabezpieczających realizację zadań, szczególnie transportu samochodowego, zwiększył się około 3 razy ^{x/}.

Poza tym, współczesne działania bojowe będą charakteryzować się błyskawiczną zmianą sytuacji i wykorzystywaniem w walce broni masowego rażenia. Ważnym przedsięwzięciem będzie więc zachowanie żywotności i zmniejszenie strat w sile żywej i sprzęcie technicznym. Sytuacja taka zmusza do dużego rozśrodkowania sił i środków na lotniskach oraz do częstego wykonywania manewru lotniskowego z równoczesnym prowadzeniem działań bojowych.

x/ Również na podstawie porównania etatów 15/43 i nowego etatu pIm OPK z 1973 roku.

Z powyższego wynika, że wykonywanie zadań zabezpieczenia tyłowego jest trudne i wymaga dużego wysiłku organizatorskiego szefów służb tyłowych różnych szczebli dowodzenia WOPK. Aby wykonać wszystkie zadania w nakazanym czasie służby tyłowe OPK muszą spełnić następujące wymagania ^{x/}:

- uzyskać zdolność do zabezpieczenia manewru lotniskowego na lotniska zapasowe z jednoczesną obsługą lotów;
- posiadać rozwiniętą bazę materiałową /stacjonarną i polową/ co zapewni maksymalne ograniczenie ewentualnych strat spowodowanych działalnością lotnictwa i innych środków napadu powietrznego przeciwnika;
- posiadać niezbędną ilość interwencyjnych środków transportowych w celu stworzenia warunków do manewrowania zapasami oraz możliwości doraźnego wspierania jednostek środkami materiałowymi na wypadek przerw w komunikacji kolejowej;
- uniezależnić się w maksymalnym stopniu od transportu kolejowego;
- uzyskać zdolność do sprawnego likwidowania skutków nalotu przeciwnika powietrznego oraz do zwalczania grup dywersyjnych i sabotażowych;
- posiadać zawczasu opracowane plany tyłowego zabezpieczenia działań bojowych /w kilku wariantach/;
- posiadać własną łączność w sieci dowodzenia i powiadamiania tyłów OPK;
- posiadać szczegółowe naliczenia materiałowe, stale aktualne plany działania i różne warianty ich realizacji.

x/ płk dypl. Mieczysław Toruń, ppłk dypl. Adam Michalski.

Wybrane zagadnienia z zakresu organizacji i działalności tyłów Wojsk OPK. Zbiór prac ASG nr 2/60 z 1973 r. str.115-116.

Wszystkie przedsięwzięcia zabezpieczenia tyłowego lotnictwa KOPK w czasie wojny muszą być nakierowane na terminowe zabezpieczenie działań bojowych oddziałów lotniczych. Natomiast w czasie pokojowym realizacja zadań musi być nakierowana na główne przedsięwzięcie, jakim jest zabezpieczenie wysokiej gotowości bojowej oddziałów lotniczych i szybkie tyłowe zabezpieczenie przejścia do wyższych stanów tej gotowości.

1.2. Zabezpieczenie pod względem materiałowo-technicznym osiągnięcia wyższych stanów gotowości bojowej i roz-
środkowania jednostek lotniczych KOPK

We współczesnych działaniach bojowych przeciwnik będzie się starał uzyskać zaskoczenie, jeżeli już nie co do przygotowań wojennych, to przynajmniej co do momentu rozpoczęcia wojny, czy też kierunku uderzenia. Zasadniczym czynnikiem uniemożliwiającym przeciwnikowi uzyskanie zaskoczenia jest utrzymanie WOPK, w tym i lotnictwa myśliwskiego, w odpowiednim stanie gotowości bojowej.

Podstawowym warunkiem utrzymania lotnictwa myśliwskiego OPK w gotowości do działań jest szybkie jego przejście do stanu pełnej gotowości bojowej. W zależności od zaistniałej sytuacji militarno-politycznej można to wykonać przez kolejne wprowadzenie pośrednich stanów gotowości bojowej, lub zarządzenia w plm OPK alarmu bojowego.

Rozróżnia się trzy stany gotowości bojowej WOPK:

- stała gotowość bojowa,
- podwyższona gotowość bojowa,
- pełna gotowość bojowa.

1.2.1. Stan stałej gotowości bojowej

Stan ten oznacza normalną pokojową działalność polegającą na ciągłym, codziennym utrzymaniu odpowiedniej ilości samolotów i załóg w zdolności do wykonania zadania bojowego. W celu uniknięcia zaskoczenia i uzyskania możliwości natychmiastowego przystąpienia do działań bojowych, część załóg lotnictwa myśliwskiego pełni dyżury w odpowiednich stopniach gotowości bojowej.

Aby plm OPK mogły wykonywać zadania bojowe już podczas odpierania pierwszego zmasowanego uderzenia lotnictwa przeciwnika, powinny już w okresie pokojowym być w pełni ukompletowane w stan osobowy, sprzęt techniczny i środki materiałowe.

Służby techniczne plm OPK powinny ciągle utrzymywać sprzęt bojowy w stałej sprawności technicznej, dlatego na każdym samolocie, bezpośrednio po zakończeniu lotów, powinny być wykonane wszystkie prace, które warunkują gotowość bojową samolotów ^{x/}, w szczególności:

- przegląd kontrolny samolotów w celu upewnienia się o ich przygotowaniu do lotów na wypadek ogłoszenia alarmu;
- usunięcie wszystkich wykrytych w czasie poprzedniego lotu i przeglądu niesprawności;
- tankowanie paliwem, olejem, cieczami specjalnymi i ładowanie gazami sprężonymi oraz uzbrojenie samolotów zgodnie z wariantem nakazanym przez dowódcę;
- wywieszenie na samolotach odpowiednich wywieszek "sprawny" lub "niesprawny".

x/ Szczegółowy wykaz prac w zakresie gotowości bojowej samolotów znajduje się w Instrukcji służby inżynieryjno-lotniczej cz.I str.33.

Ponadto podczas wykonywania przeglądów i napraw, personel techniczny powinien tak organizować pracę, aby można było doprowadzić do pełnej gotowości bojowej wymaganą liczbę samolotów, szczególnie samolotów o lepszych właściwościach bojowych. Dla potrzeb gotowości bojowej muszą być utrzymywane również odpowiednie ilości amunicji lotniczej, w stałej gotowości do wykorzystania, a na stanowisku technicznym odpowiednia ilość rakiet lotniczych.

Służby zaopatrzenia plm OPK w okresie stałej gotowości bojowej powinny:

- utrzymywać stale nakazaną rozkazami ilość sprzętu i pojazdów mechanicznych w pełnej sprawności technicznej. Szczególnie wysoki współczynnik sprawności technicznej wymagany jest u transportu specjalnego bezpośrednio zabezpieczającego wykonanie zadań bojowych;

- przestrzegać, aby w każdym pojeździe mechanicznym znajdowała się jednostka napełnienia paliwa i smarów oraz innego sprzętu przewidzianego instrukcjami;

- sprawdzać okresowo stan techniczny i wyposażenie wszystkich pojazdów mechanicznych będących na wyposażeniu jednostki;

- utrzymywać w magazynach oddziału, częściowo na środkach transportowych, zapasy alarmowe środków materiałowych, części zamiennych, sprzętu itp.;

- przygotować magazyny do sprawnego wydawania zapasów środków materiałowych /uporządkowanie ramp, dróg dojazdowych, przygotowanie tary itp./;

Szczególnie ważnym zadaniem, zarówno służby inżynierjno-lotniczej jak i służb zaopatrujących pułku jest w tym okresie stała gotowość do tyłowego zabezpieczenia wypro-

wadzenia plm OPK spod uderzenia lub jego rozśrodkowania.

Jeżeli chodzi o wyprowadzenie spod uderzenia, to może być ono wykonane bezpośrednio przed rozpoczęciem działań bojowych lub natychmiast po ich rozpoczęciu z równoczesnym wykonaniem zadania bojowego.

W przypadku przebazowania plm OPK bezpośrednio przed rozpoczęciem działań bojowych, musi ono być wykonane z takim wyliczeniem, aby gotowość bojowa była osiągnięta przed uderzeniem oraz by przeciwnik nie wykrył tego manewru. W przypadku przebazowania bezpośrednio po rozpoczęciu działań bojowych, samoloty startują z lotnisk bazowania, wykonują zadanie bojowe i lądują na lotnisku zapasowym.

W celu zabezpieczenia takiego manewru, plm OPK już w okresie pokojowym ma przydzielone lotnisko zapasowe, na którym winien utrzymywać komendę lotniska zapasowego /klz/.

Klz powinna utrzymywać na lotnisku zapasowym odpowiednie ilości sprzętu technicznego i środków materiałowych przeznaczonych do odtworzenia gotowości bojowej lądujących samolotów oraz do utrzymania lotniska zapasowego w stałej gotowości eksploatacyjnej.

Niekiedy, szczególnie gdy plm OPK nie ma przydzielonego lotniska zapasowego, klz utrzymywana jest w pełnym składzie na lotnisku bazowania z gotowością do wyjścia w odpowiednim czasie, na wskazane lotnisko zapasowe lub drogowy odcinek lotniskowy /DOL/.

Do zadań klz na lotnisku zapasowym /DOL/ należy zaliczyć:

- utrzymanie lotniska zapasowego /DOL/ w stałej gotowości eksploatacyjnej;

- przyjmowanie, przechowywanie i konserwacja posiadanych środków materiałowych;

- przyjmowanie samolotów pułku i odtwarzanie ich gotowości bojowej do czasu przybycia czołówki zaopatrzenia.

Posiadany przez klz sprzęt techniczny i transport samochodowy z zasady wystarcza do zabezpieczenia odtworzenia gotowości bojowej samolotów plm OPK, do czasu przybycia na lotnisko zapasowe pierwszej części czołówki zaopatrzenia. Jednakże mała ilość dystrybutorów paliwowych i brak w klz x/ dystrybutora tlenowego powoduje wydłużenie czasu odtwarzania gotowości bojowej, szczególnie dużych grup samolotów.

Po przybyciu na lotnisko zapasowe czołówki zaopatrzenia, siły i środki klz podporządkowywane są dowódcy czołówki.

1.2.2. Stan podwyższonej gotowości bojowej

Jest on pośrednim stanem gotowości bojowej i wprowadzony został w celu uniknięcia nadmiernego spiętrzenia się pracochłonnych przedsięwzięć związanych z przejściem do pełnej gotowości bojowej. Stan ten wprowadzany jest w siłach zbrojnych, gdy nie ma jeszcze bezpośrednich oznak zagrożenia i rozpoczęcia wojny przez przeciwnika, lecz jego poczynania sugerują możliwość jej wybuchu.

Po zarządzeniu stanu podwyższonej gotowości bojowej plm OPK, w KOPK będą realizowane następujące przedsięwzięcia wchodzące w zakres zabezpieczenia tyłowego:

x/ szczegółowy wykaz sił i środków oraz możliwości czasowe klz w odwarzaniu gotowości bojowej samolotów omówione są w trzecim rozdziale niniejszej pracy.

- wyprowadzenie samolotów do miejsc rozśrodkowania i utrzymywanie ich pod pokrowcami. Na wszystkich samolotach winny być załadowane akumulatory pokładowe;
- załadowanie broni pokładowej i podwieszenie pocisków raketowych zgodnie z ustalonym wariantem uzbrojenia samolotów;
- załadowanie broni pokładowej na samolotach szkolenno-treningowych, transportowych i łącznikowych;
- rozkonserwowanie i przygotowanie do oblotu samolotów będących na konserwacji;
- wprowadzenie w eskadrze technicznej i polowym warsztacie lotniczym 12 godzinnego dnia pracy, w celu doprowadzenia i utrzymania w ciągłej sprawności technicznej maksymalnej liczby samolotów;
- wprowadzenie i utrzymanie po godzinach pracy dyżurnych oficerów, odpowiedzialnych za pracę żołnierzy służby zasadniczej eskadry technicznej i PWL do czasu przybycia całej kadry;
- wprowadzenie dyżurów personelu technicznego potrzebnego do zabezpieczenia wylotów samolotów będących w gotowości bojowej nr 2;
- wprowadzenie dyżurów kadry i odpowiedniej ilości holowników na stanowisku technicznym w celu jednoczesnego dostarczenia do samolotów potrzebnej ilości przygotowanych pocisków raketowych;
- wydzielenie personelu technicznego eskadry technicznej oraz częściowe załadowanie wyposażenia na samochody przeznaczone do перебазowania w pierwszej grupie czołówki zaopatrzenia;

- wyznaczenie w eskadrze technicznej grup żołnierzy przeznaczonych do wykonywania napraw samolotów w terenie oraz do ewakuacji samolotów przymusowo lądujących poza lotniskiem;

- dostarczenie do klz na lotnisku zapasowym nakazanych wytycznymi ilości pocisków rakiетowych Powietrze-Powietrze /P-P/;

- doprowadzenie lotniska zapasowego do pełnej sprawności eksploatacyjnej oraz sprawdzenie stanu zasilania w energię elektryczną i wodę;

- wyprowadzenie sprzętu bezpośredniej obsługi lotów w uprzednio wydzielone rejony rozśrodkowania;

- przygotowanie magazynów do masowego wydawania środków materiałowych oraz dokonanie rozdziału i oznakowania zapasów dla pododdziałów;

- przygotowanie odpowiedniej ilości punktów wydawczych we wszystkich magazynach ups celem szybkiego zaopatrzenia cystern do tankowania samolotów;

- doprowadzenie maksymalnej ilości pojazdów mechanicznych i urządzeń specjalnych będących w użytku bieżącym do wysokiej sprawności technicznej;

- zdejmowanie w czasowej konserwacji pojazdów mechanicznych i sprzętu oraz przygotowanie ich do eksploatacji;

- przygotowanie do pracy w warunkach polowych wszystkich warsztatów naprawczych;

- załadowanie na samochody transportowe środków materiałowych i sprzętu przeznaczonego do pierwszej grupy czołówki zaopatrzenia;

- sprawdzenie i przygotowanie do pracy w warunkach polowych sprzętu obsługi gospodarezo-bytowej;

- sprawdzenie i doprowadzenie do pełnej gotowości eksploatacyjnej posiadanych podziemnych SD, schronów i pozostałych elementów rozbudowy inżynieryjnej. Prowadzenie rozbudowy inżynieryjnej nowych, planowanych urządzeń;

- wykonanie zapotrzebowań na transport kolejowy i samochodowy dla celów zaopatrzenia i przebazowania;

- wydzielenie odpowiedniej grupy żołnierzy do przyjęcia lotnisk i zapasów opuszczonych przez lotnictwo operacyjne;

- wydanie dla całego stanu osobowego opatrunków, indywidualnych pakietów przeciwchemicznych i dozymetrów;

- rozwinięcie punktów pomocy medycznej i punktów przeciwpożarowych oraz przygotowanie do rozwinięcia punktów zabiegów specjalnych;

- przygotowanie, zgodnie z planem prac mobilizacyjnych, punktów przyjęcia i rozdziału rezerwistów oraz wykonanie innych przedsięwzięć wyznaczonych tym planem;

- przygotowanie koszar i obiektów przykoszarowych do przekazania dla OPK na wypadek całkowitego opuszczenia lotniska;

- przygotowanie do wysłania, na oddzielne zarządzenie, czołówki zaopatrzenia na lotnisko zapasowe.

Stan podwyższonej gotowości bojowej może trwać od kilku godzin do kilku dni i dłużej. W tym okresie wszystkie lub większość wymienionych przedsięwzięć powinna być wykonana. Zakres czasochłonności przedsięwzięć jest różny: od 20-30 minut /przejście samolotów z gotowości bojowej nr 4 do nr 1/ do kilku - kilkunastu dni /rozbudowa inżynieryjna urządzeń lotniska/.

Dlatego też, szczególnie czasochłonne przedsięwzięcia, takie jak rozbudowa inżynieryjna lotniska, utrzymanie najwyższego stanu sprawności technicznej samolotów, transportu samochodowego i sprzętu technicznego musi być realizowane jeszcze w stanie stałej gotowości bojowej.

1.2.3. Stan pełnej gotowości bojowej

Jest najwyższym stanem gotowości. Wprowadzenie tego stanu gotowości ma na celu stworzenie warunków do natychmiastowego przejścia jednostek i sztabów do wykonania zadań bojowych. Przekazanie sygnału na osiągnięcie stanu pełnej gotowości bojowej jest jednoznaczne z zarządzeniem alarmu bojowego i rozpoczęcia pełnej mobilizacji.

Płm OPK mogą osiągnąć stan pełnej gotowości bojowej bezpośrednio ze stanu stałej gotowości bojowej lub pośrednio poprzez stan podwyższonej gotowości bojowej. Pierwszy wariant jest bardzo trudny do realizacji ze względu na bardzo duże spiętrzenie się prac w stosunkowo krótkim czasie.

Podczas przechodzenia z podwyższonej do pełnej gotowości bojowej służby techniczne i zaopatrzeniowe w płm OPK realizują:

- kończą prace nie w pełni wykonane podczas trwania stanu podwyższonej gotowości bojowej;
- przygotowują do wylotu bojowego maksymalną ilość samolotów w możliwie krótkim czasie;
- organizują przebazowanie personelu i sprzętu eskadr technicznych, PWL i magazynów na lotnisko zapasowe;
- organizują i wysyłają na lotnisko zapasowe pierwszą grupę czołówki zaopatrzenia;

- przygotowują maksymalną ilość pojazdów mechanicznych, sprzętu specjalnego i zapasów materiałowych dla zabezpieczenia postawionych zadań;

- organizują drugą grupę czołówki zaopatrzenia i przygotowują ją do wyjazdu, po osiągnięciu gotowości bojowej przez plm OPK, na lotnisko zapasowe;

- wzmacniają ochronę obiektów i zajmują obronę naziemną lotniska.

O ile czas trwania czynności w stanie podwyższonej gotowości bojowej jest dość duży, to podczas przejścia z tego stanu do stanu pełnej gotowości bojowej, czas trwania czynności jest bardzo krótki i z reguły nie przekracza jednej doby. Dlatego też czynności pododdziałów ^{x/} i służb tyłowych, szczególnie szczebla plm OPK, powinny być dokładnie zaplanowane, zgrane w czasie i odtrenowane.

Szczególnie ważnymi zagadnieniami, ze względu na trudność i długi czas ich realizacji, powinny być: osiągnięcie gotowości lotniska zapasowego do przyjęcia samolotów w wypadku nie posiadania na nim klz oraz przygotowanie do rozśrodkowania składnicy sprzętu lotniczo-technicznego.

1.3. Gromadzenie i przechowywanie zapasów środków materiałowych i sprzętu oraz organizowanie i realizowanie dowozu środków materiałowych na lotniska

Podstawowym warunkiem gwarantującym ciągłość i terminowość zabezpieczenia działań bojowych lotnictwa OPK jest gromadzenie i utrzymanie określonych zapasów środków materiałowych. W zakres tego zadania wchodzi szereg przed-

x/ Szczegółowy wykaz czynności i możliwości czasowe przejścia do stanu pełnej gotowości bojowej omówione są w rozdz.III.

siewzięć, z których ważniejsze to:

- planowanie potrzeb środków materiałowych i sprzętu;
- dowóz środków materiałowych ze źródeł zaopatrzenia na lotniska;
- przyjmowanie dostarczonych środków materiałowych;
- przechowywanie środków materiałowych zgodnie z ustalonymi zasadami;
- przygotowanie środków materiałowych do wydawania pododdziałom;
- dostarczenie środków materiałowych do samolotów.

Planowanie potrzeb środków materiałowych jest nieodłącznym elementem procesu zaopatrywania. Jest ono realizowane przez służby zaopatrujące na wszystkich szczeblach organizacyjnych WOPK.

Wielkość potrzeb środków materiałowych zależna jest od typu samolotów znajdujących się na wyposażeniu plm OPK, norm zużycia środków materiałowych, natężenia działań bojowych, stanu aktualnie posiadanych środków materiałowych, możliwości wykorzystania zasobów miejscowych oraz możliwości dowozowych.

Dla potrzeb planowania, zarówno wysiłku lotnictwa myśliwskiego OPK, jak i zabezpieczenia materiałowo-technicznego, w WOPK przyjęto następujący rozkład natężenia działań na okres 30 dni wojny ^{x/}:

- pierwszy-piąty dzień po 4 pułkolyoty;
- szósty - piętnasty dzień po 2 pułkolyoty;

x/ Na podstawie danych uzyskanych w służbie techniki i zaopatrzenia 1 KOPK oraz 1 plm OPK "Warszawa".

- szesnasty - trzydziesty dzień po 1 pułkocie;
- ogółem w 30 dniach działań bojowych plm OPK wykona 55 pułkoletów.

Przyjęto również współczynnik wykorzystania samolotów - 80 % - licząc od stanu faktycznego samolotów w plm OPK oraz założono następujące współczynniki zużycia środków materiałowych x/:

- naboł do działek lotniczych	- 0,75
- pocisków raketowych	- 0,30
- bomb lotniczych	- 1,00
- paliwa lotniczego	- 0,85
- wylotów ze zbiornikami dodatkowymi:	
samolotów MIG-21	- 0,60
samolotów LIM-5	- 0,40
- strat zbiorników dodatkowych	- 0,50
- tlenu lotniczego	- 0,50

Dla potrzeb kalkulacji procentowego wykorzystania pocisków raketowych P-P przyjęto wskaźnik obliczeniowy w skali całego pułku dla samolotów typu MIG-21 różnych wersji xx/:

- R-3S	- 60 %
- RS-2US	- 40 %.

Na podstawie wymienionych danych, posługując się odpowiednimi wzorami matematycznymi xxx/, można obliczyć

- x/ Na podstawie danych uzyskanych w służbie techniki i zaopatrzenia 1 KOPK oraz 1 plm OPK "Warszawa"
- xx/ Wydawnictwo DW OPK. Wybrane zagadnienia lotniskowego i materiałowo-technicznego zabezpieczenia korpusu OPK. Warszawa 1971 r. str. 21-22.
- xxx/ Patrz: mjr dypl. Mieczysław Chamera. Informator taktyczno-techniczny część V. Wybrane zagadnienia tyłowego zabezpieczenia działań bojowych lotnictwa. Wyd. ASG, Warszawa 1973 r. str. 75-80.

potrzeby materiałowe plm OPK i KOPK w całości. Wspomniane wzory służą do obliczenia potrzeb na faktyczne działania w powietrzu. Chcąc obliczyć całkowite potrzeby środków materiałowych należy dodatkowo uwzględnić potrzeby mobilizacyjne /zapas nienaruszalny/, potrzeby awaryjne /zapas niezniżalny/ i zapasy doraźne na zabezpieczenie dodatkowych zadań.

Każdy z pułków lotnictwa myśliwskiego OPK w KOPK posiada ogólnie na lotnisku bazowania i zapasowym około 1.500 ton paliwa lotniczego ^{x/}. Potrzeby pułku na jeden **dzień** wynoszą około 320 ton ^{xx/}. Z tych danych wynika, że pułk jest w stanie prowadzić działania bojowe bez dowozu paliwa przez 4,5 dni. Już w końcowej fazie czwartego dnia działań bojowych należy dowieźć paliwo lotnicze w ilości minimalnie wystarczającej na zabezpieczenie działań pułku na 2 dni. Biorąc pod uwagę fakt, że w okresie tym natężenie działań zmniejszy się do 2 wylotów na samolot, potrzeby na dwa dni będą wynosiły około 320 ton, co w przeliczeniu na cysterny samochodowe da 16 samochodorejsów dla każdego pułku. Inaczej mówiąc, jest to prawie jeden rejs, dla każdego pułku, kompanii dowozu MPS /kd MPS/.

W świetle tych rozważań wynika, że dowóz środków materiałowych transportem KOPK jest niemożliwy. Dowozić należy sposobem mieszanym, część środków transportem KOPK, część własnym transportem poszczególnych pułków lotniczych.

x/ Składy MPS na lotniskach bazowania posiadają średnią pojemność około 1 200 ton i na lotniskach zapasowych około 250 - 300 ton.

xx/ Brany był pod uwagę pułk posiadający etatowy stan 36 samolotów MIG-21m. Wariant wylotów: zbiorniki zasadnicze oraz jeden zbiornik dodatkowy 765 l.

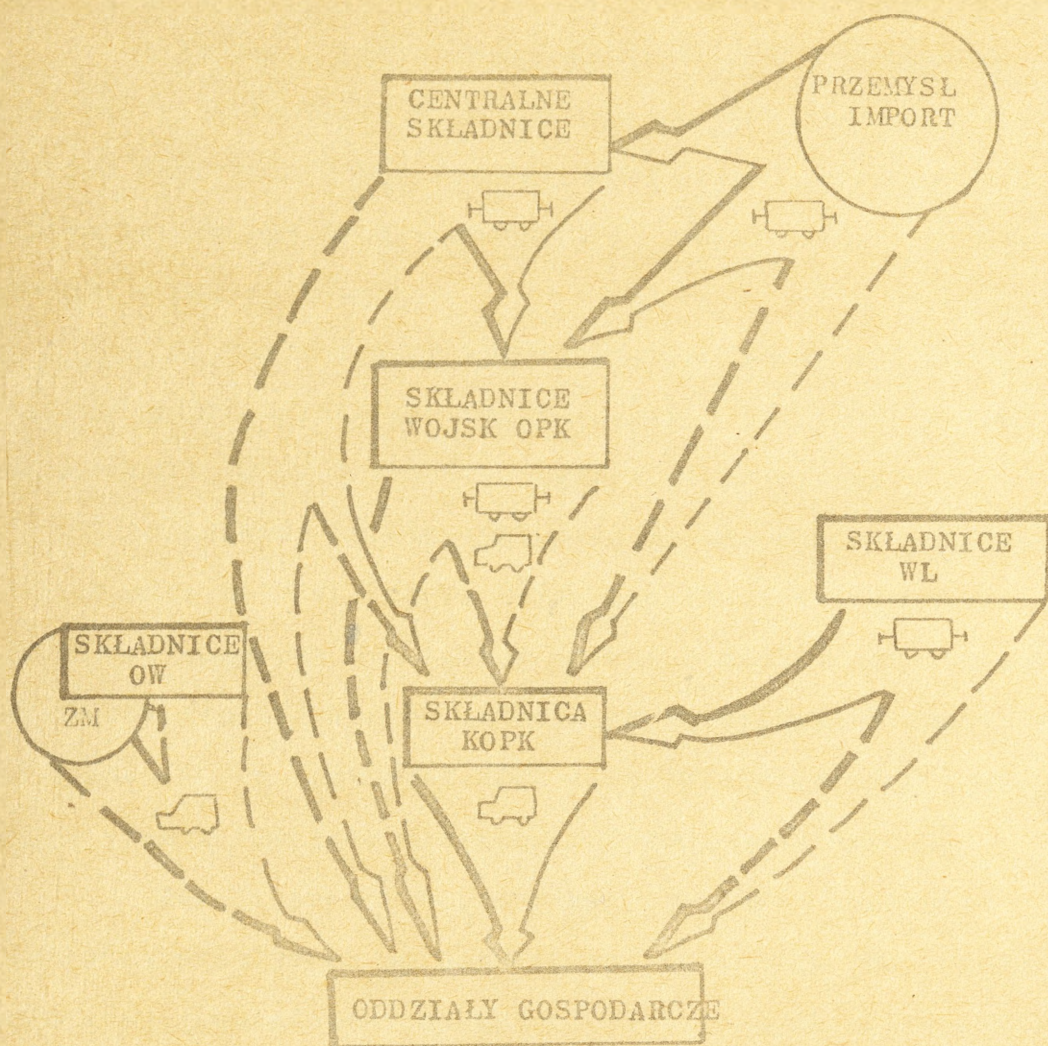
Ideowy schemat zaopatrywania korpusu OPK w środki materiałowe przedstawiono na rys. 1.

Na możliwości dowozowe pułku wpływają następujące czynniki:



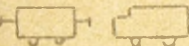
- natężenie działań bojowych;
- ukończenie pojazdów samochodowych /transportowych i specjalnych/;
- stopień sprawności technicznej pojazdów mechanicznych;
- odległość od źródeł zaopatrywania;
- stan dróg;
- sposób bazowania pułków na lotniskach;
- stopień zaangażowania transportu KOPK w dowozie do innych jednostek;
- możliwości wykorzystania do dowozu środków materiałowych transportu kolejowego.

Praktyka lotniskowo-technicznego zabezpieczenia plm OPK wskazuje, że przy odpowiednim podziale sił i środków MTZ, można wydzielić do dowozu około 50% transportu nalewczego w wypadku, gdy na lotnisku nie ma rozwiniętego rurociągu polowego i około 70% gdy rurociąg polowy jest rozwinięty.

Przykładowy podział transportu nalewczego w plm OPK przedstawia tabela 1.



Legenda :

-  - dowóz transportem kolejowym;
-  - dowóz transportem samochodowym;
-  - dowóz transportem mieszanym;
- ZM - zasoby miejscowe;

Rys. 1. Ideowy schemat zaopatrywania KOPK w środki materiałowe.

Wynika z powyższego, że transport samochodowy KOPK powinien dostarczyć do każdego plm OPK średnio 120 - 160 ton paliwa na dobę. Dlatego też będzie potrzebny jeden pluton dowozu mps do systematycznego zaopatrzenia jednego plm OPK w paliwo lotnicze.

Naturalnie przy wykorzystaniu transportu kolejowego, sytuacja zmieni się całkowicie i dowóz transportem samochodowym /KOPK i plm OPK/ będzie niepotrzebny.

Podobnie będzie wyglądała sprawa dowozu pozostałych środków materiałowych. Wprawdzie transport samochodowy plm OPK /ciężarowy/ ma większy udźwig i możliwości dowozowe, jednak odległości składów od lotnisk są większe i zakres zadań kompanii transportowej KOPK większy niż kompanii dowozu mps, a więc i mniejsze możliwości dokonywania dostaw.

Jeżeli chodzi o przyjmowanie i przechowywanie środków materiałowych na lotniskach, to wymaga ono przede wszystkim odpowiednich pojemności magazynowych /zbiorników, beczek, namiotów, wykopów, ziemianek itp./, a następnie sprawnego przyjęcia i złożenia środków oraz ciągłego utrzymywania takich warunków przechowywania i konserwacji, aby środki materiałowe zachowały swe właściwości i nie uległy zniszczeniu.

Przygotowanie środków materiałowych do zabezpieczenia działań i ich dowóz na start zostały omówione w podrozdziale 5 niniejszego rozdziału.

1.4. Utrzymanie w stałej gotowości eksploatacyjnej lotnisk
i sieci lotniskowej

Wykonanie powyższego zadania polega na terminowym przygotowaniu i utrzymaniu sieci lotniskowej w gotowości do natychmiastowego przyjęcia i zabezpieczenia działań bojowych p/m OPK. Do zadań służby lotniskowej KOPK w tym zakresie należy:

- konserwacja i utrzymanie lotnisk oraz obiektów lotniskowych w stałej gotowości eksploatacyjnej;
- konserwacja i utrzymanie w stanie eksploatacyjnym dróg wewnątrz-lotniskowych;
- rozbudowa inżynieryjna lotnisk;
- remont lotnisk i urządzeń lotniskowych uszkodzonych wskutek działań bojowych przeciwnika;
- maskowanie czynnej sieci lotniskowej oraz budowanie lotnisk pozornych i prowadzenie prac pozoracyjnych na tych lotniskach;
- udział w likwidacji skutków uderzeń jądrowych przeciwnika.

Konserwacja i utrzymanie lotnisk i dróg dojazdowych obejmuje takie przedsięwzięcia jak: wykonywanie prac okresowych na betonowej drodze startowej /zalewanie szwów dylatacyjnych, wykuwanie i zalewanie pęknięć płyt, czyszczenie urządzeń odwadniających itp./ oraz na nawierzchni darniowej /koszenie trawy, bronowanie, nawożenie itp./.

Szczególnie ważnym przedsięwzięciem w ramach konserwacji i utrzymania lotnisk są prace związane z odsnieżaniem i likwidacją gołoledzi na drodze startowej, drogach łączących i drogach kołowania.

Podczas trwania ciężkiej obfitującej w opady śnieżne zimy, prace wchodzące w zakres odśnieżania są bardzo uciążliwe szczególnie w konieczności odśnieżania siłami komendy obsługi lotniska /kol/ plm OPK dwóch - trzech lotnisk.

Siły i środki kol^{x/} mogą zrealizować zadania odśnieżania lotnisk tylko wtedy, gdy:

- zostaną właściwie wykorzystane możliwości techniczne sprzętu;
- praca sprzętu technicznego będzie właściwie zaplanowana;
- grupa pogotowia śniegowego będzie stale w gotowości do wykonania prac związanych z odśnieżaniem i likwidacją gołoledzi.

Podstawowym sprzętem do odśnieżania lotnisk są wirnikowe zgarniacze śniegu, o które szczególnie należy się troszczyć podczas przeglądów technicznych oraz właściwie planować ich pracę podczas realizacji odśnieżania lotnisk. Dlatego też od ich sprawności i właściwego wykorzystania zależy czas przygotowania lotniska do eksploatacji.

Wykonanie wszystkich przedsięwzięć związanych z odśnieżaniem lotniska i jego urządzeń, w zależności od narastania pokrywy śnieżnej, ilości wykorzystywanego sprzętu i sposobu realizacji prac trwa kilka - kilkanaście godzin. Dlatego od organizacji pracy kol zależy minimalizacja czasu trwania przedsięwzięcia. Realizacja przedsięwzięć związanych z odśnieżaniem jest ważna zarówno w czasie pokoju, jak również, a nawet szczególnie w czasie działań bojowych.

x/ Stan etatowy sprzętu technicznego do odśnieżania lotnisk i jego możliwości czasowe zostały omówione w rozdziale trzecim.

Również bardzo ważnym zadaniem służby lotniskowej /tylko w czasie wojny/ jest remont lotnisk i urządzeń lotniskowych uszkodzonych wskutek działań bojowych przeciwnika. O ile zadanie poprzednie z zasady jest wykonywane siłami bazującego na lotniskach plm OPK, to remont lotniska będzie z reguły wykonywany siłami pułku i siłami kompanii remontu lotnisk /krl/. Krl KOPK będą wykonywały prace szczególnie wtedy, gdy na lotnisko zostanie wykonane uderzenie jądrowe, lub zostanie zrzucona duża liczba bomb odłamkowo-burzących, a uszkodzenia lotniska będą się mieścić w ramach zniszczeń średnich i dużych x/.

Niezależnie od składu sił i środków, podczas remontu lotniska wykonuje się następujące zasadnicze prace:

- rozminowanie terenu i likwidacja niewybuchów bomb lotniczych i pocisków artyleryjskich;
- oczyszczenie pola wzlotów i dróg dojazdowych z uszkodzonego sprzętu technicznego, jezy przeciwczołgowych i innych przeszkód;
- dezynfekcja pola wzlotów;
- dezaktywacja pasa startowego, sztucznych nawierzchni drogi startowej i miejsc postoju samolotów, zabudowy służbowo-technicznej, dróg dojazdowych i wewnątrzlotniskowych oraz innych obiektów przeznaczonych do odbudowy i wykorzystania;
- dezaktywacja, degazacja i dezynfekcja źródeł wody przeznaczonych do wykorzystania;

x/ Zgodnie z ustaleniami czechosłowackimi zniszczenia lotnisk dzielą się na: nieznaczne, jeżeli objętość przemieszczonego gruntu nie przekracza 4.000 m^3 , a powierzchnia zniszczonej nawierzchni nie jest większa niż 2.500 m^2 , średnie, objętość gruntu $4.000-7.000 \text{ m}^3$ powierzchnia $2.500-4.000 \text{ m}^2$, duże, objętość powyżej 7.000 m^3 i powierzchnia powyżej 4.000 m^2 .

- zasypanie lejów, wyrw, rowów itp.;
- utwardzenie zasypanych miejsc;
- równanie nawierzchni gruntowej i darniowej;
- zabudowa lejów na sztucznej nawierzchni /trylin-
ką, płytami K1-D lub innymi trwałymi materiałami/;
- sprawdzenie przygotowania nawierzchni do startu
i lądowania samolotów.

Zakres prac przy remoncie lotniska zależy w przeważającej mierze od ilości zniszczeń spowodowanych przez bomby lotnicze /pociski artyleryjskie, rakiety/ na lotniskach. Największe zniszczenia powodują, obok broni jądrowej, lotnicze bomby burzące, które powodują powstawanie lejów o dużych rozmiarach. Zabudowa tych lejów wymagać będzie dowozu dużej ilości ziemi i będzie trwać bardzo długo.

Jeżeli przyjąć, według założeń zachodnich, że na jeden korpus OPK będzie wykonywało uderzenie średnio 150 samolotów działających na 10-15 obiektów, to grupa uderzająca na jedno lotnisko nie będzie przekraczała 12-16 samolotów. Z wymienionej grupy samolotów 4-6 będzie bezpośrednio uderzało na drogę startową, pozostałe będą działać na lufową artylerię OPL, transport, miejsca rozmieszczenia samolotów itp. x/

Z powyższego wynika, że na pasie startowym może powstać 16-24 leje, z czego 8-12 będzie bezpośrednio na betonowej drodze startowej. Przy takich założeniach tylko do zasypania lei na nawierzchni betonowej należy dowieźć około 1.200-2.800 m³ ziemi, to znaczy wykonać około 300-700 samochodorejsów. Zasypanie wszystkich lei wymaga zwiększenia ilości dowożonej ziemi do 1.300-3.400 m³ /o 10-20%/.

x/ Dane uzyskane z konsultacji w Katedrze OPK Akademii Sztabu Generalnego WP.

Niezależnie od ilości dowożonej ziemi, do prac związanych z zasypywaniem lei wchodzi następujące czynności:

- wybranie spękanych płyt betonowych;
- oczyszczenie ścianek leja ze spulchnionego gruntu, zrzucenie go na dno leja i zagęszczenie;
- wypełnienie leja gruntem uzyskanym, wyrównanie i ubijanie;
- uzupełnienie ubytku gruntu, odpowiednią ilością gruntu dowiezionego, wyrównanie i utwardzenie;
- odtworzenie nawierzchni sztucznej.

Szybkie wykonanie prac związanych z odbudową lotnisk jest możliwe w przypadku:

- szerokiego zastosowania do prac remontowych maszyn inżynierskich;
- wykorzystanie do remontu, obok kol, pododdziałów remontu lotnisk;
- wykorzystanie sił i środków OTK znajdujących się w pobliżu uszkodzonego lotniska.

1.5. Bezpośrednie zabezpieczenie działań bojowych na lotniskach bazowania i zapasowych

Jakościowe i terminowe wykonanie przedsięwzięć związanych z bezpośrednim przygotowaniem samolotów do lotów jest głównym celem działalności służb technicznych i zaopatrzeniowych na lotniskach.

Bezpośrednie zabezpieczenie działań bojowych p/m OPK jest to całokształt przedsięwzięć i czynności wykonywanych na lotniskach przez wszystkie służby techniczne i zaopatrzeniowe w zakresie zabezpieczenia i obsługi lotów. Zabezpieczenie to obejmuje:

- przygotowanie i sprawdzenie nawierzchni lotniska i urządzeń lotniskowych;
- przygotowanie i dostarczenie środków materiałowych do samolotów;
- przewóz personelu latającego i technicznego z miejsc zakwaterowania do samolotów;
- odtwarzanie gotowości bojowej samolotów oddziału lotniczego;
- obsługę lotów oddziału lotniczego pod względem gospodarczo-bytowym;
- zabezpieczenie przeciwpożarowe lotów;
- organizację pomocy medycznej na lotnisku;
- organizację ochrony lotniska.

Przygotowanie i sprawdzenie nawierzchni lotniska i urządzeń lotniskowych jest jednym z podstawowych zadań służby lotniskowej pułku. Obejmuje sprawdzenie pasa startowego i dróg kołowania, usunięcie z tych elementów zanieczyszczeń mechanicznych, sprawdzenie i przygotowanie do pracy urządzeń energetycznych, uzupełnienie maskowania urządzeń lotniskowych. Wykonanie powyższego warunkuje bezpieczeństwo wykonania lotów.

Przygotowanie i dostarczenie środków materiałowych do samolotów obejmuje czynności związane z dostosowaniem środków materiałowych do użycia przez samoloty: mieszanie paliw z odpowiednimi płynami, taśmowanie naboju lotniczych, ładowanie akumulatorów, elaborację pocisków raketowych i inne oraz dowóz tych środków materiałowych bezpośrednio do miejsc odtwarzania gotowości bojowej samolotów.

Terminowe dostarczenie środków materiałowych do samolotów zależy przede wszystkim od czasu przygotowania środków materiałowych, odległości składów od miejsc odtwarzania gotowości bojowej i ładowania środków na transport oraz wielkości wyznaczonego do dowozu transportu ciężarowego i specjalnego.

Liczba środków transportowych wydzielonych do tego celu powinna być taka, aby dowieźć taką ilość środków, która starczyłaby do odtworzenia gotowości bojowej lądujących po kolejnym wykonaniu zadań samolotów /eskadra, pułk/. Jeżeli dowieziona ilość środków materiałowych, szczególnie paliwa i amunicji, jest mniejsza od potrzeb do odtworzenia gotowości bojowej samolotów po kolejnym przylocie z wykonania zadania, to należy wtedy wykonać powtórny rejs transportu do składów. Taki dodatkowy rejs transportu po środki materiałowe przedłuża ogólny czas trwania osiągania gotowości bojowej samolotów około 40-50%.

W celu skrócenia czasu dostarczenia środków materiałowych do samolotów należy:

- wszystkie środki materiałowe wymagające wcześniejszej obróbki /mieszanie z płynami, taśmowanie, elaboracja/ powinny być przygotowane w dniu poprzednim w takiej ilości, która by wystarczyła na zabezpieczenie dnia działań bojowych;
- do zabezpieczenia lotów, szczególnie w paliwo lotnicze oprócz dystrybutorów wyznaczać cysterny paliwowe, które dowoziłyby paliwo bez konieczności wyczekiwania na nie samolotów;
- organizowanie w pobliżu miejsc rozmieszczenia samolotów eskadrowych miejsc przechowywania środków materiałowych, już przygotowanych do załadowania na samoloty, w ilości-

ci zabezpieczającej minimum 50% potrzeb dnia lotnego;

- jeżeli jest to możliwe, do tankowania samolotów paliwem wykorzystywać, szczególnie na lotniskach stałych, rurociągi paliwowe.

Odtwarzanie gotowości bojowej samolotów oddziału lotniczego obejmuje kompleks przedsięwzięć, służby inżynierjno-lotniczej i służb zaopatrujących plm OPK, nakierowanych na bezpośrednie przygotowanie samolotów do wylotu na wykonanie zadania bojowego.

Gotowość bojowa samolotów może być odtwarzana w trójpozycyjnym lub jednopozycyjnym ciągu technicznym zorganizowanym w pobliżu pasa startowego /na magistralnej drodze łączącej/ lub w strefach rozśrodkowania eskadr.

W wypadku organizowania ciągu technicznego /trójpozycyjnego lub jednopozycyjnego/ poszczególne środki materiałowo-technicznego zabezpieczenia /mtz/ ustawione są w punktach pracy na stałe. Samoloty są kołowane z pozycji pierwszej do następnej zgodnie z ustaloną kolejnością. Zastosowanie tego sposobu odtwarzania gotowości bojowej zezwala na koncentrację sił i środków mtz, a tym samym umożliwia szybkie odtworzenie gotowości bojowej małych grup samolotów. Sposób ten stosuje się często wtedy, gdy plm OPK posiada na lotnisku rozwinięty rurociąg paliwowy.

Jeżeli odtwarzanie gotowości bojowej samolotów odbywa się w strefach rozśrodkowania eskadr, to środki i sprzęt mtz dzielone są równomiernie na obie eskadry. Ze względu na taki podział, dość długo trwa odtwarzanie gotowości bojowej grup samolotów /klucz, dwa klucze, eskadra/,

ale odtwarzanie gotowości całego pułku trwa znacznie krócej niż w poprzednim sposobie odtwarzania gotowości bojowej.^{x/}

Niezależnie od sposobu realizacji, odtwarzanie gotowości bojowej obejmuje następujące ważniejsze przedsięwzięcia:

- przyjęcie samolotów od pilotów i wykonanie czynności związanych z przygotowaniem ich do odtwarzania gotowości bojowej /ogólny przegląd, założenie zabezpieczeń na mechanizmy, uziemienie, rozładowanie niewykorzystanej amunicji itp./;

- wykonanie przeglądu startowego samolotów z równoczesnym usuwaniem usterek zgłoszonych przez pilotów lub wykrytych w czasie samego przeglądu;

- sprawdzenie instalacji paliwowej, olejowej i przeciwoblodzeniowej oraz napełnienie zbiorników tych instalacji;

- sprawdzenie instalacji tlenowej i powietrznej oraz załadowanie tlenu i powietrza na samoloty;

- kontrola urządzeń uzbrojenia, załadowanie naboju, podwieszenie pocisków raketowych lub innych środków walki;

- kontrola realizacji poszczególnych przedsięwzięć odtwarzania gotowości bojowej oraz stanu technicznego samolotów przez dowódców lub techników kluczy /eskadr/;

- przygotowanie samolotów do startu i przekazanie ich personelowi latającemu.

x/ W pierwszym przypadku odtwarzanie gotowości bojowej odbywa się szeregowo /1,2 eskadra/ i czasy odtwarzania tych eskadr sumują się w czas odtwarzania gotowości bojowej całego pułku. W drugim przypadku odtwarzanie gotowości jest równoległe i czas odtwarzania gotowości 1 eskadry jest czasem odtwarzania gotowości bojowej całego plm OPK.

Z całą pewnością najważniejszymi i najbardziej pracochłonnymi z tych przedsięwzięć są czynności związane z ładowaniem na samoloty tlenu lotniczego, tankowaniem paliwa i załadowaniem uzbrojenia lotniczego. Czynności te są dlatego ważne i pracochłonne, że:

- wymagają odpowiedniej ilości sprzętu i ludzi do ich realizacji;
- środków technicznych przeznaczonych do ładowania, szczególnie tlenu i sprężonego powietrza jest niewiele;
- czynności ze względu na warunki bezpieczeństwa wzajemnie się wykluczają i muszą być wykonywane w odpowiedniej kolejności.

Do tankowania samolotów paliwem lotniczym wykorzystuje się dystrybutory paliwa o pojemności 8.000 l do 20.000 l /z przyczepami cysternami/ i wydajności pomp paliwowych 240-300 l na minutę. Na lotniskach stałego bazowania mogą być również stosowane do tankowania samolotów rurociągi polowe o wydajności, w zależności od liczby podłączonych do jednoczesnego tankowania samolotów, od 180 do 600 l na minutę.

Czas napełniania zbiorników samolotów paliwem zależy od typu i liczby samolotów, pojemności i liczby dystrybutorów paliwa, wydajności pomp paliwowych, organizacji napełniania samolotów paliwem i przygotowania stanu osobowego.

Zarówno kalkulacje jak i obserwacja odtwarzania gotowości bojowej na lotniskach wykazuje, że bardziej opłacalne, z punktu widzenia czasu tankowania samolotów, jest wykorzystywanie większej liczby dystrybutorów paliwa o mniejszej pojemności niż małej liczby dystrybutorów o dużej pojemności.

Istotny wpływ na czas tankowania samolotów paliwem ma rozwinęty na lotnisku rurociąg polowy. W tym przypadku wystarczy posiadanie na starcie 2-3 dystrybutorów paliwowych przygotowanych do tankowania samolotów w sytuacjach awaryjnych. Wydaje się jednak, że w toku działań bojowych rozwijanie rurociągu, ze względu na długi czas tego rozwijania będzie raczej utrudnione.

Do ładowania na samoloty tlenu lotniczego wykorzystuje się trzy dystrybutory tlenowe. Czas ładowania tlenem jednego samolotu wynosi 4-5 minut. Czas ładowania tlenem eskadry /18 samolotów/ wynosi:

- jednym dystrybutorem - 72 - 90 min.
- dwoma dystrybutorami - 36 - 45 min.
- trzema dystrybutorami - 24 - 30 min.

Porównanie czasów trwania tankowania trzech samolotów paliwem /42 minuty/ i czasów ładowania tlenem lotniczym wskazuje, że plm OPK powinien mieć etatowo dla każdej eskadry dwa dystrybutory tlenowe. Ogólny czas ładowania tych środków materiałowych /paliwo i tlen/ nie przekraczałby 45 minut.

Ładowanie i podwieszanie uzbrojenia obejmuje sprawdzenie urządzeń uzbrojenia, rozładowanie niewykorzystanej amunicji, załadowanie działek lotniczych oraz podwieszenie pocisków raketowych /bomb lotniczych/. Realizacja powyższego w zależności od warunków istniejących na danym lotnisku, może przebiegać jednoetapowo - bezpośrednio po lądowaniu samolotu i przykołowaniu na miejsce wyznaczone do tego celu. Taki sposób realizacji uzbrajania samolotu wydatnie skraca czas wykonywania czynności. Jednakże powoduje to przesłanki do wypadków związanych z odpaleniem działek lub pocisków

rakietowych w toku dalszego odtwarzania gotowości bojowej. Dlatego też częstym zjawiskiem będzie dwuetapowe wykonywanie prac. W pierwszym etapie /po wylądowaniu/ wykonanie kontroli uzbrojenia i rozładowanie niezużytej amunicji. W drugim etapie /pod koniec odtwarzania gotowości bojowej/ ładowanie naboju lotniczych, podwieszanie pocisków rakietowych lub bomb oraz ładowanie naboju sygnałowych.

Należy zauważyć, że zmiana wariantu uzbrojenia samolotów powoduje sobą konieczność zmiany belek nośnych. Zmiana ta angażuje dodatkowo 25-50% czasu. Dlatego też plm OPK powinien mieć wydzielone grupy samolotów na stałe przygotowane do danego wariantu uzbrojenia.

Ponadto, w warunkach rozśrodkowanego bazowania plm OPK na lotnisku, samoloty będą rozmieszczone z reguły w strefach rozśrodkowania, które będą oddalone od drogi startowej od 1.000-1.500 m /lotnisko bazowania/ do 2.000-2.500 m /lotnisko zapasowe/. Dlatego też istotny będzie dla ogólnego czasu odtwarzania gotowości bojowej samolotów czas ich holowania do strefy rozśrodkowania i stamtąd na drogę startową.

Jeżeli na eskadrę wydzielimy 5-8 holowników, to każdy z nich musi holować do i ze strefy rozśrodkowania 3-4 samoloty. Czas holowania tych samolotów znacznie przedłuży ogólny czas odtwarzania gotowości bojowej.

Dlatego też, jeżeli tylko stan dróg łączących drogę startową ze strefami rozśrodkowania eskadr umożliwi kołowanie samolotów, to kompetentny dowódca powinien wydać zezwolenie na kołowanie x/.

x/ Istnieje zarządzenie dowódcy Wojsk OPK zabraniające, w czasie pokoju kołowania samolotami do stref rozśrodkowania.

W takiej sytuacji ogólny czas odtwarzania gotowości bojowej skróci się o czas podłączenia i odłączenia holowników oraz odbywania nimi kolejnych rejsów czyli o około 20-60 minut.

1,6. Zabezpieczenie pod względem tyłowym manewru lotniskowego oddziałów lotniczych WOPK

Warunki współczesnych działań bojowych, głównie zagrożenie uderzeniem jądrowym i działanie nieprzyjaciela z różnych kierunków wpływają, że oddziały lotnicze często będą wykonywały manewr lotniskowy.

Dlatego też poważnym zadaniem stojącym przed pododdziałami i służbami tyłowymi plm OPK będzie sprawne zabezpieczenie manewru tych oddziałów na nowe lotniska manewru i zapasowe.

Wykonanie tego zadania polega na szybkim i terminowym przemieszczaniu dużej ilości środków materiałowych i sprzętu. Do bardziej szczegółowych zadań w zakresie tyłowego zabezpieczenia manewru lotniskowego plm OPK należałoby zaliczyć:

- organizowanie poszczególnych elementów /grup/ do zabezpieczenia przebazowania rzutu bojowego;
- przemieszczenie /na rozkaz/ wydzielonych elementów na lotniska i manewru;
- zabezpieczenie przyjęcia i odtwarzania gotowości rzutu bojowego;
- rozpoznanie i przygotowanie lotnisk manewru do działań bojowych całości lub części plm OPK;

- przyjęcie i przechowywanie środków materiałowych na lotniskach manewru.

Organizowanie grup sił i środków tyłowych do zabezpieczenia przebazowania rzutu bojowego obejmuje wyznaczenie, przygotowanie i wyposażenie w odpowiednie ilości sił, środków materiałowych i transportu samochodowego:

- komendy lotniska zapasowego;
- grupy rekonesansowej;
- czołówki zaopatrzenia.

Klz, jak już powiedziano, jest przeznaczona do utrzymania lotniska zapasowego w gotowości eksploatacyjnej, przyjmowania samolotów i odtwarzania ich gotowości bojowej. W tym celu posiada ona odpowiednią ilość sił i środków zabezpieczenia tyłowego /tabela 2/. Zgodnie z tym wyposażeniem klz jest w stanie przygotować się do przyjęcia i zabezpieczenia odtwarzania gotowości bojowej samolotów, po 40 minutach od chwili ogłoszenia alarmu bojowego x/.

Czas gotowości klz do przyjęcia pułku na lotnisku zapasowym, stwarza warunki dokonywania manewru całości lub części sił plm OPK bezpośrednio po osiągnięciu gotowości bojowej.

Ujemną stroną obecnego składu sił i środków klz jest długi czas odtwarzania gotowości bojowej samolotów. Czas ten przedstawia się następująco: xx/

- | | |
|------------------------|----------------|
| - pary samolotów | 30 - 35 min. |
| - klucza samolotów | 55 - 60 min. |
| - eskadry | 240 - 250 min. |
| - pułku lotniczego OPK | 480 - 500 min. |

x/ Opracowanie DW OPK op.cit. str.15

xx/ Na podstawie kalkulacji własnych i badań opinii w plm OPK.

Szczególnie niekorzystny czas w odtwarzaniu gotowości bojowej, wystąpi w przypadku jednoczesnego lądowania na lotnisku zapasowym dużych grup samolotów /eskadry, plm OPK/.

Dlatego też, w okresie bezpośredniego zagrożenia bezpieczeństwa państwa /stan osiagania pełnej gotowości bojowej lotnictwa/, należy wzmocnić klz częścią sił i środków oraz wysłać na lotniska zapasowe pierwsze grupy czołówek zaopatrzenia.

Czołówka zaopatrzenia jest tym elementem zabezpieczenia manewru lotniskowego, który wraz z klz /lub samodzielnie/ jest w stanie zabezpieczyć działania jednej eskadry, a przez krótki okres czasu całego plm OPK. Czołówki zaopatrzenia plm OPK organizuje się w dwóch rzutach:

- do pierwszego rzutu wydziela się sprzęt i środki mtz nie biorące udziału w doprowadzeniu oddziału lotniczego do stanu pełnej gotowości bojowej na lotnisku bazowania;

- do drugiego rzutu czołówki zaopatrzenia wydziela się pozostałe siły i środki przewidziane do przemieszczenia na lotniska zapasowe /manewru/.

Czołówka zaopatrzenia powinna zabrać taką ilość środków materiałowych, aby łącznie z zapasami posiadanymi, przez klz zabezpieczyć działania plm OPK /elm OPK/ średnio przez okres 2-3 dni. Orientacyjny stan zapasów materiałowych zabieranych w czołówce zaopatrzenia podano w tabeli 3.^{x/}

x/ płk dypl. Mieczysław Podgórski, Podstawy organizacji i działalności tyłów korpusu OPK. Skrypt ASG Warszawa 1972, str. 67-68.

Tabela 2 x/

Lp.		Jm.	Ilość
A. Wyposażenie w sprzęt i pojazdy mechaniczne:			
1	Samochód ciężarowo-szosowy	szt.	1-2
2	Ciągnik samochodowy średni	"	2-3
3	Cysterna do tankowania samolotów	"	3-4
4	Przyczepa cysterna paliwowa	"	3-4
5	Rozrusznik elektryczny	"	1-2
6	Traktor kołowy	"	1
7	Wyposażenie PTA	kpl.	1
8	Radiostacja prowadząca	"	1
9	Punkt radionamierzania	"	1
10	Urządzenie elektroświetlne typu "Lucz"	"	1/2
11	Stacja reflektorowa APM-90	"	1
12	Elektrownia oświetleniowa EO-16	"	1
13	Zamiatarko-zraszarka lotniskowa	szt.	1
14	Sprzęt agrotechniczny /w okresie letnim/	kpl.	1
15	Sprzęt i środki odśnieżania /w okresie zimy/	"	1
B. Środki materiałowe:			
1	Naboje lotnicze	jo	2
2	Pociski raketowe:		
	- S-5m	"	2
	- S-5	"	2
3	Paliwo lotnicze	ju	6-8
4	Tlen i sprężone powietrze	jz	2
5	Żywność wg normy:		
	- "Lot"	rdz.	2
	- "W"	"	1
	- "Z" /na stan żołnierzy klz/	"	15
C. Stan personelu:			
	oficerów, chorążych, podoficerów i szeregowców	osób	50-60

x/ Wydawnictwo DW OPK, op cit. str. 63-64

Tabela 3

Lp.	Rodzaj środków materiałowych	Jm.	Czołówka zaopatrzenia	
			I rzut	II rzut
1	Sprzęt zasadniczy:			x/ według potrzeb ustalają dowódcy plm.
	- cysterny /dystryb./ do tank. samolotów	szt.	7-9	
	- rozruszniki elektryczne	"	2-3	
	- dystrybutory tlenowe	"	1	
	- dystrybutory powietrzno-azotowe	"		
	- kompresory powietrzne	"	1	
	- polowe stacje ładow. akumulat.	"	1	
	- ciągniki samochodowe	"	2-3	
	- samochody p/poż.	"	1	
	- samochody ciężarowo-szosowe	stosownie do potrzeb		
2	Środki materiałowe:			
	- naboje lotnicze z ogniwami	jo	-	1,0
	- pociski rakietowe niekierowane	"	-	1,0
	- paliwo lotnicze	ju	0,5	0,5
	- benzyna motorowa	"	0,25	0,25
	- olej napędowy	"	1,0	1,0
	- tlen lotniczy	jz	3,0	4,0
	- powietrze sprężone	"	2,0	-
	- żywność:			
	"Lot"	rdz.	1	2
	"LT"	"	2	3
	"W"	"	2	2
3	Części zamienne i materiały eksploatacyjno-remontowe	dni według norm		
4	Inne środki materiałowe i wyposażenie specjalne, techniczne i kwaterm. według potrzeb	ustalają dowódcy plm OPK w ramach limitów norm i potrzeb		

x/ Ustalenia powinny dać taką wielkość sił i środków na lotnisku zapasowym by stanowiły sobą około 50% ogólnego stanu sił plm OPK.

Zabierany w obu grupach czołówki zaopatrzenia transport i sprzęt techniczny /wraz z transportem i sprzętem klz/ stanowi sobą około 40-50% sił i środków plm OPK.

Wyjazd pierwszej grupy czołówki zaopatrzenia na lotnisko manewru /zapasowe/ następuje po około 1-1,5 godziny, to znaczy bezpośrednio po osiągnięciu przez nią gotowości do wymarszu.

Druga grupa czołówki zaopatrzenia wyjeżdża po wylocie samolotów na nowe lotnisko. Czas wymarszu zależy głównie od czasu przemieszczenia pierwszej części czołówki i jej rozwinięcia się na nowym lotnisku oraz czasu przelotu samolotów na to lotnisko.

Przemieszczenie wydzielonych elementów zabezpieczenia na lotnisko zapasowe odbywa się w różnym czasie. Zależy to od sposobu działania danego pułku, jego miejsca i zadań w ramach danego KOPK itp.

Mogą tu zaistnieć następujące warianty działania:

- klz znajduje się na lotnisku zapasowym, na rozkaz dołącza do niego pierwsza grupa czołówki zaopatrzenia, a po niej, w odpowiednim czasie, druga grupa tej czołówki;

- klz znajduje się na lotnisku bazowania w gotowości do wyjazdu na lotnisko zapasowe, na sygnał wyjeżdża na to lotnisko, a następnie przybywają pozostałe elementy;

- czołówka zaopatrzenia udaje się na lotnisko, na którym nie ma klz, ale jest tam komenda lotniska stałego /kls/ pozostawiona przez pułk lotniczy lotnictwa operacyjnego /AL/;

- czołówka zaopatrzenia przemieszcza się na lotnisko, na którym nie ma żadnych sił i środków tyłowego zabezpieczenia.

Jeżeli przyjmiemy jednakowe warunki ^{x/} dla wszystkich czterech wymienionych wariantów, to zobaczymy zasadnicze różnice czasowe w możliwościach tyłowego zabezpieczenia plm OPK /elm OPK/ na lotnisku zapasowym ^{xx/}.

Orientacyjne czasy przemieszczenia grupy rekonesansowej, klz i czołówki zaopatrzenia na lotnisko zapasowe pokazano w tablicy 4 ^{xxx/}.

Z przedstawionych w tabeli danych liczbowych wynika, że różnice czasowe w poszczególnych przypadkach zabezpieczenia przebazowania są bardzo duże, a szczególnie są one niekorzystne w wariantcie czwartym.

O ile, jak dotąd, nie notuje się dyskusji na temat pierwszego i drugiego wariantu, to dowódcy /szefowie sztabów/ dyskutowali do niedawna nad trzecim i nadal dyskutują nad czwartym wariantem zabezpieczenia przebazowania pułku /eskadry/.

Lotnisko, na które ma się przebazować eskadra ma klz pozostawioną tam przez pułk lotniczy armii lotniczej.

x/ Warunki te są następujące: odległość lotniska zapasowego od lotniska bazowania wynosi 100 km. Plm OPK znajduje się w toku realizacji prac stanu podwyższonej gotowości bojowej, przy czym zasadnicze prace skrytej mobilizacji zostały wykonane. Przychodzi sygnał przygotowania i przebazowania jednej elm OPK na lotnisko zapasowe.

xx/ Autor nie miał możliwości praktycznego zbadania wszystkich wymienionych wariantów. Zbadano tylko przypadki typowe, pozostałe czasy określono na podstawie badania opinii fachowców z plm OPK i KOPK.

xxx/ Tablicę w wariantcie 3 i 4 opracowano na podstawie badania opinii 20 oficerów z pułków lotniczych OPK, 10 oficerów z dowództwa KOPK oraz 20 słuchaczy Akademii Sztabu Generalnego profilu OPK i Zaopatrzenia Wojsk Lotniczych ze specjalnością OPK.

Rozpatrywany plm OPK nie zna tego lotniska, dokładnych możliwości kls, możliwości rozmieszczenia na lotnisku sił i środków eskadry. Wymaga to więc wysłania odpowiedniej grupy 4-5 ludzi, którzy zapoznaliby się z tymi zagadnieniami kls i przyjęliby pozostawione siły i środki przez pułk lotniczy AL. Grupa ta powinna zapoznać dowódcę kls z zadaniem plm OPK i postawić mu zadanie przyjęcia pułku /eskadry/ na lotnisku. W skład takiej grupy mogą przykładowo wchodzić:

- zastępca dowódcy plm OPK d/s liniowych;
- komendant lotniska;
- przedstawiciel służb technicznych pułku;
- przedstawiciel służb kwatermistrzowskich;
- przedstawiciel batalionu łączności.

Grupa w takim składzie jest w stanie przyjąć lotnisko, środki materiałowe i sprzęt oraz postawić zadania dowódcy kls i przyjąć samoloty na lotnisku.

Kls posiada wszystkie siły i środki niezbędne do przyjęcia i odtwarzania gotowości bojowej samolotów plm OPK z tym, że czas odtwarzania gotowości będzie dość długi, szczególnie grup samolotów od eskadry wzwyż. Stan sił i środków kls przedstawiono w tabeli 5 x/.

Skrócenie czasu odtwarzania gotowości bojowej samolotów plm OPK przez kls można osiągnąć poprzez:

- zabranie w grupie rekonesansowej dwóch pomp tlenowych /KM-2, KN-3/;
- wcześniejsze wysłanie na lotnisko /bezpośrednio po otrzymaniu zadania/ jednego dystrybutora paliwowego i tlenowego;

x/ płk dypl. Mieczysław Podgórski. Skrypt ASG, op cit.str.65-66

Tabela 4

Lp.	Wyszczególnienie przedsięwzięć	Wariant I			Wariant II			Wariant III			Wariant IV		
		klz	czołówka zaopatrz.		klz	czołówka zaopatrz.		grupa reko-nes.	czołówka zaopatrz.		grupa reko-nes.	czołówka zaopatrz.	
			I	II		I	II		I	II		I	II
			grupa	grupa		grupa		grupa		grupa		grupa	grupa
1	Przygotowanie do przemieszczenia	-	0/80	90/180	0/30	0/80	90/180	0/30	0/80	90/180	0/30	120/210	540/630
2	Formowanie kolumny do wymarszu	-	80/90	180/190	30/40	80/90	180/190	30/40	80/90	180/190	30/40	210/220	630/640
3	Przemarsz na lotnisko zapasowe	-	90/330	190/430	40/280	90/330	190/430	40/70	90/330	190/430	40/70	220/460	640/880
4	Przygotowanie do przyjęcia rzutu naziemnego	40/40	-	-	340/350	-	-	70/100	-	-	70/430	-	-
5	Rozwinięcie sił i środków na lotnisku zapasowym	-	330/420	430/520	280/340	330/420	430/520	-	330/420	430/520	-	460/550	880/970
6	Przygotowanie do przyjęcia samolotów	40/50	330/340	430/440	340/350	330/340	430/440	100/130	330/420	500/520	-	520/550	940/950
7	Przyjęcie samolotów na lotnisku zapasowym	50/60	-	-	350/360	-	-	130/140	420/430	-	-	550/560	-
8	Odtworzenie gotowości bojowej samolotów	60/300	340/430	440/530	360/430	340/430	440/530	140/380	430/520	520/530	-	560/650	950/1080

Lp.	Wyszczególnienie	Jm.	Kategoria kls		
			I	II	III
1	<u>Sprzęt i pojazdy mechaniczne</u>				
	- samochód osobowo-terenowy	szt.	1	1	1
	- samochód ciężarowo-szosowy	"	4	3	3
	- ciągnik samochodowy średni	"	1	1	1
	- traktor kołowy	"	1	1	1
	- przyczepa transportowa 3-4 t	"	5	5	5
	- cysterna do tankow.samole- tów	"	2	2	2
	- dystrybutor wodo-olejowy	"	1	1	1
	- przyczepa cysterna benzyn.	"	1	1	1
	- rozrusznik elektryczny APA	"	1	1	1
	- samochód sanitarny	"	1	1	1
	- samochód p/poż.	"	1	1	1
	- stacja reflektorowa APM-90	"	3	1	-
	- radiostacja prowadząca	"	8	2	-
	- radiostacja UKF	"	4	2	2
	- radiolokator obserw. okrężn.	"	1	-	-
	- radiolatarnia kursowa	"	2	-	-
	- radiolatarnia ślizgowa	"	2	-	-
	- radiodalmierz	"	2	-	-
	- zespół prądowórczy	"	2	2	2
	- samobieżny zgarniacz śniegu	"	1	1	1
	- zamiatarka lotniskowa	"	1	1	1
2	<u>Środki materiałowe:</u>				
	- paliwo lotnicze PS-2	ton	600- 1000	600	600
	- inne środki materiał.nie zabrane przez oddział opuszczający lotnisko				
3	<u>Stan osobowy:</u>				
	- oficerów		24	17	17
	- podoficerów		96	67	63
	- szeregowych		204- 324	137- 221	136- 216
	- gotowość do zabezpiecze- nia działań bojowych	min.	30- 40	30- 40	30- 40

- szybkie przebazowanie transportem powietrznym personelu technicznego, szczególnie stanu osobowego klucza uzbrojenia.

1.7. Utrzymanie sprzętu bojowego i pojazdów mechanicznych w stanie wysokiej sprawności technicznej i gotowości bojowej

Utrzymanie sprzętu bojowego i pojazdów mechanicznych w stanie wysokiej sprawności technicznej i gotowości bojowej wchodzi w zakres zabezpieczenia technicznego.

Zabezpieczenie to obejmuje:

- organizację technicznie prawidłowej eksploatacji sprzętu bojowego, technicznego i pojazdów mechanicznych;
- organizację terminowego przeprowadzania obsług technicznych sprzętu i pojazdów mechanicznych;
- organizację, wykonanie i kierowanie do napraw sprzętu bojowego i technicznego;
- gromadzenie niezbędnych zapasów części zamiennej oraz terminowe ich uzupełnianie;
- ewakuację uszkodzonego sprzętu technicznego i transportu samochodowego.

Organizacja technicznie prawidłowej eksploatacji sprzętu i pojazdów obejmuje: wykonanie przewidzianych normami obsług technicznych, zapewniających wykorzystanie sprzętu w działalności bojowej wojsk; kontrolę przestrzegania prawidłowej eksploatacji z uwzględnieniem przeznaczenia, możliwości technicznych, zasad technicznego wykorzystywania, zapewnienie właściwego przechowywania sprzętu, jego konserwację i ochronę.

Organizacja terminowego przeprowadzania obsługi technicznych ma na celu utrzymanie sprzętu i pojazdów mechanicznych w stałej sprawności technicznej, przygotowanie go do pracy w określonych warunkach eksploatacyjnych oraz wykrycie i usunięcie przyczyn powodujących przedwczesne zużycie części lub uszkodzeń poszczególnych zespołów sprzętu.

Obsługa techniczna sprzętu obejmuje następujące ważniejsze przedsięwzięcia:

- mycie i czyszczenie;
- sprawdzenie umocowania urządzeń i ukompletowanie wyposażenia;
- sprawdzenie i regulacja mechanizmów i zespołów;
- wymianę drobnych części i pojedynczych elementów sprzętu technicznego;
- uzupełnienie materiałów eksploatacyjnych;
- wykonanie czynności dodatkowych związanych zakresowo z odpowiednim rodzajem obsługi technicznej.

Obsługi techniczne pojazdów mechanicznych można podzielić następująco ^{x/}:

- przegląd pojazdu przed wyjazdem;
- przegląd pojazdu w drodze;
- obsługa codzienna;
- pierwsza obsługa techniczna OT-1;
- druga obsługa techniczna OT-2;
- obsługa sezonowa /przejście pojazdu do eksploatacji letniej lub zimowej/;
- obsługa w okresie docierania.

x/ Opracowano na podstawie materiału "Ogólne zasady zabezpieczenia wojsk w działaniach bojowych". Wyd.ASG, Warszawa 1971 r.

Większość wymienionych rodzajów obsługi technicznej w swej realizacji nie przedstawia zasadniczych trudności. Przedsięwzięcia wykonuje sam kierowca, pod nadzorem przełożonego, lub wykonywane są okresowo przez pododdziały remontowe.

Ze względu na swój zakres i ciągle zaangażowanie mocy produkcyjnych pododdziałów naprawczych ważne są obsługi OT-1, OT-2 i naprawa bieżąca ^{x/}. Prowadzenie tych usług związane jest z przejechaniem przez pojazdy określonej ilości kilometrów lub przepracowaniem określonej ilości motogodzin.

Wielkości cyklu obsługi i wielkość cyklu przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6

Lp.	Rodzaje pojazdów mechanicznych	Jm.	Cykle obsługi	Wielkość normy			
				dla OT-1		dla OT-2	
				dol- na	gór- na	dol- na	gór- na
1	Samochody osobowe, ciężarowe autobusy i przyczepy	km	4xOT-1, 1xOT-2	1000	1200	5000	6000
2	Motocykle	"	4xOT-1, 1xOT-2	400	500	2000	2500
3	Szybkobieżne ciągniki gąsienicowe	"	1xOT-1, 1xOT-2	500	600	1000	1200
4	Traktory gąsienicowe	mtg	1xOT-1, 1xOT-2	50	60	100	120
5	Traktory kołowe	"	2xOT-1, 1xOT-2	80	100	240	300

x/ Ze względu na potrzeby tematu i jego zakres rozpatruje się tylko zagadnienia związane z obsługami transportu samochodowego.

Jak przedstawia się wielkość przebytych kilometrów przez transport samochodowy podczas zabezpieczenia zadań bojowych plm OPK. W zakresie zabezpieczenia działalności bojowej i gospodarczej transport realizuje następujące zadania:

- dowóz środków materiałowych z magazynów lotniskowych do stref rozśrodkowania samolotów;
- obsługa ładowania środków materiałowych, rozruchu silników lotniczych, holowania i innych czynności związanych z odtwarzaniem gotowości bojowej samolotów;
- dowóz personelu latającego i technicznego z miejsc rozmieszczenia do samolotów;
- załatwianie spraw gospodarczych i zadań obsługi gospodarzo-bytowej;
- dowóz środków materiałowych z zewnętrznych źródeł zaopatrzenia do magazynów na lotnisku itp.

Stan ilościowy zużytych /przejechanych/ kilometrów zależy od wielu czynników /rodzaj lotniska, sposób rozmieszczenia na lotnisku sił i środków, odległości od źródeł zaopatrzenia, wielkości potrzeb materiałowych itp/. Jednak średnio w ciągu dnia działań transport plm OPK przejedzie około 5.000 do 7.000 km. Biorąc pod uwagę normy przebiegów międzyobsługowych /tabela 6/ możemy stwierdzić, że po dniu działań należy przeprowadzić 4-5 obsług technicznych nr 1 i 1-2 obsługi techniczne nr 2. Z porównania potrzeb i możliwości wynika, że moc produkcyjna warsztatów naprawczych będzie zaabsorbowana wykonaniem tych obsług w około 25 %. Pozostałe 75 % mocy produkcyjnej będzie musiało obsłużyć potrzebne naprawy samochodów.

Organizacja i wykonanie napraw sprzętu i pojazdów mechanicznych obejmuje planowanie i realizację remontów bieżących, średnich i głównych. Remont /naprawa/ ma na celu przywrócenie pojazdom mechanicznym sprawności technicznej utraconej wskutek zużycia, uszkodzenia lub zniszczenia ich poszczególnych części mechanizmów i zespołów. Potrzeby naprawcze mogą zaistnieć w wyniku:

- zużycia naturalnego części, zespołów i zespołów
- uszkodzeń eksploatacyjnych powstałych w wyniku nieszczęśliwego wypadku, który nastąpił podczas użytkowania sprzętu;
- uszkodzeń powstałych przez oddziaływanie przeciwnika podczas działań wojennych.

Zużycie naturalne może powstać z powodu wysokich temperatur, występowania sił tarcia oraz niewłaściwej eksploatacji sprzętu. Są to, poza niewłaściwą eksploatacją, sprawy przewidziane normami technicznymi i przez właściwe przeprowadzanie obsług technicznych można zużyciu takiemu zapobiec.

Niewłaściwa i nieterminowa obsługa techniczna, naturalne zużycie części poniżej dopuszczalnych norm oraz wypadki drogowe powodują powstawanie strat eksploatacyjnych. Na wielkość tych strat mają wpływ następujące czynniki:

- warunki terenowe i atmosferyczne;
- stan psychiczny i fizyczny kierowców;
- wyszkolenie kierowców;
- przestrzeganie zasad obsługi technicznej i jej jakości;
- prędkość jazdy pojazdów w czasie eksploatacji;
- warunki użytkowania sprzętu;

- natężenie działalności transportu i sprzętu podczas zabezpieczenia działań bojowych plm OPK;
- stan dróg, ich przejezdność i przepustowość.

Średnie straty eksploatacyjne transportu samochodowego i sprzętu technicznego będą się mieścić w granicach 3 - 5% stanu pojazdów i sprzętu x/.

Biorąc pod uwagę stan etatowy pojazdów mechanicznych w plm OPK będzie to 8 - 12 pojazdów dziennie. Klasyfikacja uszkodzeń wymagających napraw i naprawość może być następująca: naprawa bieżąca - 80%, naprawa średnia - 10%, naprawa główna - 5% oraz straty bezpowrotne - 5%. Będzie to stanowiło 6-10 pojazdów podlegających naprawie bieżącej oraz 2-4 pojazdy pozostałym naprawom /w tym i stratom bezpowrotnym/.

Porównanie potrzeb i możliwości ruchomych warsztatów naprawy samochodów plm OPK /pluton naprawczy/ wskazuje, że wykonanie tych napraw zajmie dalsze 60-70% możliwości produkcyjnych tych warsztatów.

Rozmiar uszkodzeń i zniszczeń powstałych w wyniku działalności bojowej przeciwnika zależy od:

- zakresu użycia przez przeciwnika broni masowego rażenia;
- skuteczności rażenia środków klasycznych;
- rozśrodkowania sprzętu na lotnisku;
- rozbudowy inżynieryjnej i ukryć;
- zakresu i skuteczności maskowania;
- warunków terenowych i atmosferycznych.

Do strat bojowych będą się zaliczały: bezpośrednio trafienia sprzętu pociskiem lub odłamkami bomb lotniczych /min/, obalenia podmuchem fali uderzeniowej wybuchu jądrowego

x/ na podstawie Biuletynu Informacyjnego Sztabu Generalnego 5/95/1969.

lub uszkodzenia /zniszczenia/ powstałe od walących się drzew, domów, wiaduktów itp.

Uważam, że na lotniskach plm OPK straty bojowe będą stosunkowo niewielkie i będą się mieścić w granicach 0,5 do 1% bez użycia broni masowego rażenia oraz 10-15% w warunkach użycia tej broni. Motywy powyższego stwierdzenia są następujące:

- duże rozśrodkowanie sprzętu technicznego i pojazdów mechanicznych na lotnisku;

- dobra rozbudowa inżynieryjna /obwałowania dla samolotów, wykopy i schrony na transport samochodowy itp./ zarówno na lotniskach bazowania jak i zapasowych;

- właściwe maskowanie sprzętu technicznego na lotniskach;

- niewielka opłacalność uderzeń, szczególnie jądrowych, na przemieszczające się rzuty samochodowe /czołówki zaopatrzenia/.

Jeżeli wymienione procentowo straty bojowe przyjmiemy za hipotetycznie prawdziwe, to stwierdzimy, że w ogólnej ilości pojazdów plm OPK będzie uszkodzonych od 5 do 28 pojazdów. Podział tych strat według rodzajów napraw może być następujący ^{x/}: naprawy bieżące - 50 %, naprawy średnie - 30 %, naprawy główne - 10 % oraz straty bezpowrotne - 10 %.

Z powyższego wynika, że w warunkach użycia broni jądrowej naprawom bieżącym podlegać będzie 12-14 pojazdów mechanicznych, naprawom średnim 8-9 pojazdów i naprawom głównym 2-3 pojazdy. Jeżeli zestawimy potrzeby remontowe plm OPK i możliwości posiadanych warsztatów to dojdziemy do

x/ również na podstawie Biuletynu Informacyjnego, op cit.

daleko idących wniosków. Orientacyjne potrzeby naprawcze transportu samochodowego i możliwości produkcyjne warsztatów naprawczych przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7

Wyszczególnienie obsługi i napraw	Dzienne straty sprzętu				Możliwości naprawcze			
	uszkodzenia ekspl.	bojowe		Razem	plm OPK		KOPK x/	Razem
		bez użycia brzoj	z użyciem brzoj		pl rem. sam.	okr. rem. sam.		
OT-1		5		5	20	7	-	27
OT-2		2		2	4	1	5	10
Naprawa bieżąca	8	2	13	23	6	2	5	12
Naprawa średnia	2	1	8	11	x	x	1	1
Naprawa główna	1	1	2	4	x	x	x	x
Straty bezpowrot.	1	1	2	4	x	x	x	x

Z tabeli wynika, że w warunkach uszkodzeń eksploatacyjnych i bojowych lecz bez stosowania broni jądrowej, plm OPK może wykonać bez trudności wszystkie obsługi techniczne i naprawy bieżące swoich pojazdów mechanicznych. W warunkach wojny jądrowej potrzeby naprawcze są większe od możliwości produkcyjnych o około 50%.

W takim przypadku nieodzowna jest pomoc warsztatów naprawczych Wojsk OPK. Mogą to być następujące warsztaty:

- warsztaty remontowe organizowane na bazie stacjonarnych warsztatów i stacji obsługi;

x/ Praktyczne możliwości naprawcze RMNS KOPK zostały zmniejszone do 1/3 ze względu na potrzebę udzielania pomocy technicznej innym jednostkom.

- okręgowe stacje obsługi;
- garnizonowe stacje obsługi;
- zmilitaryzowane warsztaty remontowe;
- bazy remontowe gospodarki narodowej i inne.

Każdy z wymienionych warsztatów OTK ma możliwości wykonania średnio około 4-5 napraw bieżących w ciągu dnia. Biorąc pod uwagę to, że np. warsztaty POM rozmieszczone są średnio co 40-60 km od siebie, zawsze w rejonie lotniska będzie usytuowane 1-2 warsztaty mogące w konieczności wykonać na rzecz pułku 2-5 napraw bieżących.

O ile chodzi o realizację napraw średnich i głównych, to wykonywane będą głównie siłami warsztatów naprawczych Wojsk OPK i IC MON. Korpus OPK będzie odpowiadał z reguły za ewakuację sprzętu i pojazdów mechanicznych do tych warsztatów. W tym celu organizowane będą nieetatowe grupy ewakuacyjne KOPK oraz etatowe grupy ewakuacyjne Wojsk OTK.

1.8. Wnio s k i

Z pobieżnej choćby analizy niektórych zadań zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa korpusu OPK wynika, że utrzymanie pułków lotniczych w stałej gotowości bojowej jest możliwe pod warunkiem, że wszystkie zadania zostaną w pełni i w terminie zrealizowane.

Za pełną i terminową realizację zadań tyłowego zabezpieczenia korpusu OPK odpowiada zastępca dowódcy korpusu d/s techniki i zaopatrzenia. Zastępca dowódcy korpusu jest organizatorem i koordynatorem zabezpieczenia. Sprawuje on nadzór nad stanem technicznym i wykorzystaniem sprzętu technicznego i bojowego oraz zaopatrzeniem wszystkich rodzajów WOPK, w tym i lotnictwa myśliwskiego.

Przewidywane częste zmiany w sytuacji powietrznej, planowane duże natężenie działań lotnictwa myśliwskiego OPK, ich aktywność i ciągłość wymagać będą maksymalnego wysiłku służb techniki i zaopatrzenia KOPK i plm OPK w realizacji wszechstronnego tyłowego zabezpieczenia tych działań.

Podległe zastępcy dowódcy KOPK d/s techniki i zaopatrzenia wydziały posiadają w swym składzie małą ilość oficerów. Dlatego też, terminowość i pełnię wykonania zadań można zapewnić przez zmianę stylu pracy, zmianę metod wypracowania decyzji, wprowadzania jej w życie i kontroli realizacji. Skład tyłów KOPK przedstawia schemat, rys.2.

Własne badania przeprowadzone w sztabach KOPK i w plm OPK wskazują, że stan osobowy sztabów służb techniki i zaopatrzenia przeważającą część czasu ^{x/} przeznaczają na prowadzenie kalkulacji związanych z przygotowaniem danych do decyzji.

Kalkulacje te prowadzone są w dwóch kierunkach: przygotowanie danych do decyzji i sprawozdawczość operacyjna dla wyższych szczebli. Pracochłonność tych kalkulacji powoduje, że brak jest czasu na prace koncepcyjne związane z operacyjno-taktycznym i taktycznym modelowaniem zabezpieczenia działań bojowych.

Jeżeli pracę nad realizacją zadań tyłowego zabezpieczenia działań bojowych podzielimy na etapy wypracowania decyzji, na wykonanie zadania i właściwą jego realizację, to zauważymy, że oba te etapy wymagają dużego wysiłku organi-

x/ Obserwacje dotyczą ćwiczeń taktyczno-tyłowych i ćwiczeń z wojskami WOPK.

zatorskiego stanów osobowych służb techniki i zaopatrzenia. Ideowy schemat dowodzenia tyłami korpusu OPK przedstawiono na rys. 3.

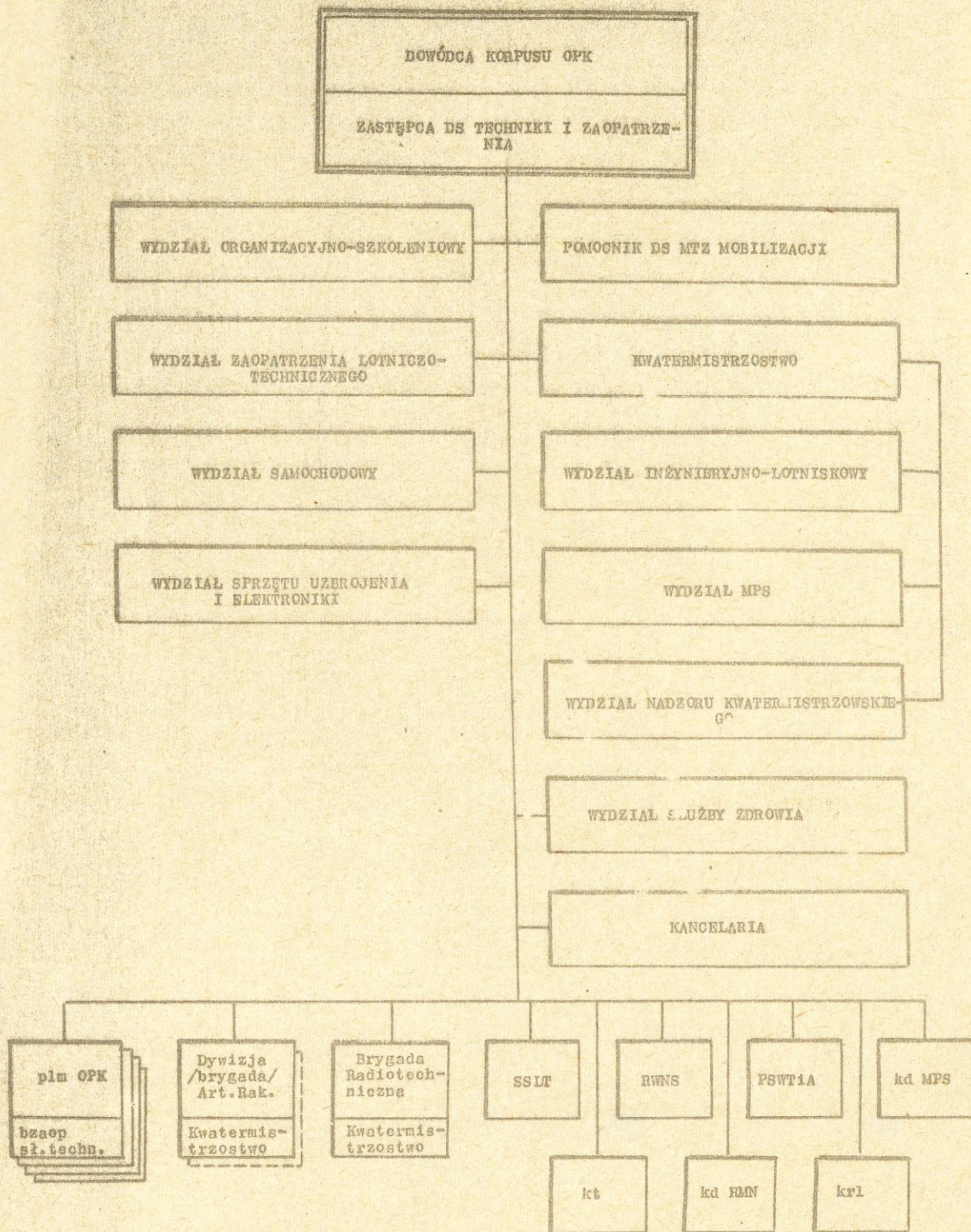
O ile chodzi o etap wypracowania decyzji, to od momentu otrzymania zadania można go podzielić na: zebranie i przygotowanie danych do decyzji, przetworzenie tych danych i przedstawienie w formie propozycji oraz właściwe podjęcie decyzji.

W procesie przygotowania decyzji na tyłowe zabezpieczenie działań jednym z głównych czynników decydujących o terminowości jest czas. Szybko rozwijająca się sytuacja powietrzna wymaga również szybkiego reagowania w dziedzinie zabezpieczenia tyłowego działań lotnictwa myśliwskiego OPK.

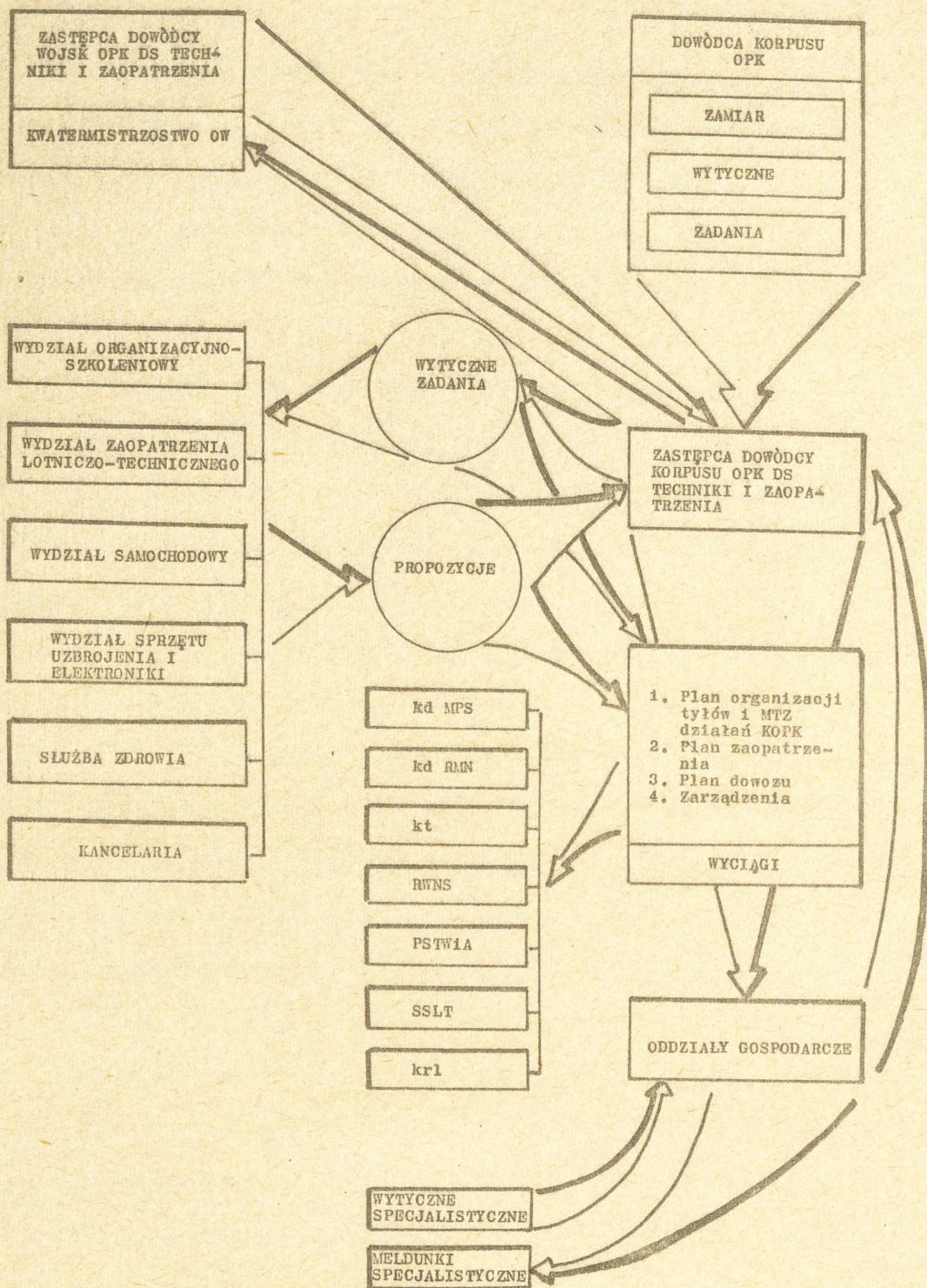
Występują tu jednak poważne dysproporcje, szczególnie w dwóch kierunkach: technicznymi możliwościami manewru sprzętu bojowego /samolotów/, a możliwościami środków zabezpieczenia oraz ilością informacji i możliwością ich przetworzenia.

Jeżeli chodzi o dysproporcje w zakresie możliwości manewru samolotów i środków ich zabezpieczenia to są one dość istotne. Aby przebazować eskadrę na lotnisko zapasowe wystarc na to czas nie przekraczający /łącznie z przelotem/ 30-120 minut ^{x/}. Gdy na lotnisku zapasowym /manewru/ nie ma sił i środków mtz, to dla zabezpieczenia tego manewru na odległość 100 km potrzebny jest minimalny czas /w zależności od pory roku i doby/ 360-480 minut.

x/ Czas ten zależy od stopnia gotowości bojowej, w jakim znajduje się eskadra w momencie otrzymania zadania.



Rys.2 Struktura organizacyjna tyłów korpusu OPK



Rys. 3. Ideowy schemat dowodzenia materiałowo-technicznym zabezpieczeniem korpusu OPK.

Dysproporcje w tym przypadku zmniejsza się poprzez przyspieszenie czasu przekazania zadania pododdziałom i służbom tyłowego zabezpieczenia, skracanie czasu wypracowania decyzji na zabezpieczenie manewru oraz szybsze przygotowanie rzutu /czołówki/ i wysłania go na nowe lotnisko zapasowe x/.

Dysproporcja pomiędzy ilością napływających informacji operacyjno-taktycznych i tyłowych, a możliwościami przetworzenia tych informacji dochodzi do granic, poza którymi sztaby nie mogą dać sobie rady z zebraniem danych, ich obiektywną oceną i przygotowaniem wniosków dla dowódcy. Większość decyzji, w tym i decyzji na zabezpieczenie tyłowe działań lotnictwa OPK musi być opartych na żmudnych kalkulacjach liczbowych doprowadzających swymi wynikami do obiektywnej oceny sytuacji. Obecnie sztaby organów tyłowych OPK znaczną część czasu poświęcają na kalkulacje i obliczenia, a więc na prace w pewnym sensie mechaniczne, dlatego też mogą tylko małą ilość czasu poświęcić na prace o charakterze koncepcyjnym.

Nadmierne przeciążenie pracą, często wykraczające poza fizyczne i psychiczne możliwości człowieka, powoduje niedokładności w opracowaniu danych, zezwala na opracowanie zaledwie jednego-dwóch wariantów działania, przez co powoduje nieobiektywną ocenę sytuacji, a podjęte decyzje w zakresie tyłowego zabezpieczenia są najczęściej empiryczne, oparte na intuicji i nawykach.

x/ Mowa tu o sytuacji, kiedy na nowoprzydzielonym lotnisku zapasowym /manewru/ brak jest sił i środków materiałowo-technicznego zabezpieczenia działań bojowych p/m OPK.

Na podstawie znajomości ogólnych zasad działania organizuje się wykonanie poszczególnych zadań, bez możliwości dokładniejszego przewidzenia ich zakończenia. Przy czym zmiana sytuacji bojowej w trakcie realizacji zadań powoduje często przestoje, wydłuża czas wykonania zadań, a przez to opóźnia osiągnięcie gotowości bojowej.

Podejmowane decyzje w tym stanie rzeczy są ogólne, naderające się do każdej sytuacji, a przez to mało konkretne. Stawiane na podstawie tych decyzji zadania są mało precyzyjne, zbyt ogólne, przez co dodatkowo utrudniają wykonawstwo.

Wykonane na podstawie tych decyzji plany działania są niekonkretne, nie wykazują współzależności wykonawców, nie zezwalają na wnikliwą kontrolę etapów realizacji zadań oraz utrudniają kierowanie zabezpieczeniem.

Ten stan rzeczy wykazuje, że stare metody przygotowania danych do decyzji i wypracowania decyzji nie dają efektów. Wykonanie nimi przedsięwzięć decyzyjnych przekroczyło fizyczne i psychiczne możliwości sztabów. Może tu pomóc jedynie stopniowe wprowadzanie metod badań operacyjnych, mechanizacji i automatyzacji procesów kierowania tyłami lotniczymi i to od szczebla pułku lotnictwa myśliwskiego OPK.

Zastosowanie metod matematycznych w wypracowaniu decyzji oraz maszyn cyfrowych do rozwiązywania zadań, może uwolnić pracowników sztabów od żmudnych prac mechanicznych. Zezwoli ono również na wielowariantowe przygotowanie danych do decyzji oraz umożliwi podejmowanie decyzji optymalnych lub zbliżonych do optymalności.

Zastosowanie matematycznych metod badań operacyjnych w planowaniu zadań tyłowego zabezpieczenia lotnictwa

myśliwskiego KOPK powinno umożliwić zajście zmian ilościowych i jakościowych oraz zezwolić na:

- odciążenie sztabów od żmudnych obliczeń i kalkulacji oraz skierowanie inwencji twórczej kadry sztabowej na prace koncepcyjne związane z dalszym polepszeniem stanu tyłowego zabezpieczenia;

- przygotowanie danych do decyzji w wielu wariantach, w krótkim okresie czasu;

- uzasadnienie decyzji konkretnymi danymi liczbowymi, które w zabezpieczeniu tyłowym mają pierwszorzędne znaczenie;

- opracowanie zbliżonych do optymalności planów realizacji zadań, podział tych planów pomiędzy realizujące je komórki specjalistyczne z wskazaniem wąskich gardeł, lokalnych ścieżek krytycznych i możliwości terminowej realizacji zadań na tych ścieżkach;

- właściwe kierowanie procesami zabezpieczenia z utrzymaniem w rękę wszystkich - nawet elementarnych czynności w ramach wykonywanych zadań;

- wnikliwą kontrolę realizacji zadań przez wszystkie komórki organizacyjne tyłów lotnictwa OPK;

- łączenie w całość planów opracowywanych przez różnych, często odległych od siebie wykonawców.

Matematyczne metody badań operacyjnych to z całą pewnością przyszłość planowania, w tym i planowania zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa OPK. Właściwie wszystkie metody badań operacyjnych nadają się i mogą być stosowane w tym planowaniu.

W dalszej części pracy zostały omówione wybrane metody badań, które już obecnie mogą być wdrażane do planowania tyłowego zabezpieczenia. Większość pokazanych w pracy rozwiązań wykonana jest ręcznie. Obliczenia trwają dość krótko, lecz dla potrzeb jednostek lotniczych OPK czas ich wykonania jest jednak za długi. Włączenie metod badań operacyjnych w system obliczeniowy maszyn cyfrowych wyeliminuje tę usterkę.

Reasumując powyższe rozważania należy stwierdzić, że:

1. Zadania realizowane przez tyły lotnictwa OPK są bardzo ważne, gdyż bezpośrednio wpływają na utrzymanie wysokiej gotowości bojowej i wykonanie zadań przez lotnictwo myśliwskie OPK.
2. Zadania zabezpieczenia tyłowego są trudne do wykonania, charakteryzują się współzależnością i kompleksowością. Do ich realizacji niezbędna jest duża ilość sił, środków technicznych i czasu.
3. Dotychczasowe planowanie zadań tyłowego zabezpieczenia trwa dość długo ze względu na ograniczone możliwości ludzkie i ograniczoną ilość pracowników sztabów. W tej sytuacji może być wypracowany jeden, co najwyżej kilka wariantów działania.
4. Ze względu na ograniczone możliwości ocena sytuacji tyłowej jest nie zawsze obiektywna, a decyzje są oparte na intuicji i nawykach.
5. Metody badań operacyjnych są w stanie zabezpieczyć ograniczenie do minimum żmudnych kalkulacji ręcznych i skierować inwencję pracowników sztabów na pracę koncepcyjną.

6. Połączenie metod badań operacyjnych z elektryczną techniką obliczeniową skróci czas wypracowania decyzji, umożliwi jej optymalizację i doprowadzi do lepszego zabezpieczenia działań bojowych lotnictwa myśliwskiego OPK.

2. ANALIZA WYBRANYCH METOD BADAŃ OPERACYJNYCH, POD KĄTEM ICH ZASTOSOWANIA DO ROZWIĄZYWANIA ZADAŃ ZABEZPIECZENIA TYŁOWEGO LOTNICTWA KORPUSU OPK

2.1. Ogólny przegląd modeli badań operacyjnych i metod ich wykorzystania do realizacji przedsięwzięć

Organizacja i realizacja zadań zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa OPK wymagają ciągłego podejmowania decyzji. W warunkach, gdy na jakość decyzji wpływa bardzo wiele zmiennych, z których nie wszystkie są jednoznacznie określone, decyzja intuicyjna określona "na oko", kryje w sobie pewne ryzyko. Wynika to głównie z faktu, że do dowódcy /szefa/ podejmującego decyzję napływa bardzo dużo informacji o różnej skali ważności i wartości. Dlatego też istnieje obawa, że dowódca nie będzie w stanie wystarczająco dokładnie włąbić się we wszystkie, lub choćby większość zjawisk oraz ocenić zakres ich wpływu i znaczenia na przyszłą decyzję.

Z drugiej strony, konieczność podjęcia decyzji podczas działań bojowych lub ich zabezpieczenia tyłowego, stawia dowódcę /szefa/ w sprzeczność z koniecznością zachowania bezstronnego punktu widzenia.

Właśnie daniem dowódcy wystarczających danych do podjęcia obiektywnej decyzji zajmują się badania operacyjne. Sama nazwa "badania operacyjne" ukształtowała się w 1940 r. w Anglii, w okresie drugiej wojny światowej. Podczas wojny metody badań operacyjnych stosowane były do rozwiązywania szeregu zadań strategicznych, operacyjnych i taktycznych /wykorzystanie stacji radarowych w systemie obrony przeciwlotniczej, opracowanie planów bombardowania obiektów naziemnych i okrętów, wybór optymalnego konwoju statków, stawianie dział przeciwlotniczych na statkach handlowych itp./. ^{1/}

Po drugiej wojnie światowej następuje dalszy rozwój badań operacyjnych i ich szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach działania /przemysłu, transporcie, handlu, medycynie, gospodarce miejskiej, rolnictwie i w wojsku/.

Istnieje wiele określeń pojęcia badania operacji, i tak Ph.M. Morse ^{2/} twierdzi, że "badania operacyjne są metodą naukową dostarczającą do dyspozycji dowództwa ilościowe podstawy do podjęcia decyzji na działania wojsk lub innych organizacji znajdujących się pod ich kierownictwem". Pplk dr E. Bijak ^{3/} podaje, że badania operacyjne są współczesnym narzędziem matematyczno-logicznym systematyzowania dotychczasowego dorobku ludzkości w zakresie celowego, zamierzonego działania.

1/ Dużą ilość przykładów praktycznego zastosowania metod badań operacyjnych podczas wojny przedstawia praca Ph.M. Morse'a i G.E. Kimballa "Metody badania operacji" /tłumaczenie z języka angielskiego/ Wyd.ASG, Warszawa, 1962 r.

2/ Tamże, str.23

3/ Praca zbiorowa pod redakcją pika dr Jerzego Skibińskiego "Zastosowanie metod badań operacyjnych do rozwiązywania niektórych zagadnień wojskowych" Wyd.ASG, Warszawa 1964 r.

Istnieje szereg innych definicji na podstawie których można stwierdzić, że badania operacyjne, w sformułowaniu ogólnym, obejmują zastosowanie zasad naukowych do rozwiązywania zadań związanych z działalnością układów, pozwalających uzyskać optymalne decyzje do kierowania tymi układami. Może jednak. jeszcze definicja według Saaty'ego: "Badania operacyjne stanowią sztukę dawania złych odpowiedzi na te praktyczne zagadnienia, na które inne sposoby dają jeszcze gorsze odpowiedzi"x/.

Wydaje się, że wszystkie wymienione określenia są prawidłowe ponieważ:

- stwierdzają, że badania operacyjne dają ilościowe podstawy do podjęcia decyzji;

- wskazują na aparat matematyczny jako narzędzie do rozwiązywania zadań;

- pozostawiają dowódcę /szefa/ jako jedyną osobę podejmującą /wybierającą/ decyzję do działania.

Z powyższego wynika również, że decyzja /decydowanie, podjęcie decyzji/ przekracza ramy badań operacyjnych i zależy od kompetentnego dowódcy /szefa/, który opierając się na wielu wiadomych danych, w tym i danych ilościowych podanych przez badania operacyjne, wybiera najlepszy wariant działania.

A więc badania operacyjne, wykorzystując znane metody matematyczne rozwiązują problemy natury ilościowej stanowiące wymierną podstawę podjęcia decyzji przez organ wykonawczy. Zależności ilościowe są bardzo ważne w każdej

x/ T.I.Saaty. Mathematical Methods of Operations Research. Nowy Jork 1959 r.

z podejmowanych decyzji. Jednak nie należy ich zbyttno przeceniać, ponieważ nie wszystkie potrzebne dowódcy /szefowi/ do decyzji dane dadzą się zmierzyć /obliczyć, określić/ choćby takie czynniki, jak:

- duch moralno-polityczny armii;
- cechy i walory bojowe żołnierzy;
- wykszolenie załóg;
- wpływ warunków szczególnych itp.

Nawet w danych dających się obliczyć lub określić należy się liczyć z wpływem niepewności i przypadkowości. Dlatego też do danych liczbowych przekazanych dowódcy /szefowi/ do podjęcia decyzji należy się odnosić jako danych mogących zajść /mieć miejsce/ z pewnym, dającym się określić prawdopodobieństwem.

Dowódca /szef/ potrzebuje danych wypracowanych metodami badań operacyjnych w sytuacjach kiedy:

1. Nie dysponuje niezbędnymi danymi statystycznymi do podjęcia właściwej decyzji.

2. Istnieją dane statystyczne, ale rozwiązanie najlepsze można otrzymać jedynie w drodze kompromisu między dwoma lub większą ilością celów, a związana z tym analiza wymaga pewnych dodatkowych badań matematycznych, których kierownictwo nie może zdobyć w inny sposób.

W każdym wypadku badania operacyjne jako dyscyplina naukowa wykorzystują metody badań oparte na pomiarach. Składają się na to następujące etapy badań operacyjnych ^{x/}:

x/ Różne źródła podają odbiegające od siebie etapy badań operacyjnych. Wydaje się, że najsluszniejsze są trzy etapy M.R.Sztarskiego. Op cit. str.66

1. Konceptyjny
2. Analizy
3. Realizacji.

Etap koncepcyjny jest etapem wstępnym, w którym precyzuje się temat /formułuje problem/ oraz określa czynniki wpływające na operacje i formułuje się kryterium oceny w postaci kryterium efektywności. Ten etap można podzielić na:

1. Sformułowanie problemu - należy z zasady do kompetencji dowódcy. Jednak praktyka wykazuje, że dowódca nie zawsze wie, czy problem może być rozpatrywany metodami badań operacyjnych. Często osoby zajmujące się badaniami powinny podpowiadać dowódcy problemy badań. Istnieje więc wzajemne sprzężenie zwrotne dowódcy i badacza operacji.

2. Ustalenie kryteriów efektywności - to bardzo ważny czynnik etapu koncepcyjnego. Biorą w nim udział zarówno dowódca - określający stopień wpływu czynników związanych z operacją, jak i matematyk - ustalający postać liczbową nadającą się do analizy. Naturalnie tu również istnieje ścisłe sprzężenie zwrotne. O ile chodzi o kryteria efektywności, to mogą one być sformułowane różnie i mieć różny charakter. Może to być maksymalny zysk, minimalny czas działania, największa liczba trafień itp. x/

x/ Znany jest przykład związany z postawieniem dział przeciwlotniczych na statkach handlowych. Wojskowi zakładali jako kryterium liczbę zestrzelonych samolotów, a ponieważ była niewielka, byli za zdjęciem dział ze statków. Naukowcy zakładali jako kryterium tonaż zatopionych przez lotnictwo statków i z ich badań wynikało wyraźnie, że działa są potrzebne.

Etap analizy obejmuje opracowanie hipotez lub modeli badanych sytuacji, rozwiązanie opracowanych modeli oraz ich weryfikację.

1. Formułowanie hipotez polega na uporządkowaniu zdarzeń i szukaniu ogólnych praw rządzących tymi zdarzeniami. Podczas formułowania hipotezy należy wziąć pod uwagę, że musi ona być prosta, musi odróżniać ważniejsze fakty od mniej ważnych oraz musi być rozpatrywana jako całość, a nie szereg oderwanych od siebie działań.

Rozpatrzenie operacji, jako całości, jest możliwe po stworzeniu jej modelu. Z tym, że model musi być obiektywną reprezentacją pewnych cech badanej sytuacji oraz musi dać pewne odpowiedzi na niejasności lub potwierdzić założenia przyjęte w hipotezie.

Model to układ, którego zadaniem jest imitowanie wyróżnionych cech innego układu zwanego oryginałem. Model może być urządzeniem działającym analogicznie do oryginału lub myślowym przedstawieniem zależności występujących w oryginale x/.

Modele można podzielić na: modele plastyczne, modele analogowe i modele symboliczne.

W badaniach operacyjnych najważniejszą rolę spełniają modele symboliczne, ponieważ te są jednym z warunków zastosowania elektronicznych maszyn cyfrowych do rozwiązywania problemów, w tym i zaopatrzeniowych.

x/ Praca zbiorowa pod redakcją Marii Kempisty. Mały słownik cybernetyczny. Wyd. Wiedza Powszechna, Warszawa, 1973 r. str. 238.

Model symboliczny ^{x/} to matematyczny opis związków występujących pomiędzy tymi cechami rozpatrywanego obiektu, które zdaniem badacza wyrażają interesujące właściwości tegoż obiektu ^{xx/}.

Wskazane jest, by model:

- był możliwie giętki, to znaczy umożliwiał wprowadzenie do obliczeń nowych zmiennych, uzyskanych w toku kolejnych rozwiązań;

- posiadał charakter bardziej ogólny, umożliwiający szersze zastosowanie modelu w praktyce.

Formułując model należy określić zakres jego stosowalności, tak w przypadku szczegółowym jak i modelu uogólnionym. Wiąże się to z postacią funkcji efektywności, która w ogólnym ujęciu ma postać:

$$E = f /x_1, x_2 \dots x_n ; y_1, y_2 \dots y_n / \quad /2.1./$$

gdzie:

E - efektywność operacji

$x_1, x_2 \dots x_n$ - zmienne niezależne od jednostki podejmującej decyzję. Są to poprostu parametry

$y_1, y_2 \dots y_n$ - zmienne zależne od jednostki podejmującej decyzję - zmienne decyzyjne.

Przy opracowaniu modelu duże znaczenie posiada czas, jakim dysponuje się na jego opracowanie. Jeżeli czasu jest mało to model napewno nie będzie szczegółowy, a zastosowane metody będą przybliżone, oparte na obliczeniach szacunkowych.

x/ W wielu źródłach modele te nazywają się poprostu modelami matematycznymi.

xx/ Praca zbiorowa pod redakcją Marii Kempisty. Op cit. str. 246.

Modele można podzielić według następujących problemów ^{x/}:

1. Tematycznych
2. Charakteru parametrów
3. Metod rozwiązania.

Klasyfikację modeli badań operacyjnych przedstawiono na rys.4.

1. W klasyfikacji tematycznej można rozróżnić następujące typowe klasy modeli:

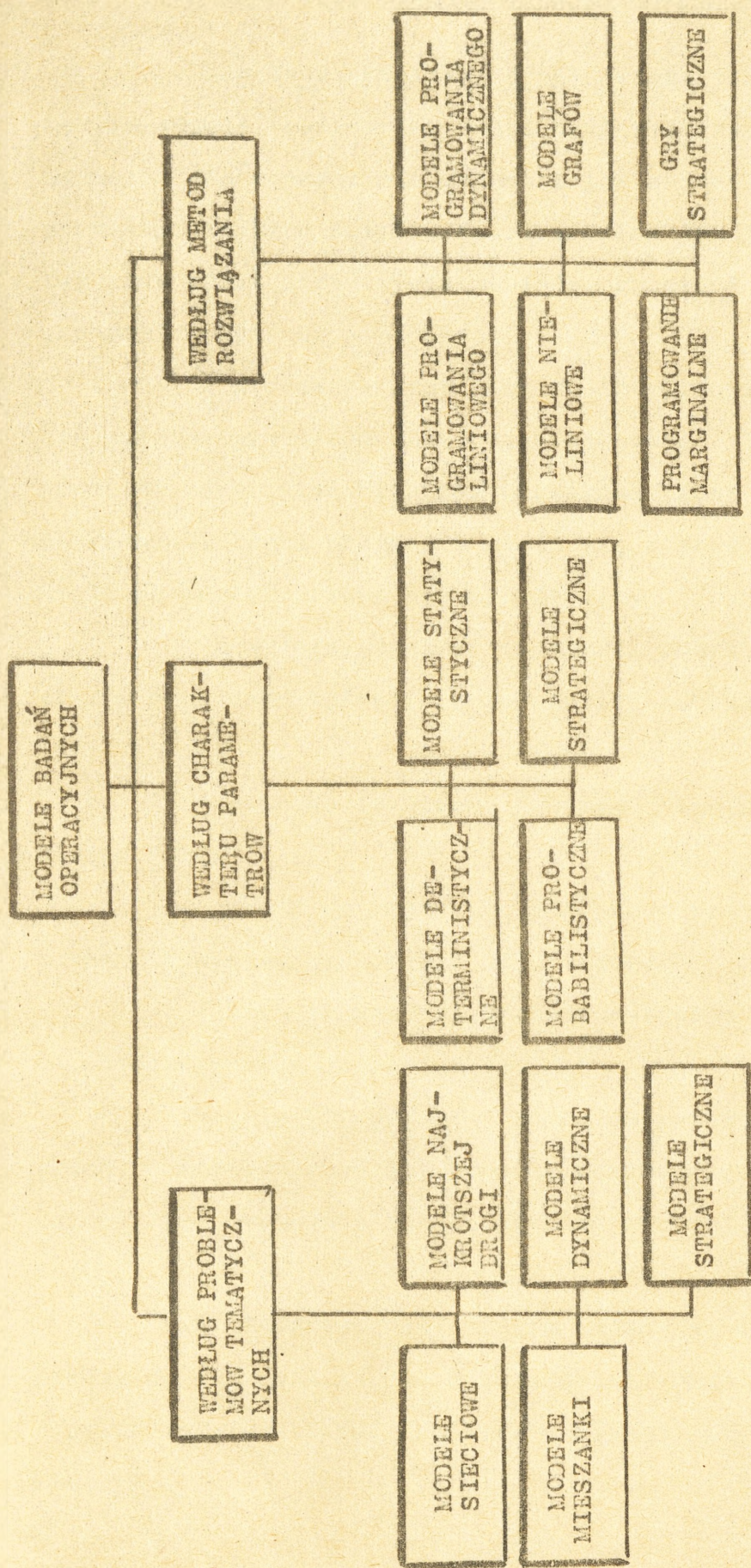
- modele sieciowe;
- modele najkrótszej drogi zwane również modelami zamkniętego szlaku lub "komiwojażera";
- przydziałów;
- mieszanki;
- dynamiczne.

Modele sieciowe ^{xx/} należą do grupy modeli, w których poszczególne procesy dają się przedstawić w postaci wykresu zwanego grafem lub siecią. Zbiór metod służących do przedstawienia tak sformułowanych zadań nazywamy programowaniem sieciowym. Modele te mogą być stosowane przy rozwiązywaniu większości problemów zabezpieczenia tyłowego, między innymi:

- osiągnięcie wyższych stanów gotowości bojowej przez poszczególne szczeble Wojsk OPK;
- organizacja dowozu środków materiałowych;
- organizacja odśnieżania lotnisk;
- organizacja i realizacja remontu lotnisk itp.

x/ Podział modeli badań operacyjnych został dokonany na podstawie pracy zbiorowej pod redakcją płk dra Jerzego Skubińskiego Op cit. str.19

xx/ Wybrane modele, które będą miały zastosowanie w rozwiązaniach będą omówione szczegółowo w dalszej części rozdziału



Rys.4 Klasyfikacja modeli badań operacyjnych /variant/

Modele najkrótszej drogi wiążą się z problemami wykorzystania transportu. Model taki wykorzystuje dwa punkty widzenia dla rozwiązania zadania: jak osiągnąć założony cel przy najmniejszym zużyciu sił i środków lub jak uzyskać maksymalny efekt przy użyciu posiadanych sił i środków przeznaczonych do wykonania zadania.

W pierwszym przypadku chodzi głównie o minimalizację kosztów przejazdu z jednej miejscowości do drugiej ze środkami materiałowymi, przez określoną ilość miejscowości pośrednich. Drugi przypadek wiąże się z maksymalizacją dochodu przedsiębiorstwa transportowego.

Z wykorzystaniem tych modeli można rozwiązywać szereg problemów tyłowego zabezpieczenia, szczególnie takich, jak:

- planowanie dowozu środków materiałowych do jednostek KOPK;
- wybór optymalnych dróg przemieszczania jednostek z jednych miejsc dyslokacji do drugich;
- ruch transportu zaopatrzeniowego ze składnic do zaopatrywanych jednostek itp.

Modele przydziałów służą do rozwiązywania takich zadań, w których chodzi o podział posiadanych środków dla najlepszego wykonania zadań. Można by wyróżnić trzy grupy zadań:

1. Zadania, dla których zadane są operacje oraz środki do ich realizacji. W rozwiązaniu chodzi o taki podział by minimalizować oczekiwane koszty lub czas realizacji zadania.

2. Zadania, w których zadane są tylko środki przeznaczone do realizacji poszczególnych operacji. Należy określić taki zestaw operacji, jakie można wykonać posiadanymi środkami przy minimalizacji kosztów lub czasu przedsięwzięcia.

3. Zadania, w których zadane są tylko operacje, jakie należy wykonać. Trzeba określić środki do wykonania tych operacji przy minimalizacji kosztów lub czasu przedsięwzięcia.

Modele przydziałów mogą być wykorzystywane do:

- planowania możliwości produkcyjnych warsztatów naprawczych;
- planowania transportu do dowozu środków materiałowych do jednostek KOPK;
- przydział zapasów poszczególnych asortymentów środków materiałowych do magazynów wielobranżowych itp.

Modele mieszanki rozpatrują problem optymalnej diety, struktury mieszanki benzyny itp. Funkcją celu będzie tu z zasady minimalizacja kosztów dla osiągnięcia założonego efektu.

Modele dynamiczne są takimi modelami, w których dana wielkość występująca w danym okresie zależy od innej wielkości, lub od tej samej lecz ujawniającej się w innych okresach lub momentach. Występuje tu zależność kolejnych decyzji od czasu - to znaczy, że podjęta decyzja stwarza warunki do podjęcia z biegiem czasu decyzji następnej. W modelach tych występuje rozkład zmiennych w czasie. Modele te można stosować do planowania:

- optymalnej drogi dowozu lub przemieszczenia spośród wielu możliwych wariantów rozwiązania;
- optymalnego rozłożenia zapasów środków materiałowych w czasie itp.

2. Według charakteru parametrów modele dzielą się na:

- modele w warunkach pewności, modele deterministyczne;

- modele w warunkach ryzyka /niepewności/, mogą to być modele probabilistyczne i modele statystyczne;

- modele w warunkach zupełnej niepewności - modele gier strategicznych.

Modele deterministyczne występują wtedy, gdy grupa wielkości zmiennych, niezależnych, nie zależy od podejmującego decyzję, to znaczy wtedy, gdy wartości parametrów są stałe i nie ulegają zmianom w pewnym okresie czasu. Modele te występują wtedy, kiedy istnieje pewna liczba zadań i alternatywnych możliwości ich rozwiązania, ale posiadane możliwości nie pozwalają na wykonanie każdego zadania w najbardziej dla niego optymalny sposób.

Z problemów zabezpieczenia tyłowego lotnictwa OPK mogą tu być rozwiązywane:

- problemy transportu środków materiałowych do jednostek lotniczych;

- zadania minimalizacji strat w transporcie samochodowym w okresie wojny;

- zadania optymalnego wykorzystania warsztatów naprawczych samolotów /PWL/ i samochodów /RWNS/, itp.

Modele probabilistyczne to takie modele, w których występuje przynajmniej jeden parametr o wartości wyrażonej pewną funkcją, określającą znane prawdopodobieństwo częstotliwości występowania zjawiska /wartość parametru jest zmienną losową o znanym rozkładzie/. W takim przypadku zmienna decyzyjna będzie przyjmowała tyle różnych wartości, ile przyjmuje ich parametr w ramach znanej funkcji celu.

W ramach zadań, które mogą być rozwiązywane w modelowaniu probabilistycznym mogą występować między innymi:

- kontrola możliwości za- i wyładowczych podczas ładowania środków materiałowych na samochody;
- organizacja odtwarzania gotowości bojowej samolotów;
- organizacja pracy warsztatów naprawczych sprzętu technicznego;
- organizacja prawidłowej konserwacji maszyn i urządzeń technicznych;
- utrzymywanie i odnawianie zapasów środków materiałowych itp.

Modele statystyczne są to modele, które charakteryzują się prawdopodobieństwami określanymi stochastycznie. Parametry są tu z zasady nie znane, lecz istnieje możliwość ich częściowego określenia, na tyle, że istnieje możliwość sformułowania zadania i modelu jego rozwiązania.

Ogólnie rzecz biorąc modele te należą do grupy modeli probabilistycznych. Można je rozwiązywać ogólnymi metodami statystyczno-matematycznymi, metodą symulacji, teorią grafów, procesami Markowa i Monte Carlo. Można tu rozwiązywać problematykę statystycznej kontroli jakości produkowanych lub przyjmowanych środków materiałowych, części zamiennych i sprzętu technicznego.

Jeżeli informacje o parametrach są jeszcze mniej pewne niż w modelach probabilistycznych, ale wiemy, że występują ich wartości w granicach określonego zbioru wartości oraz nie możemy dokładnie określić, z jakim prawdopodobieństwem, to mamy do czynienia z modelami strategicznymi.

Aparatem matematycznym tych modeli jest teoria gier strategicznych. Rozwiązywane problemy, to przede wszystkim sytuacje konfliktowe - to znaczy takie sytuacje, w których przeciwnicy chcą osiągnąć przeciwstawne cele.

3. Według metod rozwiązania rozróżnia się następujące metody podstawowe:

- programowanie liniowe;
- programowanie marginalne;
- programowanie nieliniowe;
- programowanie dynamiczne;
- teoria gier strategicznych;
- teoria grafów.

Metody programowania liniowego służą do rozwiązywania zadań, które zawierają wyłącznie relacje liniowe, to znaczy stanowią układ równań lub nierówności pierwszego stopnia. Zadania te muszą zawierać funkcję celu, niezależne równania bilansowe oraz warunki brzegowe.

Zadania programowania liniowego mogą być rozwiązywane metodą graficzną lub metodą analityczną. Mogą to być między innymi zadania:

- optymalizacji wykorzystania transportu w dowozie środków materiałowych;
- określenia minimalnych kosztów diety żywnościowej przy zachowaniu niezbędnych składników odżywczych;
- optymalnego wykorzystania jednostek transportowych przy minimalizacji czasu prac załadowczych;
- optymalnego wykorzystania maszyn inżynierskich do rozbudowy lotnisk;
- optymalizacji prac naprawy pojazdów mechanicznych przy maksymalnym wykorzystaniu środków naprawczych itp.

Programowanie marginalne znajduje zastosowanie w rozwiązywaniu niektórych modeli deterministycznych oraz spełnia pewną rolę pomocniczą w rozwiązywaniu innych klas modeli. Jest to metoda wykorzystująca rachunek różniczkowy w rozwiązywaniu zadań.

Programowanie nieliniowe to metody rozwiązywania takich modeli optymalizacyjnych, których nie można opisać za pomocą równań liniowych.

Programowanie dynamiczne stosuje się do rozwiązywania modeli operacyjnych zarówno deterministycznych, probabilistycznych, statystycznych, jak i strategicznych. Ta metoda pozwala wyznaczać optymalne decyzje niezależnie od charakteru parametrów, jednak parametry zmieniają się w czasie, w zależności od ciągu decyzji wpływających na ten proces. Programowanie dynamiczne polega na zmianie jednokrotnego rozwiązania na skończony ciąg rozwiązań etapowych, przy czym optymalne rozwiązanie na każdym etapie uwzględnia możliwość uzyskania optymalnych rozwiązań w następnych etapach.

Teoria grafów to dyscyplina matematyczna rozpatrująca zagadnienia pewnego rodzaju figur geometrycznych zwanych grafami. Jest to gałąź matematyki wchodząca w zakres topologii. Stosuje się ją w schematach blokowych, a analizie sieciowej, programowaniu dynamicznym, w zagadnieniach transportowych i wielu innych problemach.

Już ogólny przegląd modeli i teorii badań operacyjnych wskazuje, że wiele z tych modeli może być zastosowanych w procesach decyzyjnych podczas podejmowania decyzji na zabezpieczenie tyłowe lotnictwa KOPK.

2.2. Sieciowe metody optymalizacji przedsięwzięć

Liczne doświadczenia dają podstawę do twierdzenia, że człowiek /kierownik, dowódca/ jest w stanie panować nad właściwą realizacją co najwyżej 100 jednoczesnych procesów składających się ze zbioru czynności /zdarzeń/ współzależnych. Jednak jeżeli jednostce kierującej dany do pomocy proste metody i techniki obliczeniowe oraz maszyny małej mechanizacji obliczeniowej /arytmometry, sumatory itp./, liczbę kontrolowanych procesów można zwiększyć do około 1000 operacji.

Zastosowanie do planowania i kontroli realizacji przedsięwzięć metod analizy sieciowej oraz elektronicznej techniki obliczeniowej przewartościowuje możliwości człowieka i umożliwia kontrolę do 75.000 czynności, a ponadto zapewnia permanentny wpływ na właściwą i terminową realizację całości przedsięwzięcia.

Jako początkowy termin zastosowania metod sieciowych w dużej skali należałoby przyjąć rok 1958, kiedy to Departament US-Navy realizował program raketowy "Polaris". W tym przedsięwzięciu uczestniczyło 11.000 firm, w tym 50 firm wiodących. Cały program obejmował 10.000 wyników pośrednich. Sztab opracowujący liczył 400 osób, a inwestycje kosztowały 150 milionów dolarów, co stanowiło zaledwie 0,3% kosztów całości przedsięwzięcia. Efektem takiej realizacji planowania było skrócenie czasokresu prac o 2 lata, to znaczy o 30% przeznaczonego czasu ^{x/}. W naszym kraju metody sieciowe rozpoczęto wprowadzać do praktycznego wykorzystania w latach 60-tych.

x/ Płk mgr inż. Ryszard Sieradzan. Metody analizy sieci w planowaniu i kierowaniu obiektami. /PERT-CPM/. Wyd.WAT Warszawa 1965 r. str.13-14.

Dotychczas i to z powodzeniem, stosuje się je praktycznie w Stoczni Gdańskiej, gdzie dzięki zastosowaniu metody PERT skrócono cykl budowy kadłuba statku o 15-25%. Według oceny Instytutu Organizacji i Mechanizacji Budownictwa skrócono procesy inwestycji zakładów przemysłowych o 16-20%, osiedli mieszkaniowych o 30% oraz zmniejszono koszty ogólne o 4-7% x/.

W wojsku, również w latach 60-tych, rozpoczęto masowo wprowadzać metody sieciowe do praktycznej realizacji przedsięwzięć. Szczególnie przyczyniły się do szerokiego wprowadzania w działalności wojsk metod badań operacyjnych, w tym i metod sieciowych, wydane rozkazy i zarządzenia MON. Jednak w ostatnim okresie uwidacznia się odchodzenie od stosowania sieci w planowaniu i realizacji przedsięwzięć w wojsku.

Widzę następujące przyczyny występowania regresu w stosowaniu metod sieciowych w wojsku:

- stosunkowo niewielkie skomplikowanie przedsięwzięć na szczeblu taktycznym, z których to przedsięwzięć większość polega na wykonywaniu tych samych czynności, opartych na tych samych zasadach działania wymagających treningu stanu osobowego;

- mała ilość maszyn elektronicznych i posiadanie ich na szczeblu rodzajów sił zbrojnych, zezwala niższemu szczeblom dowodzenia jedynie na ręczne obliczenie kilku wariantów działania. Opracowanie i obliczanie wielowariantowych procesów działania na szczeblu posiadającym ETO jest jeszcze nie unormowane i trwałoby długi okres czasu;

x/ Władysław Filar. Badania operacyjne a problemy zaopatrzenia. Wyd. MON Warszawa 1973 r. str. 145.

- niechęć dowódców do stosowania metod badań operacyjnych wynikająca z przyzwyczajenia do konwencjonalnego podejmowania decyzji oraz mała znajomość opracowania i wykorzystania modeli matematycznych;

- niewielka liczba wyszkolonych oficerów, szczególnie na szczeblu taktycznym, umiejących stosować metody i modele matematyczne w rozwiązywaniu zadań taktycznych i operacyjno-taktycznych. Powodem tego jest niewielka ilość godzin matematyki w szkołach oficerskich, a całkowity brak matematyki wyższej w ASG.

Wydaje się jednak, że metody sieciowe, szczególnie CPM i PERT, ze swymi odmianami, mają tyle zalet w zakresie organizacji i kontroli realizacji przedsięwzięć, iż mogą i powinny być stosowane przy planowaniu wszystkich przedsięwzięć charakteryzujących się stosunkowo dużą ilością współzależnych czynności, silnie ze sobą powiązanych i angażujących do wykonania wiele pododdziałów, oddziałów i służb.

Metody sieciowe zezwalają na:

- możliwość dokonania łatwego przeglądu czasowego przebiegu prac, poszczególnych fragmentów i całości projektu, przez co zezwalają na ujawnienie wzajemnych powiązań i współzależności w realizacji poszczególnych czynności /działań, operacji/ i ingerowanie w ich przebieg;

- umożliwienie wykrycia miejsc krytycznych /tz. "wąskich gardeł"/, które utrudniają osiągnięcie celu końcowego w ustalonym z góry terminie, a tym samym na wprowadzenie koniecznej korekty;

- umożliwienie planowania alternatywnego, oparte-
go na ocenie parametrów, ujawnienie niepewności w realizacji prac i ustalenie ich wpływu na całość programu.

Planując więc każde przedsięwzięcie w oparciu o wykorzystanie metod sieciowych można:

1. Określić termin końcowy realizacji oraz wartość prawdopodobieństwa, z jakim go można ustalić.

2. Określić najwcześniejsze i najpóźniejsze możliwe terminy dla poszczególnych czynności, które składają się na całość przedsięwzięcia.

3. Aktualizować plan zamierzeń stosownie do zaistniałych potrzeb.

4. Określić konieczność dodatkowych nakładów mających na względzie nadrobienie opóźnień względnie przyspieszenie realizacji.

5. Otrzymać wskazania co do miejsc krytycznych, które opóźniają realizację przedsięwzięcia.

Na przestrzeni lat 60-70-tych rozwinęło się szereg odmian metod sieciowych, z których najczęściej są stosowane w praktyce CPM i PERT oraz takie ich odmiany jak PERT-czas i PERT-koszty. Pierwsza z tych odmian obejmuje zbiór metod programowania sieciowego, których celem jest analiza i optymalizacja czasu realizacji danego przedsięwzięcia, a także wykrycie ścieżki krytycznej złożonej z czynności, które w sposób zdecydowany wpływają na czas realizacji tego zadania. Druga odmiana PERT-u to zbiór metod, których celem jest optymalizacja kosztów realizacji danego przedsięwzięcia. Dla uzyskania optymalnego programu działania, w drugiej odmianie PERT-u powiązано analizę czasu z analizą nakładów materiałowych.

Najczęściej stosowaną jednak dotychczas metodą jest PERT. Metoda ta obejmuje zespół różnorodnych metod programowania sieciowego opartych na analizie ścieżki krytycznej, czynności realizowanych w danym przedsięwzięciu, a mających decydujący wpływ na terminowe i ekonomiczne jego wykonanie.

Pracę związaną z zastosowaniem metody PERT można podzielić na trzy etapy:

Etap I - sporządzenie siatki działań współzależnych, poczynwszy od zdarzenia początkowego do zdarzenia kończącego całość przedsięwzięcia.

Etap II - określenie czasu potrzebnego na wykonanie poszczególnych czynności.

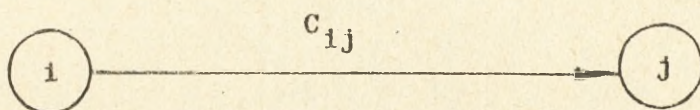
Etap III - analiza ścieżki krytycznej siatki działań współzależnych.

Sporządzenie siatki działań współzależnych wymaga dobrej znajomości problemu, a zwłaszcza strony organizacyjno-technicznej i funkcjonalnej danego przedsięwzięcia. Cały proces wykonania zadania dzielony jest na poszczególne czynności, z których w miarę potrzeb część może być łączona w czynność złożoną, lub rozdzielana na czynności elementarne. Stopień integracji lub dezintegracji zależy od szczebla, dla którego siatka jest przeznaczona. Im niższy szczebel organizacyjny, tym szczegółowsza siatka czynności. Szczegółowość ta powinna zapewnić koordynację i kontrolę podstawowych czynności związanych z realizacją całego przedsięwzięcia, a na szczeblu niższym wykonanie zadań wyznaczonych w ramach tego przedsięwzięcia.

Siatka czynności współzależnych budowana jest jako graf o łukach kierunkowych, których punkty przedstawiają pewne stany /zdarzenia/ realizowanego programu, a łuki odpowiadają czynnościom, których wykonanie zezwala przejść od jednego stanu do innego.

Modelowanie zaczyna się od sporządzenia wykazu czynności, a następnie ustalenia wzajemnych powiązań i współzależności tych czynności. Siatka działań powinna być sporządzona według zasad umownych. Oto niektóre z ważniejszych zasad:

1. Oznaczenie czynności musi zezwalać na jej jednoznaczne zidentyfikowanie i określenie położenia w sieci. Oznaczenie to dokonywane jest przy pomocy numerów zdarzenia poprzedniego /i/ oraz następnego /j/:

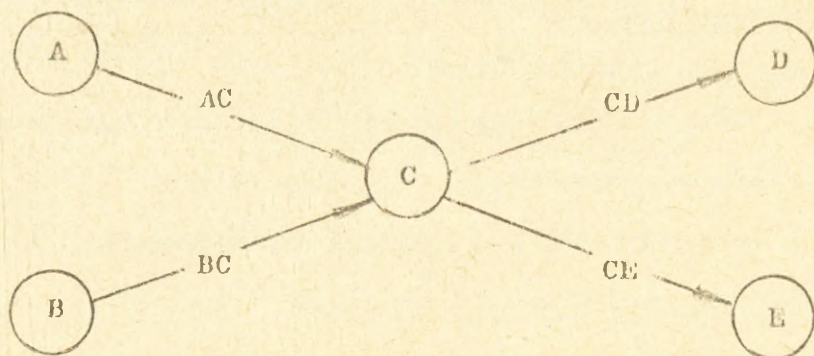


2. Czynności powinny następować po sobie w porządku logicznym, technologicznie uzasadnionym. Muszą swą istotą odpowiadać treści fragmentu zamierzenia, a zdarzenia powinny wyraźnie determinować etapy przedsięwzięcia.

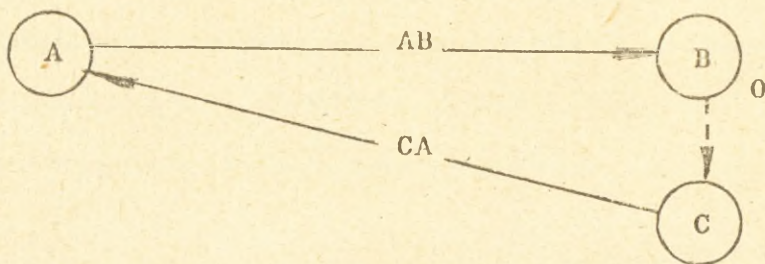
3. Każdej czynności należy przypisać określony czas trwania t_{ij} . Musi on spełniać warunek $t_{ij} \geq 0$.

4. Czynności mogą posiadać dowolne nachylenie i długości. Z zasady nadaje się im kierunek z lewa na prawo. W taktyce, w powiązaniu z innymi dokumentami planowania /mapa/, można nadać im kierunek z prawa na lewo. Muszą one jednak być skierowane w jednym kierunku od zdarzeń poprzednich /i/ do zdarzeń następnych /j/, gdzie: $i = 1, 2, 3, 4, \dots$, $j = 2, 3, 4, 5, \dots$ przy czym $i < j$.

5. Żadna z czynności biorących początek od danego zdarzenia /c/ nie może się rozpocząć /C-D, C-E/ zanim nie zostaną zakończone wszystkie czynności schodzące się z tym zdarzeniem /A-C, B-C/. Również nie może zaistnieć żadne zdarzenie /c/ dopóki nie są zakończone poprzednie czynności /A-C, B-C/.

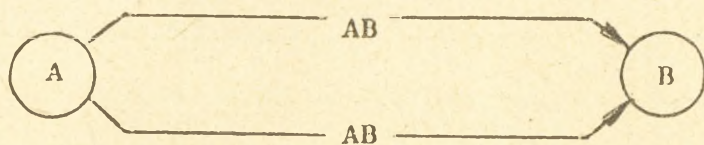


6. Czynności w sieci nie mogą tworzyć pętli zamkniętej, ponieważ rozpoczęcie czynności /A-B/ nie może zależeć od jej zakończenia /C-A/.

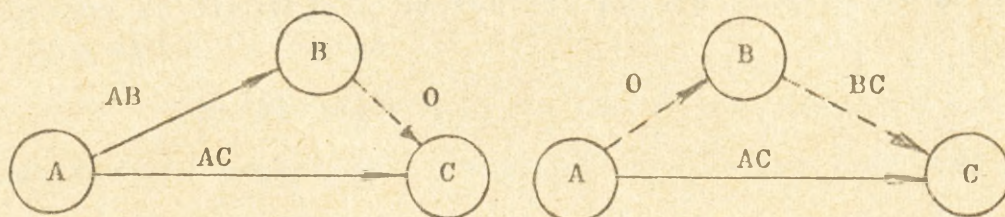


7. Powiązania zdarzeń nie będących czynnościami trwającymi w czasie, nazywa się czynnościami pozornymi i rysuje się łukami przerywanymi.

8. Dwie czynności nie mogą mieć równocześnie tych samych zdarzeń poprzednich i następnich.



9. Czynności współbieżne /równoległe/ w czasie, które powinny rozpocząć się od tego samego zdarzenia poprzedniego i zakończyć na tym samym zdarzeniu następnym, muszą być rozdzielone czynnością pozorną.



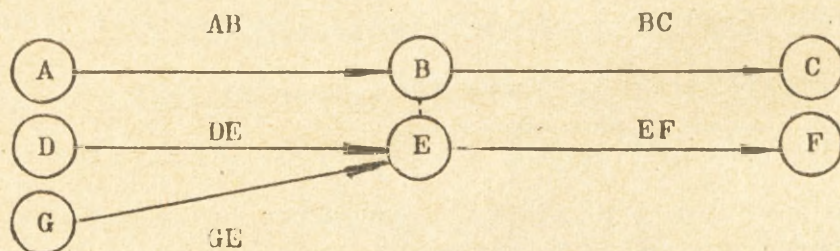
10. Każda sieć powinna mieć jedno zdarzenie początkowe i jedno zdarzenie końcowe.

11. Numeracja zdarzeń w sieci jest dowolna, jednak numery nie mogą się powtarzać.

12. Wszystkie zdarzenia w sieci winny z zasady być numerowane tak, aby każde następne zdarzenie w danym ciągu miało numer wyższy od poprzedniego. Zdarzenia powinno się numerować dopiero po sporządzeniu sieci.

13. Wszystkie czasy trwania czynności muszą mieć jednakowy miernik /min., godz., doby/. Wielkość przyjęta zależy od wielkości minimalnego czasu w jednej z elementarnych czynności.

14. W przypadku, gdy rozpoczęcie jakiejś czynności /c/ uzależnione jest od wykonania tylko części czynności /A/, należy czynność /A/ podzielić:



15. Każde zdarzenie z wyjątkiem pierwszego i ostatniego musi mieć co najmniej jedną czynność wchodzącą i co najmniej jedną czynność wychodzącą.

Czas potrzebny na wykonanie każdej czynności muszą określać specjaliści bardzo dobrze znający dany problem. W wielu wypadkach określenie czasu jest trudne, bo czas ten zależy od wielu trudnych do przewidzenia okoliczności. Istnieją trzy metody określania czasu trwania czynności:

- metoda kalkulacyjna;
- metoda statystyczna;
- metoda szacunkowa.

Metoda kalkulacyjna polega na obliczeniu czasu trwania czynności w oparciu o znajomość zależności matematycznych, ich przedków oraz istniejących normatywów.

Metoda statystyczna oparta jest na obliczeniu średniego czasu trwania czynności z określonej liczby powtórzonych pomiarów tej czynności:

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad /2.2/$$

gdzie:

\bar{t} - średnia arytmetyczna czasu trwania czynności,

t_i - czas trwania danej czynności, mierzony n razy.

Metoda szacunkowa oparta jest na ocenach przybliżonych zaczerpniętych z badania opinii. Stosuje się ją w przypadku braku odnośnych norm i wskaźników kalkulacyjnych oraz danych statystycznych.

W metodzie sieciowej PERT stosuje się trzy oceny czasu trwania czynności:

- optymistyczną /to/;
- pesymistyczną /tp/;
- najbardziej prawdopodobną /tnp/.

Czas optymistyczny, to czas w którym czynność może być wykonana w warunkach szczególnie pomyślnych, bez zakłóceń. Odpowiada on najkrótszemu czasowi, w których czynność może być wykonana.

Czas pesymistyczny uwzględnia możliwość wystąpienia wyjątkowo niepomyślnych, lecz dających się przewidzieć warunków. Czas ten jest najdłuższym czasem trwania czynności.

Czas najbardziej prawdopodobny jest to czas niezbędny do wykonania danej czynności w średnich warunkach, które w praktyce zdarzają się najczęściej.

Po dokonaniu trzech ocen czasu trwania czynności należy obliczyć czas oczekiwany /te/:

$$t_e = \frac{t_o + 4 t_{np} + t_p}{6} \quad /2.3./$$

W metodzie PERT równocześnie należy obliczyć miarę niepewności /wariancję/ trwania czynności:

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_p - t_o}{6} \right)^2 \quad /2.4./$$

Związane z wariancją jest odchylenie standardowe stanowiące jej pierwiastek kwadratowy.

$$\sigma = \frac{t_p - t_o}{6} \quad /2.5./$$

Jeżeli mamy już wyznaczoną drogę krytyczną i wariancję dla poszczególnych czynności leżących na tej drodze obliczamy odchylenie standardowe całego przedsięwzięcia:

$$\sigma_{\lambda} = \sqrt{\sum_k^n \sigma_{ijk}^2} \quad /2.6./$$

gdzie:

k - przebieg kolejnej czynności leżącej na drodze krytycznej.

W tej sytuacji należy tylko obliczyć prawdopodobieństwo tego, że rzeczywisty czas trwania czynności będzie równy lub mniejszy od czasu dyrektywnego.

$$P \left\{ \lambda_n \leq \lambda_d \right\} = \begin{cases} \Phi /a/ & \text{dla } a \geq 0 \\ 1 - \Phi /a/ & \text{dla } a < 0 \end{cases} \quad /2.7/$$

gdzie:

a - dystrybuanta rozkładu normalnego /0,1/ wyznaczona z tabeli:

$$a = \frac{\lambda_d - \lambda_{pl}}{\sigma_\lambda} \quad /2.8./$$

Naturalnie, wszystkie wymienione dane są uwzględnione w programie EMC i nie potrzeba ich liczyć ręcznie. Przy liczeniu ręcznym wystarczy posiadanie czasu uzyskanego metodą szacunkową lub statystyczną, a jeżeli tego nie możemy zrobić to wystarczy obliczenie czasu oczekiwanego /te/ i zastosowanie sieci CPM, której budowa jest analogiczna a obliczenia prostrze.

Z powyższego wynika podstawowa różnica pomiędzy metodami PERT i CPM. PERT odwołuje się do pomocy rachunku prawdopodobieństwa, przez co konkretyzuje niepewność, z jaką należy odnosić się do uzyskiwanych danych czasowych. CPM przyjmuje wszystkie czasy jednoznacznie, natomiast PERT zakłada najwcześniejszy i najpóźniejszy czas realizacji, a więc operuje przedziałem czasu którym możemy dysponować, jest więc bardziej elastyczny.

Liczenie modelu sieciowego może być wykonywane

ręcznie lub maszyną cyfrową przy wykorzystaniu algorytmu. Samo liczenie modelu sieciowego PERT nie różni się od obliczania sieci CPM z tym, że w sieci PERT do obliczeń z trzech podanych czasów bierzemy czas najbardziej prawdopodobny np /tij/.

Po zbudowaniu modelu sieciowego i ustaleniu czasów trwania poszczególnych czynności obliczenie modelu możemy wykonać w następującej kolejności:

1. Obliczenie najwcześniejszych czasów rozpoczęcia i zakończenia czynności, a tym samym najwcześniejsze terminy zaistnienia poszczególnych zdarzeń w modelu sieciowym.
2. Obliczenie najpóźniejszych terminów rozpoczęcia i zakończenia czynności w modelu sieciowym.
3. Obliczenie zapasów czasu dla poszczególnych czynności modelu sieciowego.
4. Wyznaczenie i analiza ścieżki krytycznej modelu sieciowego.

Zapisywanie wyników obliczeń może być dokonywane różnymi sposobami, a więc w kółkach obrazujących zdarzenia, z równoczesnym wpisaniem tam innych elementów opisu matematycznego /numer zdarzenia, najwcześniejszy i najpóźniejszy czas rozpoczęcia - zakończenia czynności, luzy czasowe itp./ lub nad kółkiem obrazującym zdarzenie, w liczniku najwcześniejszy, a w mianowniku najpóźniejszy czas rozpoczęcia - zakończenia czynności.

Najwcześniejsze terminy zaistnienia kolejnych zdarzeń następnych /najwcześniejsze terminy rozpoczęcia i zakończenia czynności/ obliczamy według wzoru:

$$t_j^w = t_i^w + t_{ij} \quad x/ \quad /2.9./$$

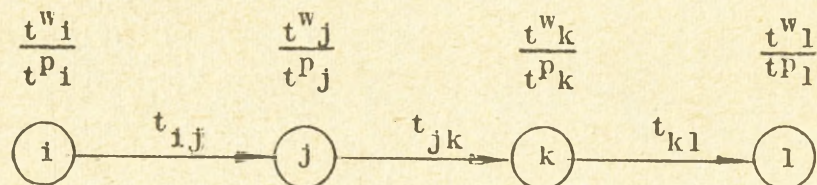
gdzie:

t_j^w - obliczany czas zdarzenia j - tego

t_i^w - obliczany uprzednio czas zdarzenia i-tego

t_{ij} - czas trwania czynności pomiędzy zdarzeniami ij.

Działania powyższe zobrazuje rysunek:



Kolejne terminy zaistnienia zdarzeń obliczamy analogicznie:

$$t_k^w = t_j^w + t_{jk} \quad /2.10./$$

i tak do zakończenia obliczeń całego modelu sieciowego z tym, że gdy przy kolejnym zdarzeniu /i,j,k lub l/ zbiega się więcej czynności niż jedna, to do obliczeń najwcześniejszego terminu zaistnienia danego zdarzenia stosuje się wzór:

$$t_k^w = \max /t_j^w + t_{jk}/ \quad /2.11./$$

Jest to uwarunkowane zasadami budowy modelu sieciowego /zasada 5, strona 89/.

Po zakończeniu obliczeń najwcześniejszych terminów rozpoczęcia i zakończenia wszystkich czynności modelu sieciowego, należy wyznaczyć najpóźniejszy czas zakończenia całości przedsięwzięcia. Możemy tu mieć do czynienia z trzema przypadkami:

x/ Na podstawie opracowania ppłk mgr inż. Emila Szweda: "Zastosowanie metody analizy sieciowej PERT do planowania i kontroli osiągnięcia wyższych stanów gotowości bojowej".

- nie mamy podanego dyrektywnego czasu zakończenia przedsięwzięcia, wtedy czas najwcześniejszy wpisujemy w mianowniku zdarzenia ostatniego jako czas najpóźniejszy:

$$t_n^W = t_n^P \quad /2.12./$$

- posiadamy dyrektywny termin zakończenia całego przedsięwzięcia i czas jego zakończenia jest większy od obliczonego najwcześniejszego terminu zakończenia przedsięwzięcia, wtedy do mianownika ostatniego zdarzenia wpisujemy czas dyrektywny;

- posiadamy dyrektywny termin zakończenia przedsięwzięcia, a czas jego trwania jest krótszy od obliczonego najwcześniejszego czasu trwania, wtedy meldujemy przełożonemu, że nie jesteśmy w stanie zrealizować przedsięwzięcia w nakazanym czasie.

Jeżeli chodzi o obliczenie najpóźniejszych czasów trwania czynności to liczymy je przechodząc od zdarzenia końcowego do pierwszego i dokonując obliczeń według wzoru:

$$t_k^P = t_l^P - t_{kl} \quad /2.13./$$

Jeżeli zaistnieje przypadek, gdy od zdarzenia poprzedniego rozpoczyna się więcej czynności niż jedna, to z wszystkich czasów tych zdarzeń wybieramy najmniejszy i on będzie najpóźniejszym czasem zakończenia /rozpoczęcia/ danej czynności:

$$t_k^P = \min /t_i^P - t_{kl}/ \quad /2.14./$$

Po obliczeniu całego modelu, do zdarzenia początkowego, rozpoczynamy obliczenie luzów czasowych i zapasów czasu. Praktycznie oblicza się następujące zapasy czasu:

zapas całkowity:

$$Z_{ij}^c = t_j^p - t_i^w - t_{ij} \quad /2.15./$$

zapas wolny /swobodny/:

$$Z_{ij}^w = t_j^w - t_i^w - t_{ij} \quad /2.16./$$

Obliczanie innych zapasów czasu /zapas niezależny i pośredni/ jest nie konieczne, ponieważ mieszczą się one pomiędzy zapasem całkowitym a wolnym, a nie mają większego wpływu na analizę sieci.

Ustalenie najwcześniejszych i najpóźniejszych czasów trwania czynności umożliwia wyznaczenie ścieżki krytycznej modelu sieciowego. Ścieżkę krytyczną stanowi sobą ciąg czynności dla których zachodzi

$$t_j^w = t_j^p \quad /2.17./$$

i zarówno zapas całkowity Z_{ij}^c jak i zapas wolny Z_{ij}^w równa się 0 oraz spełnione są jeszcze warunki:

$$t_j^p - t_i^w = t_{ij} \quad /2.18/$$

$$t_j^p - t_i^p = t_{ij}$$

Ciąg czynności stanowiących sobą ścieżkę krytyczną zaznacza się wyraźnie przez pogrubienie linii lub oznaczenie jej innym kolorem. Wyznaczenie ścieżki krytycznej jest szczególnie ważne podczas analizy całokształtu przedsięwzięcia, ponieważ:

- ujawnia zależności i wzajemne powiązania przedsięwzięcia;

- pozwala na skoncentrowanie uwagi i wysiłku organizatorskiego na czynnościach krytycznych, a więc na tych czynnościach, których nie wykonanie w nakazanym czasie przedłuży czas trwania całego przedsięwzięcia;

- stwarza możliwość bieżącej kontroli realizacji przedsięwzięcia oraz ułatwia dokonywanie manewru sił i środków z kierunków posiadających duże zapasy czasu na ciągi krytyczne.

Algorytm kierowania realizacją przedsięwzięcia opracowanego metodami sieciowymi przedstawiono na rys.5.

Analiza ścieżki krytycznej jest bardzo ważnym przedsięwzięciem w całości budowy modelu sieciowego. Samo opracowanie i obliczenie pierwszego udanego modelu stanowi dopiero początkowy etap wykorzystania metody sieciowej w planowaniu.

Dopiero wnikliwa analiza wszystkich czynności ze szczególnym zwróceniem uwagi na ciąg czynności krytycznych może doprowadzić do optymalizacji pierwszej wersji modelu sieciowego.

Optymalizacja modelu sieciowego polegać będzie głównie na skróceniu czasu trwania przedsięwzięcia do możliwego minimum. W celu skrócenia czasu realizacji przedsięwzięcia szczegółowo analizujemy:

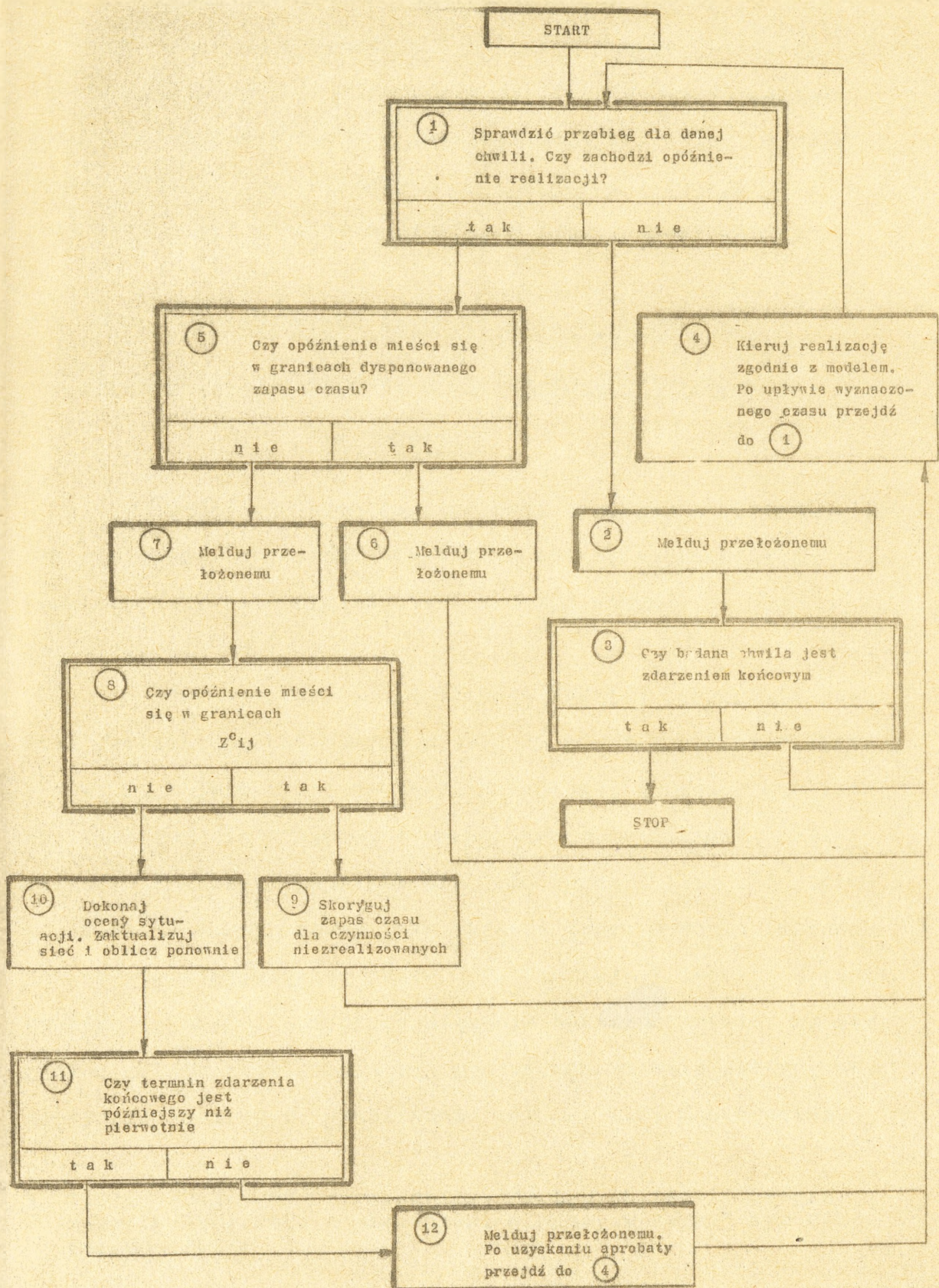
- możliwości skrócenia czasów czynności leżących na ścieżce krytycznej;

- sposoby zmiany wykorzystania zasobów materialnych z przerzuceniem części sił i środków do wykonania czynności leżących na ścieżce krytycznej;

- racjonalność wykorzystania sił i środków do realizacji poszczególnych prac;

- możliwości zrezygnowania z realizacji niektórych mniej ważnych czynności;

- możliwości przebudowy sieci i zmiany kolejności wykonania niektórych czynności.



Rys. 5. Algorytm kierowania realizacją przedsięwzięcia opracowanego przy pomocy metod analizy sieci.

Szczegółowa analiza wymienionych zagadnień powinna doprowadzić do przebudowy lub budowy nowego, bardziej zbliżonego do optymalnego modelu sieciowego przedsięwzięcia. Chociaż model ten nie zawsze będzie optymalny, będzie jednak zbliżony do rozwiązania optymalnego i rozwiązanie jego będzie się mieścić w granicach błędów dopuszczalnych.

2.3. Modele transportowe optymalizacji wykorzystania transportu samochodowego do dowozu środków ma- teriałowych

Model, o którym mowa wchodzi w zakres programowania liniowego, choć sam jako taki znacznie wyprzedził to programowanie przyczyniając się w dużym stopniu do jego rozwoju.

Problematyka optymalizacji kosztów transportu bowiem została opracowana już w 1939 r. przez L.W. Kantorowicza. W 1941 r. zajmował się nią W.L. Hitchcock. W Polsce możliwością zastosowania programu transportowego do minimalizacji kosztów transportu zajmował się W. Sadowski^{x/}. Po raz pierwszy zadanie transportowe jako zadanie programowania liniowego zostało sformułowane przez G.B. Danzina w 1948 r. Właśnie Danzing opracował metody rozwiązania takiego zadania. Analogiczną metodę rozwiązania zadania transportowego /metodę potencjałów/ w 1949 r. opublikował również L.W. Kantorowicz.

x/ Według Zbigniewa Czerwińskiego "Wstęp do teorii programowania liniowego z elementami algebry wyższej" Wyd. PWE Poznań 1961 r.

Każde zadanie posiadające nie więcej niż dwie zmienne decyzyjne można rozwiązać prostą metodą graficzną w układzie współrzędnych prostokątnych. Można również rozwiązać zadanie o trzech zmiennych decyzyjnych tą samą metodą, jednak należy posługiwać się przestrzennym układem współrzędnych. Zadania z większą niż trzy liczbą zmiennych decyzyjnych wymagają żmudnych i pracochłonnych obliczeń z zastosowaniem metody simpleks.

Właśnie algorytm transportowy zezwala na uproszczenie aparatu matematycznego i zmniejszenie pracochłonności obliczeń. Algorytm transportowy zezwala na dokonanie minimalizacji kosztów rozdziału towarów, z określonej liczby punktów nadania /składów/ do określonej liczby punktów odbioru /jednostek lotniczych OPK/.

W celu zastosowania wymienionej metody muszą być spełnione następujące warunki:

- znana jest ilość środków materiałowych wysyłanych z każdego składu i ilość środków otrzymywanych w punktach odbioru;

- całkowita ilość towarów wysyłanych jest równa całkowitej ilości towarów otrzymywanych;

- znany jest koszt transportu każdej jednostki towaru z każdego punktu nadania do każdego punktu odbioru;

- jeżeli ilość towarów znajdujących się w punkcie nadania nie równa się ilości towarów zapotrzebowanych i jest od niej mniejsza należy wprowadzić fikcyjnego nadawcę, jeżeli ilość ta jest większa należy wprowadzić fikcyjnego odbiorcę;

- znać algorytm postępowania przy rozwiązywaniu modelu.

W algorytmie transportowym rozwiązanie znajduje się metodą kolejnych przybliżeń. Drogi /sposoby/ dojścia do rozwiązania optymalnego są różne. Jedną z prostszych metod jest metoda rent różnicowych. Ta metoda będzie bardziej szczegółowo omówiona w dalszej części opracowania.

W zastosowaniu metod transportowych można posługiwać się, w zależności od potrzeb, różnymi wariantami działania. Najważniejsze z nich to:

- rozwiązanie zadania tylko z kryterium kosztów bez ograniczeń czasowych;
- rozwiązanie zadania z kryterium kosztów i ograniczeniem czasu dowozu;
- rozwiązanie modelu z kryterium czasu w warunkach ograniczonej ilości transportu.

2.3.1. Podstawy matematyczne modelu transportowego z kryterium kosztów

Wyobraźmy sobie, że mamy m punktów nadania /składów, baz zaopatrzenia, URP/ jednorodnego środka materiałowego. W składach znajduje się odpowiednio $a_1, a_2 \dots a_n$ zapasów tego środka. Mamy również n punktów odbioru /jednostek lotniczych OPK/ o $b_1, b_2 \dots b_n$ zapotrzebowaniu na ten środek, przy czym a_i / $i=1, 2 \dots m$ / oraz b_j / $j=1, 2 \dots n$ / wyrażone są w tych samych jednostkach miary.

Dana jest również macierz $C = [C_{ij}]$ obrazująca jednostkowe koszty transportu z punktu nadania i do punktu odbioru j :

$$\begin{bmatrix} C_{1j} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \dots C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} \dots C_{2n} \\ \dots & \dots \dots \dots \\ C_{m1} & C_{m2} \dots C_{mn} \end{bmatrix} \quad /2.19/$$

oraz macierz czasów przejazdu pomiędzy punktami nadania i punktami odbioru $t = t_{ij}$

$$\begin{bmatrix} t_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{m1} & t_{m2} & \dots & t_{mn} \end{bmatrix} \quad /2.20/$$

Jeżeli nie jest podany dyrektywny czas dowozu, to w takim przypadku:

$$t_{ij} = t_{\max} \quad /2.21./$$

i jest to zwykle zadanie transportowe z kryterium kosztów. Musi być spełniony jeszcze warunek:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad /2.22./$$

oraz warunek formalny:

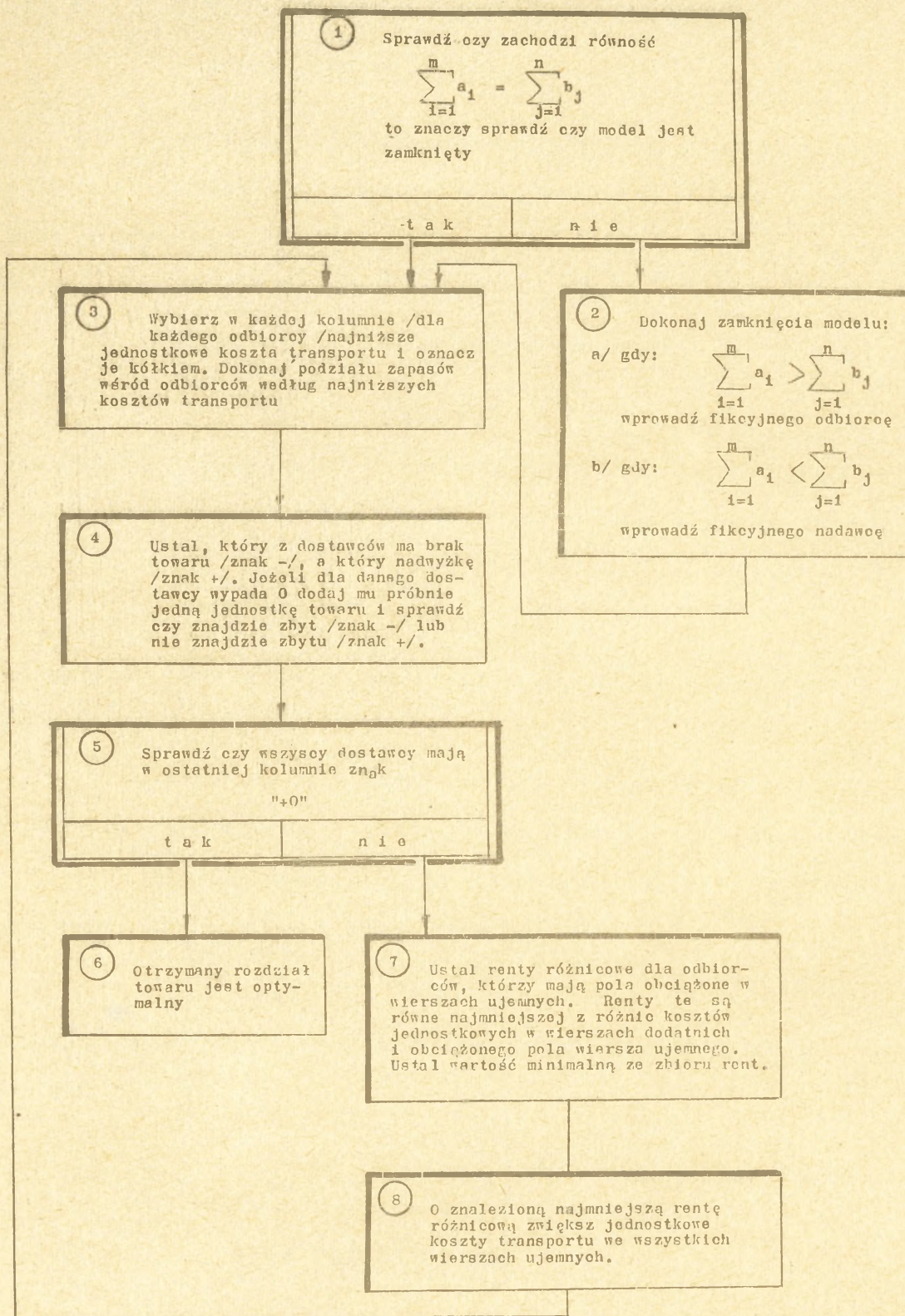
$$x_{ij} \geq 0$$

Zadanie polegać będzie na znalezieniu rozwiązania x_{ij} dla którego łączny koszt dostawy będzie najniższy:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m C_{ij} \cdot X_{ij} = \min \quad /2.23./$$

Zadanie można już rozwiązać i wynik będzie optymalny /koszta minimalne/ lub bardzo zbliżony do optymalnego.

Posługując się metodą rent różnicowych zadanie rozwiązujemy zgodnie z algorytmem przedstawionym na rys.6.



Rys. 6. Algorytm rozwiązania zadania transportowego z kryterium kosztów.

2.3.2. Podstawy matematyczne modelu transportowego
z ograniczeniem czasu dowozu

Podstawą wyjściową do opracowania modelu są te same dane wyjściowe, które wchodzą w zakres modelu transportowego z kryterium kosztów $/a_i, b_j$, macierz $[C_{ij}]$, warunki ograniczające/.

Wspomniano już uprzednio, że jeżeli

$$t_{ij} \geq t_{max}$$

to jest to zwykły model transportowy z kryterium kosztów. Jeżeli jednak choćby dla części czasów dowozu zachodzi taka zależność, że

$$t_{ij} < t_{max} \quad /2.24./$$

to mamy do czynienia z modelem transportowym z ograniczeniem czasu dowozu.

Rozwiązanie takiego modelu wymaga spełnienia dodatkowych warunków ograniczających. Warunki te będą następujące.

Jeżeli założymy, że r oznacza ilość tych elementów macierzy $[t_{ij}]$ dla których zachodzi x/

$$t_{ij} < t_{max} \quad /2.25./$$

a niezdegenerowanym rozwiązaniem modelu transportowego jest macierz

$$[X_{ij}] = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} /i = 1, 2 \dots m/ \\ /j = 1, 2 \dots n/ \end{array} \quad /2.26/$$

x/ Warunki ograniczające dla modelu transportowego z ograniczonym czasem dowozu opracowano na podstawie artykułu m. in. dypl. Stanisława Nijaka "Metoda rozwiązania modelu transportowego z kryterium kosztów i ograniczonym czasem dowozu" WPE nr 2 str.66-67 Warszawa 1966 r.

przy czym $n + m - 1$ elementów tej macierzy, to liczby dodatnie, oznaczające ilość środka materiałowego przewożonego z punktu nadania i do punktu odbioru j , pozostałe mają wartości równe zero. Otóż, jeżeli istnieją takie wartości, że:

$$t_{ij} > t_{\max} \quad /2.27./$$

to, aby zadanie transportowe miało rozwiązanie musi być również spełniony warunek:

$$r \geq m + n - 1 \quad x/ \quad /2.28./$$

Jest to warunek konieczny, lecz nie wystarczający, ponieważ dla każdego $j = 1, 2 \dots n$ musi istnieć co najmniej jedna liczba naturalna S $/1 \leq S \leq m/$ dla której zachodzi

$$x_{sj} > 0 \quad /2.30./$$

oraz dla każdego $i = 1, 2 \dots m$ musi istnieć co najmniej jedna liczba naturalna q $/1 \leq q \leq n/$ dla której

$$x_{iq} > 0 \quad /2.31./$$

Sformułowanie matematyczne zadania transportowego z kryterium kosztów i ograniczeniem czasu dowozu będzie następujące:

Dany jest układ liniowych równań algebraicznych:

$$1/ \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad /i = 1, 2 \dots m/$$

$$\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad /j = 1, 2 \dots n/ \quad /2.32./$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j$$

przy czym a_i i b_j spełniają warunek:

$$2/ \quad \sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad /2.33./$$

x/ Dotyczy to rozwiązania niezdegenerowanego. W wypadku degeneracji rozwiązania, nierówność ta przyjmie postać

$$r \geq n \quad /29./$$

Dane są również macierze $[c_{ij}]$ oraz $[t_{ij}]$, których elementy, jak wiadomo z rozważań poprzednich to jednostkowe koszty i czasy przewozu od punktu nadania - i do punktu odbioru - j .

Dany jest dyrektywny czas dowozu t_{\max} , którego nie wolno przekroczyć, jeżeli r oznacza ilość tych elementów macierzy $[t_{ij}]$, dla których zachodzi nierówność:

$$t_{ij} < t_{\max} \quad /2.34./$$

to musi być spełniony warunek:

$$3/ \quad r \geq m + n - 1 \quad /2.35./$$

Ponadto, dla każdego $j = 1, 2, \dots, n$ musi istnieć co najmniej jedna liczba naturalna s $/1 \leq s \leq m/$, dla której zachodzi:

$$4/ \quad x_{sj} > 0$$

oraz dla każdego $i = 1, 2, \dots, m$ musi istnieć co najmniej jedna liczba naturalna q $/1 \leq q \leq n/$ taka, że

$$5/ \quad x_{iq} > 0$$

a pociąga to za sobą warunek:

$$4'/ \quad t_{sj} \leq t_{\max}$$

oraz

$$5'/ \quad t_{iq} \leq t_{\max}$$

Jak również warunek formalny:

$$x_{ij} \geq 0 \quad \begin{array}{l} \text{dla } i = 1, 2, \dots, m \\ \text{dla } j = 1, 2, \dots, n \end{array}$$

Rozwiązanie zadania będzie polegało, tak jak w przypadku pierwszego modelu na znalezienie rozwiązania x_{ij} dla którego łączny koszt dostawy będzie najniższy:

6/

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m c_{ij} \cdot X_{ij} = \min$$

a żaden z czasów dostawy środków materiałowych nie przekroczy dyrektywnego czasu t_{\max} .

Algorytm rozwiązania tak sformułowanego zadania transportowego z kryterium kosztów i ograniczonym czasem dowozu przedstawia schemat rys. 7 x/

Wyjaśnienia wymaga jeszcze rozwiązanie modelu, gdy jest on nie zamknięty. Gdy:

$$\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j \quad /2.36./$$

oznacza to nadmiar środka materiałowego w punktach nadawania. W tym przypadku wprowadza się fikcyjnego odbiorcę dla którego oblicza się:

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j \quad /2.37./$$

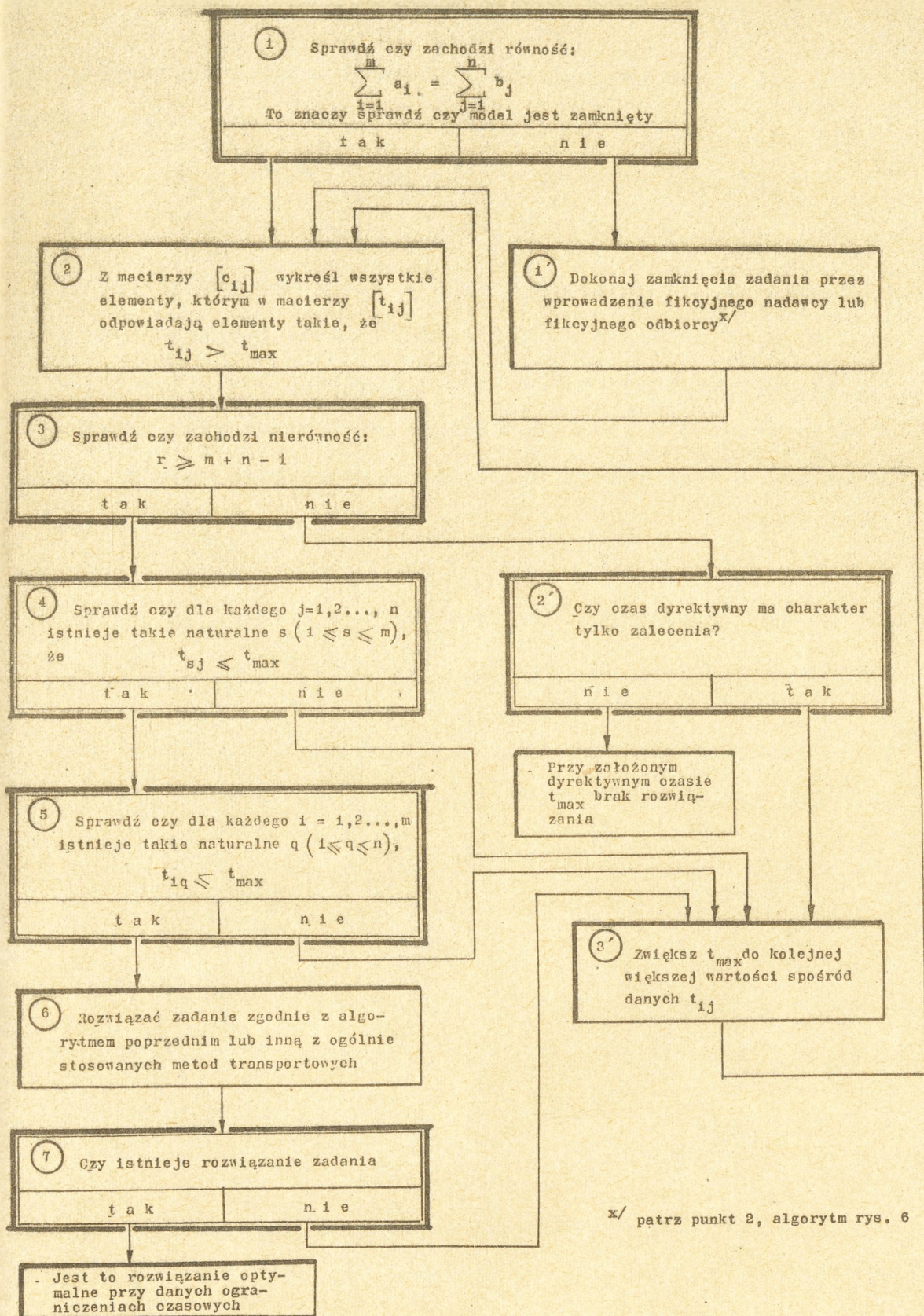
zaś odpowiednie dla niego elementy macierzy $[c_{ij}]$ oraz $[t_{ij}]$ przyjmują wartość równą 0. Elementy rozwiązania $a_i, n+1 > 0$ dla $i = 1, 2, \dots, m$, wskazują w których punktach nadania należy pozostawić nadmiar środka materiałowego.

Analogicznie, gdy:

$$\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j \quad /2.38./$$

czyli zapasy środka materiałowego w punktach nadania są mniejsze niż jego zapotrzebowanie w punktach odbioru.

x/ Na podstawie artykułu mjra Stanisława Nijaka. Op cit.str.68



Bys. 7. Algorytm rozwiązania zadania transportowego z kryterium kosztów i ograniczonym czasem dowozu t_{max} /wariant/.

W tym przypadku wprowadza się fikcyjnego nadawcę, dla którego oblicza się:

$$a_{m+1} = \sum_{j=1}^m b_j - \sum_{i=1}^n a_i \quad /2.39./$$

zaś odpowiednie dla niego elementy macierzy $[C_{ij}]$ oraz $[t_{ij}]$ przyjmują wartość równą 0. Elementy rozwiązania $X_{m+1j} > 0$ dla $j = 1, 2, \dots, n$ wskazują wtedy, którym punktom odbioru i o ile należy zmniejszyć zaplanowany dowóz. Oczywiście decyzja ta jest słuszna przy założonym kryterium i danym ograniczeniu t_{max} .

2.3.3. Model matematyczny zadania transportowego z kryterium czasu w warunkach ograniczonej ilości transportu x/

Jak w modelach poprzednich mamy m jednostek lotniczych OPK, których łączne zapotrzebowanie na środki materiałowe wynosi:

$$\sum_{j=1}^m b_j \quad /2.40./$$

Istnieje również n składów, w których wydzielono środki materiałowe a_i do zaopatrzenia tych jednostek w ilości:

$$\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j \quad /2.41./$$

Wydzielone środki materiałowe można rozdzielić poszczególnym jednostkom dowolnie. Transport samochodowy przeznaczony do dowozu znajduje się w rejonie składów. Czasu dojazdu transportu z miejsca postoju do składów nie bierze się pod uwagę.

x/ Opracowane na podstawie artykułu mjr dypl. Stanisława Wietrzyńskiego "Zadania transportowe z kryterium czasu w warunkach ograniczonej ilości transportu" WPE I/68 str.72-73

Każdy typ pojazdu może dowozić dowolny rodzaj ładunku. Na ładunki zwykłe i paliwa rozwiązuje się oddzielne zadania transportowe.

Organizacja i zasady wykorzystania transportu samochodowego pozwalają na tworzenie dowolnie małych kolumn samochodowych.

Udźwig transportu samochodowego znajdującego się przy t - tym składzie może być:

$$U_i \leq a_i \quad /2.41./$$

jednak:

$$\sum_{i=1}^n U_i < \sum_{j=1}^m b_j \quad /2.42./$$

Aby dowieźć wydzielone środki ze składów do jednostek, transport musi wykonać n rejsów z ładunkiem. Będzie wtedy:

$$n \sum_{i=1}^n U_i = \sum_{j=1}^m b_j \quad /2.43./$$

W każdym rejsie może być wykorzystany cały transport będący w dyspozycji lub tylko jego część. Jeżeli wykorzystywaną część transportu oznaczymy jako a , to:

$$0 < a < 1 \quad /2.44./$$

Ponadto transport wykonuje m rejsów powrotnych.

$$m = n - 1 \quad /2.45./$$

Czas niezbędny do pokonania odległości pomiędzy i -tym składem a j -tą jednostką jest dany w macierzy $[t_{ij}]$

przyjmijmy że:

a_1	b_j	b_1	---	b_m
a_1		t_{11}	---	t_{1m}
:		:		
:		:		
a_n		a_{n1}	---	a_{nm}

/2.46./

t_{ij}^k - czas dowozu z i-tego składu do j-tej jednostki w k-tym rejsie / $k= 1,2,\dots,n$ /

t_{ij}^{kp} - czas powrotu transportu z j-tej jednostki do i-tego składu w k-tym rejsie powrotnym.

Założmy również, że czas marszu transportu z ładunkiem i czas marszu pustego transportu na tej samej trasie jest jednakowy.

Kolejny rejs dowozu z i-tych składów do j-tych jednostek i rejsy powrotne tworzą sieć powiązań, wzdłuż których realizowany jest planowany dowóz środków materiałowych. Przykładową sieć powiązań planowanego dowozu środków materiałowych przedstawia schemat rys.8.

Transport znajdujący się przy np.pierwszym składzie może być w pierwszym rejsie z ładunkiem kierowany do dowolnej jednostki, z której w rejsie powrotnym niekoniecznie musi wrócić do pierwszego składu. Również w rejsach powrotnych transport może być kierowany do dowolnych składów. Mogą także zaistnieć wypadki, że transport kierowany w całości z jednego składu do pewnej jednostki, wróci do tego składu tylko w części, pozostała część zostanie skierowana do innych składów i odwrotnie, transport przybywający z kilku składów do pewnej jednostki

może być w rejsie powrotnym skierowany do jednego tylko składu lub do kilku różnych składów innych niż te, z których przybył do danej jednostki.

Zadanie polega na tym, aby czas marszu transportu na najdłuższej drodze był:

$$\min. T_{\text{najdl.}} = t_{ij}^1 + t_{ij}^2 + \dots + t_{ij}^n / + t_{ij}^{1p} + t_{ij}^{2p} \dots + t_{ij}^{mp} \quad /2.47./$$

Realizacja całego przedsięwzięcia w takim przypadku zakończy się w możliwie najkrótszym czasie.

Czasu załadunku środków materiałowych w składach i rozładunku w jednostkach, w toku obliczania sieci nie uwzględnia się.

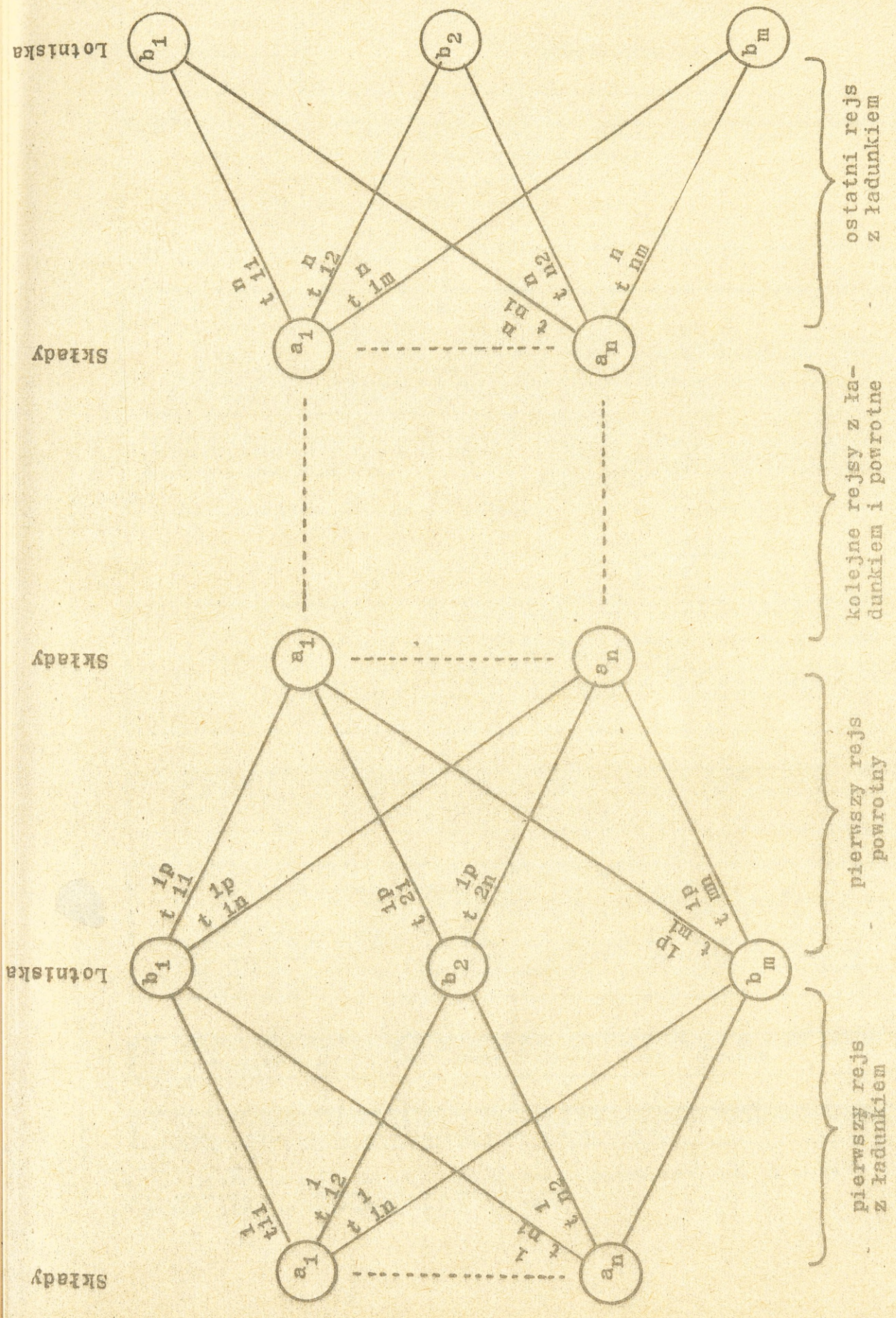
Jeżeli przyjąć, że czas załadunku transportu jest dla wszystkich składów jednakowy i podobnie czas wyładunku dla wszystkich jednostek również jest jednakowy, to w zależności od ilości cykli ładunkowych i wyładunkowych można sumę tę dodać do obliczonego optymalnego czasu rejsów dowozu i rejsów powrotnych, uzyskując w ten sposób faktyczny czas realizacji całego przedsięwzięcia:

$$\sum_{i=1}^n / t_{ij}^k + t_{ij}^{kp} + t_{ij}^z + t_{ij}^w \quad /2.48./$$

Zadanie tego typu można rozwiązywać z wykorzystaniem algorytmu przedstawionego na rys.9.

Jednakże sporządzenie sieci wszystkich możliwych powiązań /punkt 2 algorytmu/ nastrocza duże trudności. Powiązania te można obliczyć według wzoru:

$$P_w = S \cdot J / nR \quad /2.49./$$



Rys. 8. Sieć powiązań planowanego dowozu środków materiałowych.

1

Z równania: $n \sum_{i=1}^n u_i = \sum_{j=1}^m b_j$ ustalić ile rejsów dowozu i powrotnych musi wykonać transport.

rejsy dowozu $n = \frac{\sum_{j=1}^m b_j}{n}$; rejsy powrotne: $m = n - 1$

2 Sporządzić sieć wszystkich możliwych powiązań pomiędzy składami i jednostkami, uwzględniając ilość rejsów dowozu i rejsów powrotnych:

$a_1 \Rightarrow b_j \Rightarrow a_1 \Rightarrow \dots \Rightarrow a_1 \Rightarrow b_j$

oraz ustalić łączny czas każdego powiązania:

$T = t_{1j}^1 + t_{1j}^2 + \dots + t_{1j}^n + t_{1j}^{1p} + \dots + t_{1j}^{mp}$

3 Przystąpić do planowania pierwszego /kolejnego/ rejsu dowozu:

a/ ze wszystkich powiązań sieci wybrać takie dla których $T = \min$;
 b/ porównać stan zapasów i-tego składu a_i z potrzebami j-tej jednostki b_j /leżących na drodze powiązania z najkrótszym czasem i dokonać podziału, uwzględniając możliwość transportu u_i znajdującego się przy danym składzie;
 c/ wybrać następną powiązanie z czasem kolejno większym od pierwszego, lecz mniejszym od wszystkich pozostałych i powtórzyć czynność podaną w punkcie b;

Jeżeli po dokonaniu pierwszego /kolejnego/ przydziału, którykolwiek $b_j > 0$, to przystąpić do dalszego planowania.

Jeżeli wszystkie $b_j = 0$, to planowanie zostało zakończone. Optymalnym czasem dowozu /rozwiązaniem zadania / jest największa wartość czasu w i-tej jednostce po zakończeniu n-tego rejsu dowozu: $T_{opt} = \max T_j^n / j=1, 2, \dots, n/$

STOP

4 - ustalić pozostałą ilość środków materialowych w poszczególnych składach po pierwszym /kolejnym/ rejsie dowozu;
 - z transportu znajdującego się przy jednostkach /po wykonaniu rejsie dowozu/ wytypować w zależności od potrzeb niezbędną ilość do rejsu powrotnego;
 Uwaga: jeżeli do rejsu powrotnego planowanego jest tylko część transportu będącego w dyspozycji, to z transportu znajdującego się przy jednostkach wybierać te środki transportowe, które przybyły do j-tej jednostki w najkrótszym czasie t_{ij} .

5 Uaktualnić łączny czas wszystkich możliwych powiązań sieci przyjmując za punkty początkowe sieci, te jednostki, w których znajduje się transport po wykonaniu rejsu dowozu:

$b_j \Rightarrow a_1 \Rightarrow \dots \Rightarrow a_1 \Rightarrow b_j$

6 Przystąpić do planowania rejsu powrotnego transportu:

a/ Ze wszystkich możliwych powiązań wybrać takie dla którego $T = \min$.
 b/ Porównać ilość transportu wytypowanego w j-tej jednostce do rejsu powrotnego z potrzebami i-tego składu leżącego na drodze powiązania z najkrótszym czasem i dokonać przydziału w granicach możliwości.
 c/ Wybrać następnie powiązania z czasem kolejno większym i powtórzyć czynność b.
 d/ Powtarzać czynności b i c aż do zaspokojenia potrzeb lub wyczerpania transportu.
 e/ Ustalić faktyczne czasy i udźwig poszczególnych rzutów transportu powracających do i-tego składu.

7 Ustalić łączny czas wszystkich możliwych powiązań sieci przyjmując za punkty początkowe, te składy do których został skierowany transport w rejsie powrotnym.

8 Ustalić aktualne potrzeby środków materialowych w poszczególnych jednostkach, uwzględniając środki materialowe dowieszone w poprzednich rejsach.

Rys. 9. Algorytm rozwiązania zadania z kryterium czasu i ograniczoną ilością transportu^{x/}.

x/ mjr dypl. Stanisław WIETRZYŃSKI. Op.Cit. str. 78-79

gdzie:

P_w - ogólna ilość możliwych powiązań sieci

S - ilość składów - a_i

J - ilość jednostek odbioru - b_j

nR - ilość rejsów ze środkami materiałowymi.

Dla przykładu, jeżeli będzie 4 składy i 6 jednostek odbioru, to ilość powiązań wyniesie:

$$P_w = 4 \cdot 6^3 = 13.824$$

Samo ustalanie i wypisywanie kombinacji tych powiązań, nie licząc obliczeń czasu do każdego z nich, byłoby bardzo pracochłonne. Ręczne rozwiązywanie takiego zadania według podanego algorytmu trwałoby długo. Z tego powodu rozwiązywanie zadań tego typu i tą metodą winno być wykonywane przy pomocy EMC.

2.3.4. Uproszczony sposób rozwiązania zadania transportowego z kryterium czasu i ograniczoną ilością transportu

Sposobem, który eliminuje ilość obliczeń, nawet przy dość znacznej liczbie składów i jednostek oraz konieczności wykonania kilku rejsów dowozu, jest wykorzystanie uproszczonego modelu rozwiązania zadania transportowego z kryterium czasu i ograniczoną ilością transportu. Model ten również prowadzi do uzyskania rozwiązania optymalnego lub bardzo zbliżonego do optymalnego.

Sposób ten polega na etapowym optymalizowaniu czasu pracy transportu. Każdy rejs dowozu i każdy rejs powrotu transportu rozpatruje się tu oddzielnie. Po zakończeniu pla-

nowania pracy transportu na danym etapie i określeniu parametrów z tym związanych, przyjmuje się te parametry jako dane początkowe do planowania dalszej części przedsięwzięcia x/.

Algorytm rozwiązania zadania transportowego sposobem uproszczonym przedstawia schemat, rys.10.

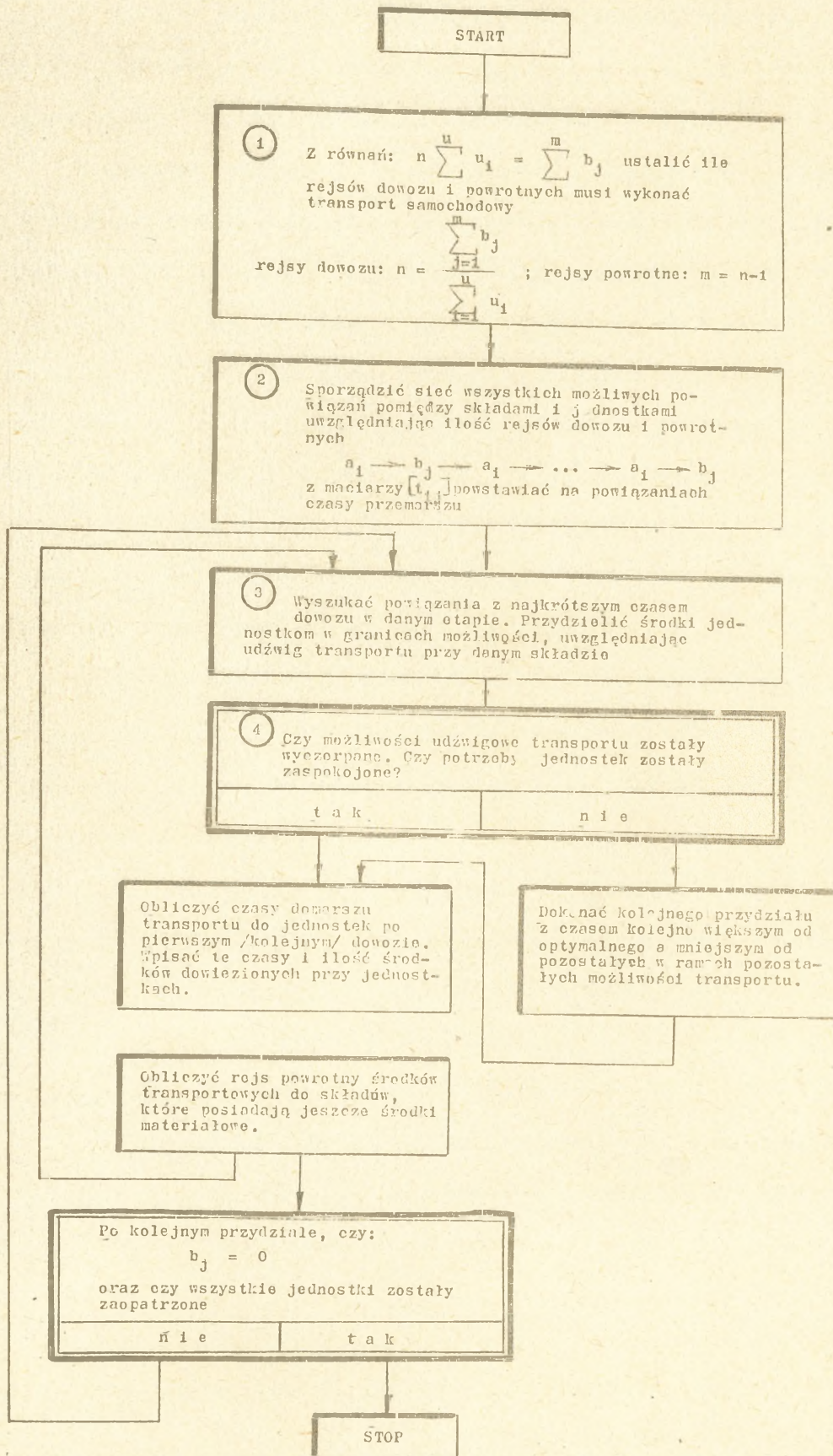
Rozwiązanie zadania sposobem uproszczonym nie daje tak dokładnego rozwiązania jak w poprzednim modelu, lecz dokładność tu jest wystarczająca by rozwiązanie było zbliżone do optymalnego.

2.4. Charakterystyka matematycznego modelu masowej obsługi bez strat z ograniczoną ilością zgłoszeń i ograniczoną ilością aparatów obsługi

Teoria masowej obsługi jest gałęzią matematyki stosowanej zapoczątkowaną w 1909 r. pracą A.K.Erlanga x/ na temat zagadnień ruchu w centralach telefonicznych. Najwcześniej zostały rozpoznane sytuacje dla przypadków z jedną telefonistką, a w 1917 r. z kilkoma telefonistkami.

x/ Tak jak w przykładach poprzednich przyjmuje się i tu również koszt dowozu $[C_{ij}]$ czas przejazdu pomiędzy poszczególnymi składami i jednostkami lotniczymi $[t_{ij}]$ ilość posiadanych a_i i zapotrzebowanych b_j środków materiałowych. Ponadto zakłada się że przy każdym ze składów $[a_1, a_2 \dots a_n]$ znajduje się po równej części kompanii dowozu mps korpusa OFK z udźwigiem U_1 wynoszącym równą część udźwigu przy każdym składzie mps.

xx/ A.K. Erlang. Sandsynlighedstregning og telefonsantaler. Nyt. Tidsskr. Mat. /1909 r./



Rys. 10. Algorytm rozwiązania zadania transportowego sposobem uproszczonym.

Wybitną rolę w rozwoju teorii masowej obsługi odegrali również tacy matematycy radzieccy jak A.Chinczyn ^{1/} i B.Gniadenko ^{2/} oraz polski matematyk W.Sadowski ^{3/}.

Masowa obsługa, to problem występujący w sytuacjach, gdy pewne urządzenia obsługujące /system obsługi/ mogą świadczyć określone usługi w stosunku do zgłaszających się jednostek /klientów/. Każdy klient zgłaszający się do aparatu obsługi ma trzy możliwości: może stanąć w kolejce i czekać do czasu obsłużenia, może chwilę /odpowiedni czas/ poczekać i zrezygnować z kolejki, wreszcie może w niej nie czekać i opuścić kolejkę przed obsłużeniem. Stąd też w zależności od tego, jak zachowują się klienci potrzebujący obsługi, systemy masowej obsługi można podzielić na trzy typy:

1. Systemy bez strat /systemy z oczekiwaniem/, polegające na tym, że klient napotkawszy wszystkie aparaty obsługi zajęte, ustawia się w kolejce i czeka na zwolnienie któregośkolwiek aparatu.

2. Systemy z ograniczonymi stratami /systemy mieszane/ polegające na tym, że zgłoszenie na obsługę ma ograniczony czas przebywania w aparatach obsługi, może to spowodować sytuację, że zgłoszenie straciwszy cały czas przeznaczony na obsługę opuszcza aparat bez załatwienia.

3. Systemy ze stratami /systemy bez oczekiwania/ polegające na tym, że klient napotkawszy wszystkie aparaty obsługi zajęte, opuszcza system od razu.

1/ A.J. Chinczyn. Raboty po matematiczeskoj teorii massowogo obslużywanija. G.J.F.L. /1963 r./.

2/ B.W. Gniadenko. Lekcji po teorii massowogo obslużiwania. "Kwirty" /1963 r./

3/ W.Sadowski. Teoria podejmowania decyzji. PWN, Warszawa, 1963 r.

Każdy system obsługi może posiadać jeden kanał obsługi lub więcej kanałów obsługi. Wielokanałowy aparat obsługi może mieć rozmieszczone kanały równoległe lub szeregowo. Przykłady aparatów obsługi przedstawia schemat, rys. 11.

Każdy kanał obsługi może obsługiwać jednocześnie tylko jedno zgłoszenie /klienta/. W wielokanałowym systemie obsługi może tworzyć się kolejka klientów czekających na obsługę lub też kanały obsługi znajdują się w stanie oczekiwania.

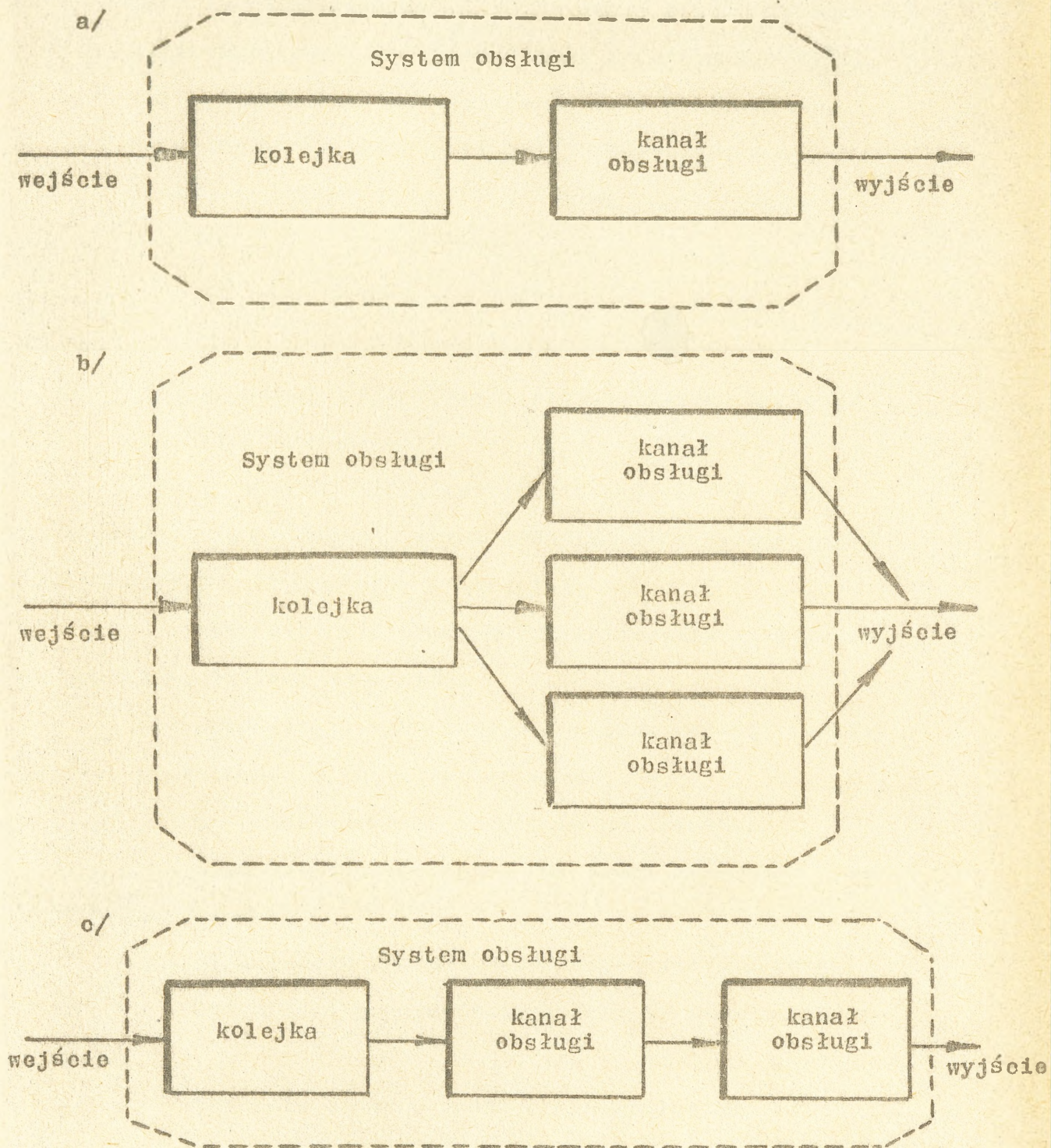
Przybywanie jednostek do kanałów obsługi może być zdeterminowane lub przypadkowe. Przybywanie przypadkowe opisuje w większości przypadków rozkład Poissona ^{x/}. Zgodnie z tym rozkładem prawdopodobieństwo P /t/ tego, że w przedziale czasu od 0 do t przybędzie n jednostek /n=0,1,2.... / wynosi:

$$P_n /t/ = \frac{(\lambda t)^n}{n!} \cdot e^{-\lambda t} \quad /2.51./$$

x/ Rozkład dotyczący zmiennej losowej, w której rozkładzie dwumianowym możemy założyć, że przy $n \rightarrow \infty$, $p \rightarrow 0$, iloczyn zaś $n \cdot p$ zachowuje stałą wartość. W opisanym przypadku granicznym otrzymuje się zmienną losową X o rozkładzie Poissona. Przyjmuje ona wszystkie wartości całkowite, nieujemne 0,1,2 z prawdopodobieństwami

$$P /X = k/ = \frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda} \quad /2.50./$$

gdzie $k = 1, 2, \dots$. Rozkładu Poissona używa się często w cybernetyce jako przybliżenie rozkładu dwumianowego, gdy n jest duże, p zaś małe, np. $n \geq 25$, $p \leq 0,2$ /MSC, str. 383/.



Rys.11 Przykłady systemów obsługi masowej. a/ Jednokanałowy; b/ trójkanałowy - równoległy; c/ dwukanałowy - połączony szeregowo.

gdzie:

λ - średnia stopa przybyć, czyli średnia liczba zgłoszeń klientów w chronie $x/$. Czas obsługi klienta w kanale obsługi może być zdeterminowany albo przypadkowy. Czas obsługi w większości przypadków opisuje się rozkładem wykładniczym $xx/$, którego dystrybuanta kształtuje się według wzoru:

$$P /r,s,t/ = 1 - e^{-\mu t} \quad /2.52./$$

gdzie:

μ - intensywność przybyć czyli średnia liczba zgłoszeń klientów obsłużonych w czasie jednego chronu.

Przy wykorzystaniu teorii masowej obsługi można rozwiązywać, między innymi, różne zadania tyłowego zabezpieczenia lotnictwa OPK, choćby takie, jak:

- wykorzystanie środków zabezpieczenia do odtwarzania gotowości bojowej samolotów;
- organizacja konserwacji i napraw pojazdów mechanicznych oraz innego sprzętu technicznego;
- kierowanie ruchem samolotów na lotnisku;
- wyznaczanie optymalnej wielkości magazynów i systemów magazynowania;
- organizacja obsługi medycznej stanu osobowego;
- określanie przepustowości dróg na terenie obszaru kraju;
- kontrola zapasów środków materiałowych;

i inne.

x/ Odstęp czasu nie posiadający stałego współczynnika przeliczeniowego na konwencjonalne miary czasu - lata, dni, sekundy itp. Zamiast chronu można używać określenia "jednostka czasu", które to samo znaczy.

xx/ Wykładniczy rozkład czasu obsługi jest to rozkład z dystrybuantą $F /t/ = 1 - e^{-\lambda t}$, gdzie λ jest intensywnością obsługi, a odwrotność $\lambda /t/$ $1/\lambda$ / jest średnim czasem obsługi /wartością średnią czasu obsługi/.

Rozpatrzmy jako przykład odtwarzanie gotowości bojowej samolotów ^{x/}. Samoloty startują na wykonanie zadania bojowego, po wykonaniu którego lądują na lotnisku bazowania /zapasowym/, aby tam odtworzyć gotowość bojową. Lądowanie to /zgłaszanie się do obsługi/ będzie się odbywać w czasie dającym się ściśle określić, a zgodnym z odpowiednim rozkładem zmiennej losowej. Siły i środki materiałowo-technicznego zabezpieczenia /aparaty obsługi/ mają określone możliwości wykonywania odtwarzania gotowości bojowej /wykonywanie obsługi/. Obsługi te również są wykonywane z określonym prawdopodobieństwem, które daje się dość prosto określić przy pomocy metod statystycznych lub symulacji ^{xx/}

Podobnie przedstawia się przybywanie do obsługi i obsługa pojazdów mechanicznych i sprzętu technicznego podczas zgłaszania się go do konserwacji i napraw.

Rozpatrując w dalszym ciągu zagadnienie odtwarzania gotowości bojowej samolotów należy zastanowić się na tym,

x/ W pracy, ze względu na zakres i możliwości, będą praktycznie rozpatrywane dwa zagadnienia: odtwarzanie gotowości bojowej samolotów do powtórnego wylotu i organizacja konserwacji i napraw pojazdów samochodowych w pułku lotniczym.

xx/ Sztuczny proces losowy konstruowany głównie przy użyciu mechanizmu losowego /kości do gry, ruletka/, tablic liczb losowych, maszyn matematycznych i innych środków generowania zmiennych losowych. Szukana wielkość może być np. równa wartości oczekiwanej pewnej zmiennej losowej. Jej obliczanie polega na n-krotnym wylosowaniu wartości zmiennej x podczas serii niezależnych prób:

x_1, x_2, \dots, x_n i obliczeniu średniej arytmetycznej:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad /MSC \text{ str.231/}$$

czy lepiej jest wykorzystywać sprzęt zabezpieczenia materiałowo-technicznego centralnie /całość sprzętu w jednym miejscu/ do odtwarzania gotowości bojowej samolotów całego pułku, czy lepiej podzielić sprzęt na eskadry i przy pomocy tego sprzętu odtwarzać gotowość bojową poszczególnych eskadr. Należy się również zastanowić nad tym, jak ustawiać sprzęt zabezpieczenia materiałowo-technicznego w poszczególne kanały obsługi, by jak najlepiej i najszybciej odtwarzać gotowość bojową samolotów. I wreszcie, czy ilość poszczególnych rodzajów sprzętu technicznego /dystrybutorów paliwowych, dystrybutorów tlenowych itp./ jest wystarczająca do odtwarzania gotowości bojowej w nakazanym czasie.

Z pobieżnego przeglądu problematyki odtwarzania gotowości bojowej samolotów wynika, że tak ono, jak i wykonywanie konserwacji i napraw transportu samochodowego, może być rozpatrywane przy wykorzystaniu modelu matematycznego masowej obsługi. Ze znajomości etatów wiadomo jaka jest liczba urządzeń zabezpieczenia materiałowo-technicznego, jak również, sprzętu bojowego /samolotów/ czy pojazdów mechanicznych. Wiadomo też, że samolot /pojazd mechaniczny/ wymagający obsługi /odtworzenie gotowości bojowej, naprawa/ bez względu na czas obsługi będzie wyczekiwał na tę obsługę na własnym lotnisku.

Dlatego też matematyczny system masowej obsługi do rozwiązania zadań w tym zakresie będzie systemem:

- bez strat /z wyczekiwaniem/;
- z ograniczonym strumieniem zgłoszeń;
- z ograniczoną ilością aparatów obsługi.

Obliczenia modelu masowej obsługi bez strat powinny w zakresie odtwarzania gotowości bojowej samolotów odpowiedzieć na wszystkie interesujące nad zagadnienia ilościowo-czasowe.

W matematycznym modelu przyjęto następujące oznaczenia ^{x/}:

- m - liczba samolotów obsługiwanych przez jeden rodzaj sprzętu mtz ;
- k - liczba samolotów oczekujących na obsługę /znajdujących się w kolejce do obsługi/;
- λ - średnia intensywność napływu zapotrzebowań na obsługę w ciągu jednostki czasu;
- ν - średnia intensywność wykonywania obsług przez jeden rodzaj sprzętu mtz ;
- n - liczba samolotów;
- a - liczba danego typu sprzętu mtz ;
- P_k - prawdopodobieństwo, że w czasie t nie obsłużono k samolotów z liczby m , a w kolejce znajduje się $k-1$ samolotów.

Przyjmując wymienione oznaczenia, interesujące nas problemy odtwarzania gotowości bojowej samolotów do powtórne-go wylotu możemy obliczyć przy pomocy następujących wzorów ^{xx/}:

Prawdopodobieństwo tego, że zajęte jest k aparatów obsługi pod warunkiem, iż liczba zgłoszeń znajdujących się w systemie nie przekracza liczby aparatów obsługi systemu ^{xxx/}:

x/ Na podstawie: Władysław Filar. Badania operacyjne a problemy zaopatrzenia. Wyd. MON Warszawa 1973 r. str.94.

xx/ W.Rozenberg, A.Prochorow. Teoria masowej obsługi. Wyd.PWE, Warszawa 1965 r. str.209-211

xxx/ Wszystkie wzory podano bez wyprowadzeń i dowodów. Wyprowadzenia i dowody zagadnień znajdują się w książce W.Rozenberg, A.Prochorow op cit str.194-208.

$$P_k = \frac{m!}{k! (m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k \cdot P_0 \quad /1 \leq k \leq n/ \quad /2.54/$$

Prawdopodobieństwo tego, że w systemie znajduje się k zgłoszeń dla przypadku, kiedy liczba ich jest większa od liczby aparatów obsługi

$$P_k = \frac{m!}{n^{k-n} n! (m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k P_0 \quad /n \leq k \leq m/ \quad /2.55./$$

Prawdopodobieństwo tego, że wszystkie aparaty obsługi są wolne:

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^n \frac{m!}{k! (m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k + \sum_{k=n+1}^m \frac{m!}{n^{k-n} n! (m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k \right]^{-1} \quad /2.56./$$

Średnia liczba zgłoszeń oczekujących na początek obsługi /średnia długość kolejki/:

$$E_1 = \sum_{k=n+1}^m \frac{(k-m)! \cdot m!}{n^{k-n} n! (m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k \cdot P_0 \quad /2.57./$$

Współczynnik przestoju obsługiwane zgłoszenia:

$$\frac{E}{m} = \frac{(m-1)!}{n!} \sum_{k=n+1}^m \frac{k-n}{n^{k-n} (m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k \cdot P_0 \quad /2.58./$$

Średnia ilość zgłoszeń znajdujących się w systemie obsługi:

$$E_2 = \left[\sum_{k=1}^n \frac{m!}{/k-1/! \cdot /m-k/!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k + \sum_{k=n+1}^m \frac{k \cdot m!}{n^{k-n} \cdot n! /m-k/!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k \right] P_0 \quad /2.59./$$

Średnia liczba wolnych aparatów obsługi:

$$E_3 = \sum_{k=0}^n \frac{/n-k/ \cdot m!}{k! /m-k/!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k P_0 \quad /2.60/$$

Współczynnik przestoju aparatów obsługi:

$$\frac{E_2}{n} = \sum_{k=0}^{n-1} P_k - \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} K_{P_k} \quad /2.61./$$

Prawdopodobieństwo tego, że liczba zgłoszeń oczekujących na początek obsługi jest większa od pewnej liczby N:

$$P > N = \sum_{k=N+1}^m P_k = 1 - \sum_{k=0}^N P_k : N > n \quad /2.62./$$

Średni czas przestoju aparatów w systemie obsługi:

$$Z = 60 \frac{E_1}{m} \quad /min/ \quad /2.63./$$

Średni czas obsługi każdego zgłoszenia:

$$Z_1 = 60 \frac{E_2}{m} \quad /min/ \quad /2.64./$$

Wykorzystując wymienione wzory modelu masowej obsługi, możemy odpowiedzieć sobie na wszystkie pytania związane z problematyką odtwarzania gotowości bojowej samolotów i naprawą transportu samochodowego ^{x/}.

Reasumując należy chyba wyjaśnić jeszcze dwa zagadnienia. Dlaczego przyjęto taki aparat matematyczny modelu masowej obsługi oraz dlaczego przyjęto wykładniczy rozkład czasu wyczekiwania w kolejce i Poissonowski rozkład zgłaszania się do obsługi.

Pierwsze zagadnienie nie wymaga wyjaśnień. Jeżeli jest ograniczona ilość aparatów obsługi i zgłaszających się samolotów /samochodów/ do obsługi, a zgłaszający się muszą czekać w kolejce to aparat matematyczny jest prawidłowy.

Drugie zagadnienie można wyjaśnić w ten sposób, że liczne rozwiązania podobnych zadań hipotetycznie zakładają właśnie takie a nie inne rozkłady czasu zgłaszania się do kolejki, wyczekiwania i obsługi ^{xx/}.

2.5. WNIOSKI OGÓLNE

Obok opisanych i omówionych jest szereg innych metod badań operacyjnych, które mogą być z powodzeniem stosowane w rozwiązywaniu zadań zabezpieczenia tyłowego. Może to być programowanie dynamiczne, którego aparatem można

x/ Zadania związane z organizacją odtwarzania gotowości bojowej samolotów i naprawą pojazdów mechanicznych są rozwiązane w rozdziale 3 niniejszej pracy.

xx/ O ile chodzi o naprawę transportu samochodowego to hipoteza jest sprawdzona, jednak w odtwarzaniu gotowości bojowej samolotów nie. Poza procesem symulacji trudno jest sprawdzić w czasie pokojowym założone dane.

rozwiązywać zadania oparte na przewidywaniu uwzględniającym przyszłość, podejmować wieloetapowe decyzje czy wybierać optymalne drogi dowozu środków materiałowych. Mogą to być modele oceny niezawodności sprzętu technicznego. Przy pomocy tych modeli można określić prawdopodobieństwo bezawaryjnej pracy sprzętu technicznego, a na tej bazie ustalić właściwe metody eksploatacji sprzętu. Mogą to być modele optymalizacji zapasów służące do określania strategii kierowania zapasami i utrzymywania ich w odpowiedniej ilości i asortymencie. Można się dopatrzeć również możliwości zastosowania do rozwiązywania zadań zabezpieczenia tyłowego działań bojowych korpusu OPK takich metod jak: teoria renowacji, teoria odnowy, teoria gier i inne.

Większość zadań zabezpieczenia tyłowego lotnictwa korpusu OPK ma charakter cykliczny /powtarzający się/. Każde z tych zadań charakteryzuje się ponadto określonymi parametrami /znanymi i nie znanymi/, a więc nadaje się z powodzeniem do rozwiązywania z wykorzystaniem metod badań operacyjnych.

Dotychczas stosowane metody planowania zabezpieczenia tyłowego już nie wystarczają, dlatego jest koniecznością zastosowanie metod matematycznych dla określania potrzebnych danych ilościowych oraz do wypracowania optymalnych decyzji.

Planowanie zabezpieczenia tyłowego z wykorzystaniem metod badań operacyjnych musi opierać się na pracy silnych zespołów sztabowych znających istotę problemów i metody pracy.

Metody matematyczne nie mogą być wykorzystywane same dla siebie, lecz powinny być narzędziem i pomocą kie-

rownictwu i wykonawcom w określaniu i koordynowaniu prac, jakie należy realizować w celu szybkiego i terminowego wykonania podstawowych zadań.

Przyszłość metod matematycznych, to wykorzystanie na wszystkich szczeblach dowodzenia elektronicznej techniki obliczeniowej /ETO/. Zastosowanie ETO zezwoli na zebranie dużej ilości danych i zależności oraz ich szybkie obliczenie i przedstawienie dowódcy. Jednak już obecnie należy zajmować się wykorzystywaniem metod matematycznych do ich wdrażania w szkoleniu sztabów.

Nawet zadania obliczane ręcznie, czy z wykorzystaniem małej techniki obliczeniowej przedstawiają szereg wniosków, a podjęte na ich podstawie decyzje na pewno mieszczą się w zespole decyzji zbliżonych do optymalnych. Decyzje te, na pewno będą bardziej słuszne niż podjęte intuicyjnie bez analizy matematycznej.

3. ROZWIĄZANIE WYBRANYCH ZADAŃ ZABEZPIECZENIA TYŁOWEGO LOTNICTWA KORPUSU OPK

3.1. W s t ę p

Głównymi czynnikami wpływającymi na właściwe zabezpieczenie tyłowe działań bojowych lotnictwa korpusu OPK są: czas przygotowania danych ilościowych i podjęcia decyzji oraz odpowiednie co do asortymentu i ilości zgromadzenie środków materiałowych i sprzętu do realizacji tej decyzji.

Aby właściwie wykorzystać pierwszy i drugi czynnik, należy znać możliwości ilościowo-jakościowe swych sił i środków oraz zachowanie się ich w technologicznym procesie przyszłej realizacji zadań.

Jest to możliwe wtedy, gdy rozegramy czynności wchodzące w zakres danego zadania z uwzględnieniem ich kolejności, czasu trwania wzajemnych powiązań oraz możliwości wykonania zadania w wyznaczonym czasie dyrektywnym /wyznaczonym przez dowódcę/.

Taka rozgrywka jest możliwa i stosunkowo łatwa właśnie przy wykorzystaniu modeli badań operacyjnych. Już sama budowa modelu /matematycznego czy graficznego/ zmusza wykonawcę do przemyślenia całości procesu technologicznego i czynników wpływających na wykonanie zadania.

Zadania przedstawione w niniejszym rozdziale są obliczone ręcznie /z wykorzystaniem małej i średniej techniki obliczeniowej/. Choćby z tego względu nie komplikowano modeli dużą ilością danych i zależności, lecz nawet te nieskomplikowane rozwiązania przedstawiają szereg wniosków, których wykorzystanie do praktycznej działalności polepszy wykonanie zadań zabezpieczenia tyłowego lotnictwa korpusu OPK.

3.2. Zadania rozwiązywane z pomocą modelowania sieciowego

3.2.1. Organizacja osiągania pełnej gotowości bojowej w pułku lotnictwa myśliwskiego Obrony Powietrznej Kraju

Sprawne i terminowe przejście pułku lotnictwa myśliwskiego OPK do stanu pełnej gotowości bojowej warunkuje szybkie wyprowadzenie go spod uderzenia, rozśrodkowanie i wykonanie podstawowego zadania bojowego - odparcie napadu powietrznego na swoim kierunku lub w wyznaczonym sektorze.

Należy stwierdzić, że czas przejścia do pełnej gotowości bojowej jest bardzo krótki i właściwe jego wykorzystanie wymaga od pułku lotniczego dużego wysiłku organizacyjnego. Czynności pododdziałów i służb zaopatrujących pułku powinny być dokładnie zaplanowane, zgrane w czasie i odtrenowane. Wykaz ważniejszych czynności przejścia pułku lotnictwa myśliwskiego OPK do stanu pełnej gotowości bojowej i orientacyjne czasy ich trwania przedstawia tablica 8 x/:

Tablica 8

Lp.	Wyszczególnienie czynności	Orientacyjny czas trwania /godz./
1	2	3
1	Wykonanie aktualnie realizowanych przedsięwzięć podwyższonej gotowości bojowej	przez cały czas trwania
2	Zdjęcie z konserwacji całości sprzętu i materiałów "ZN"	5
3	Wydanie pododdziałom sprzętu i materiałów "ZN"	4
4	Wydanie żołnierzom całości zaopatrzenia należnego im na czas "W"	4
5	Rozwiązanie umów z pracownikami cywilnymi jednostki	4
6	Zrealizowanie przekazów Narodowego Banku Polskiego	14
7	Rozwinięcie garnizonowej służby regulacji ruchu	2

x/ Dane uzyskane z badań przeprowadzonych w dwóch korpustach OPK i pięciu pułkach lotniczych ze względu na ogólny charakter pracy uśrednione.

1	2	3
8	Malowanie znaków rozpoznawczych na pojazdach mechanicznych	4
9	Wyjście z garnizonu do zasadniczych rejonów alarmowych	16
10	Zlikwidowanie gospodarki finansowej "czp" i przejście na gospodarkę "czw"	12
11	Przekazanie władzom garnizonowym koszar i nie zabranego mienia	12 x/
12	Przystąpienie do wykonania czynności przewidzianych planem mobilizacji	natychmiast
13	Przeprowadzenie uzupełnienia prac inżyniersko-saperskich na lotniskach i stanowiskach dowodzenia	przez cały czas trwania
14	Osiągnięcie gotowości do przebazowania na lotnisko zapasowe	2
15	Przyjęcie wyznaczonego lotniska po lotnictwie operacyjnym wraz z komendą lotniska stałego	3
16	Pozostawienie na lotnisku stałej dyslokacji części sił do zabezpieczenia lotów	2
17	Rozśrodkowanie na lotnisku wszystkich sił i środków pułku	2
18	Rozśrodkowanie do zapasowych miejsc mobilizacji zapasów mobilizacyjnych	10

x/ Przedsięwzięcie realizowane jest wówczas, gdy plm OPK wychodzi całością sił na lotniska zapasowe.

Z danych przedstawionych w tablicy bez trudu można wykreślić harmonogram działalności pułku podczas osiągnięcia pełnej gotowości bojowej. Harmonogram ten nie pokaże jednak zależności zachodzących pomiędzy realizacją poszczególnych przedsięwzięć. Nie widać będzie w nim również działalności poszczególnych służb i współzależności w wykonaniu przez nie zadań. Niedociągnięcia te z powodzeniem eliminuje model sieciowy x/.

Podane w tablicy 8 czasy trwania czynności obejmują sobą, pod każdym przedsięwzięciem, wiele czynności realizowanych przez kilka współpracujących służb i pododdziałów. Do modelu sieciowego wymienione przedsięwzięcia muszą być podzielone na czynności elementarne. Motywuje się to tym, że szereg czynności elementarnych po pewnym czasie trwania uruchamia inne czynności, które po częściowym ich wykonaniu uruchamiają czynności następne.

Dlatego też czynności podane w tablicy 8 muszą być podzielone na czynności częściowe /elementarne/ i należy ustalić czas ich trwania. Naturalnie czas trwania przedsięwzięcia wziętego z tablicy musi być sumą, lub być zbliżony do sumy czasów czynności elementarnych. Ponadto, szereg czynności dotyczy wielu pododdziałów i służb, u których czas trwania tych samych czynności jest niejednakowy, również i tu czas trwania czynności elementarnych musi być dla każdego pododdziału /służby/ ustalony oddzielnie.

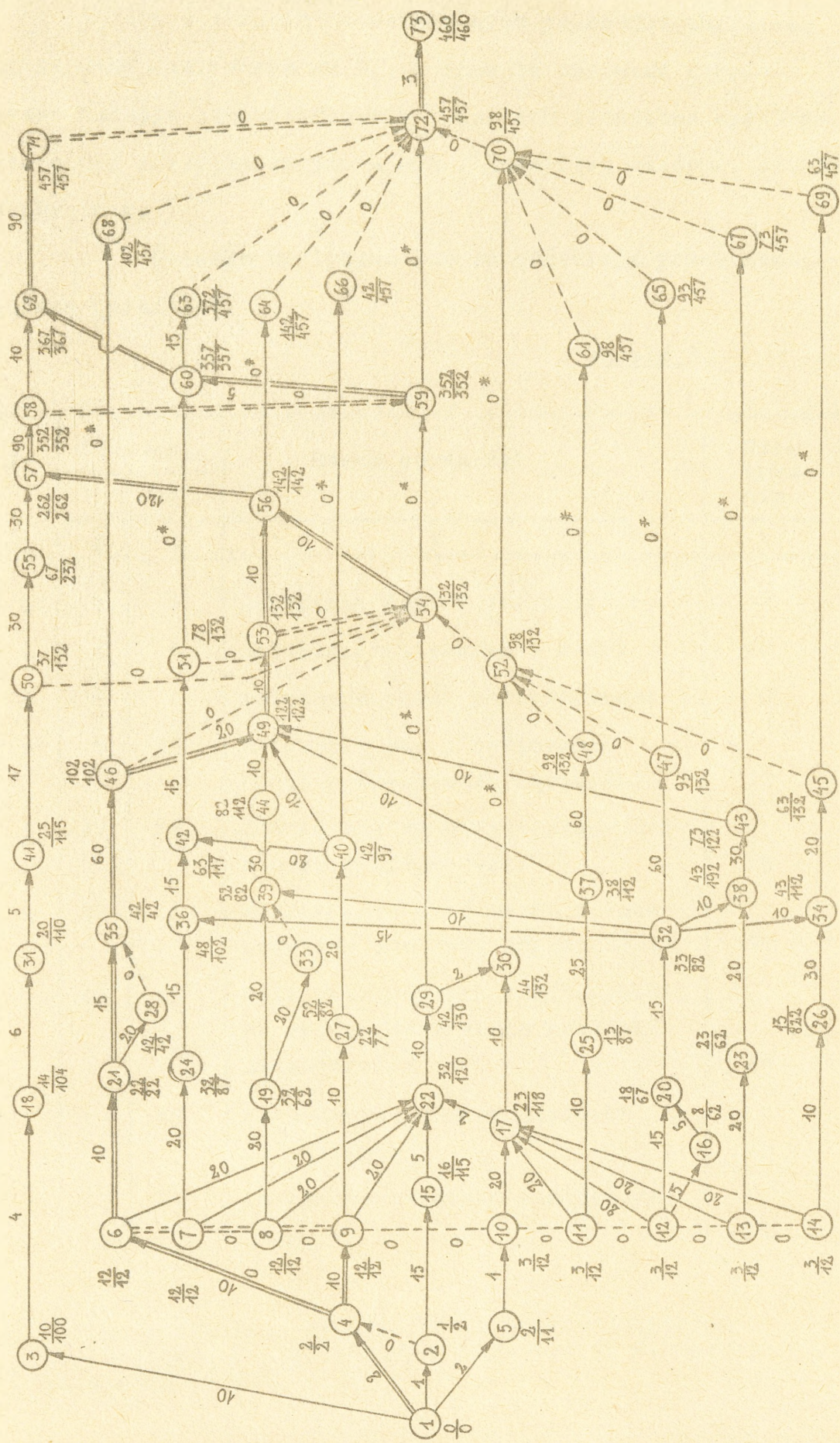
x/ Do opracowania modelu sieciowego przyjęto następujące założenia: pułk lotniczy przechodzi do pełnej gotowości bojowej ze stanu podwyższonej gotowości bojowej, większość czynności okresu podwyższonej gotowości bojowej została wykonana, do wykonania pozostała jedynie rozbudowa inżynieryjna, prace są w toku realizacji, część sprzętu i środków materiałowych czołówki zaopatrzenia jest załadowana lub przygotowana do załadunku na pojazdy mechaniczne, środki UL i łączności, przeznaczone na lotnisko zapasowe, znajdują się w stanie zwiniętym w rejonie radiostacji prowadzących, klz znajduje się na lotnisku zapasowym, prace mobilizacyjne wykonane.

W przedstawionym modelu sieciowym pułk lotnictwa myśliwskiego OPK przechodzi do pełnej gotowości bojowej z alarmu x/. Przyjęto, że sygnał alarmu otrzymuje dyżurny odpowiedzialny SD i przekazuje go dowódcy pułku i na centralę telefoniczną, nakazując równocześnie uruchomienie syreny alarmowej.

Powiadomieni: dowódca, szef sztabu, pozostali zastępcy dowódcy, dowódcy pododdziałów i szefowie służb przybywają na SD, a inni oficerowie udają się do pododdziałów, gdzie organizują pracę zgodnie z instrukcją alarmową. Poszczególne służby i pododdziały realizują czynności omówione w rozdziale pierwszym. Model sieciowy osiągnięcia pełnej gotowości bojowej przez pułk lotnictwa myśliwskiego OPK przedstawia schemat rys.12. Czynności zawarte w wymienionym modelu sieciowym, czas ich trwania, terminy rozpoczęcia i zakończenia oraz zapasy czasu przedstawiono w załącznikach nr 1, 2 i 3.

Opracowany model sieciowy /CPM/ ujmuje w sobie czynności wszystkich ważniejszych pododdziałów pionu technicznego pułku i batalionu zaopatrzenia oraz innych elementów organizacyjnych pułku. Ponadto wprowadzono ścieżkę klz, elementu ugrupowania plm OPK, bez którego niemożliwe jest terminowe osiągnięcie gotowości bojowej przez lotnisko zapasowe.

x/ W pracy nie pokazano modelu sieciowego osiągnięcia pełnej gotowości bojowej bez ogłaszania alarmu bojowego. W sumie, czynności nie zmieniają się wiele w stosunku do prezentowanego modelu, wzrasta jedynie czas o około 60-70 minut.



rys. 12. Model sieciowy osiągnięcia pełnej gotowości bojowej przez pułk lotnictwa myśliwskiego OPK.

Czas trwania poszczególnych czynności obliczono posługując się wzorem /2.3/, a dane do obliczeń uzyskane przez badanie opinii oficerów w pułkach lotnictwa myśliwskiego OPK i słuchaczy pionu OPK i lotnictwa Akademii Sztabu Generalnego x/.

Ścieżka krytyczna modelu przebiega przez następujące czynności:

Tabela 9

Ip.	Zdarzenie		Nazwa czynności	Czas trwania
	1	j		
1	2	3	4	5
1	1	4	Nakazanie dyż. CT powiad. kadry	2
2	4	9	Telefoniczne powiadom. kadry	10
3	9	6	Zależność czasu powiadomienia	0
4	6	21	Ubieranie się i pobieranie broni w batalionie łączności	10
5	21	35	Udanie się do miejsc pracy żołnierzy bat. łączności.	15
6	35	46	Wydzielenie środków UL i łączności do czołówki zaopatrzenia	60
7	46	49	Dojazd transportu bat. łączności do rejonu formowania czołówki zaopatrzenia	20
8	49	53	Formowanie kolumny czołówki zaopatrzenia	10
9	53	54	Zależność związana z modelowaniem	0

x/ Ogółem przebadano 25 oficerów z pułków lotnictwa myśliwskiego /1,28,3,62 plm OPK/ oraz 25 słuchaczy kursów ZWL i OPK.

1	2	3	4	5
10	53	56	Wysłuchanie zadań przez czołówkę zaopatrzenia	10
11	54	56	Postawienie zadań czołówce zaopatrzenia	10
12	56	57	Przemarsz czołówki zaopatrzenia 50 km	120
13	57	58	Rozwinięcie czołówki zaopatrzenia na lotnisku zapasowym	90
14	58	59	Meldunek o gotowości do przyjęcia samolotów	0
15	59	60	Zarządzenie przelotu samolotów	5
16	60	62	Przelot samolotów na lotnisko zapasowe	10
17	62	71	Odtwarzanie gotowości bojowej	90
18	71	72	Meldunek o gotowości do działań bojowych	0
19	72	73	Meldunek do d-cy KOPK o osiągnięciu gotowości bojowej	3

Wykluczając, jako nieistotne czynności z zerowym lub bardzo krótkim czasem trwania, przeprowadzamy analizę pozostałych czynności znajdujących się na ścieżce krytycznej.

Ubieranie się żołnierzy i pobieranie broni w poddziałach. Na czynność tę wchodzi szereg czynności elementarnych takich jak:

- budzenie żołnierzy przez służbę dyżurną;
- ubieranie się żołnierzy i przygotowanie oporządzenia osobistego;
- otwieranie magazynu obroni i wydanie jej wszystkim żołnierzom pododdziału;

- pobranie broni i amunicji oraz sprzętu znajdującego się w pododdziałach;

- krótkie postawienie zadań niektórym żołnierzom, szczególnie udającym się do pracy w dodatkowo przydzielonych miejscach pracy /obrona lotniska, gońcy, magazynierzy itp./.

Każda z wymienionych czynności trwa w czasie przez kilka minut, co sumarycznie daje czas zbliżony do podanego x/. W konkretnych jednostkach być może byłby ten czas krótszy, lecz niewiele.

Udanie się żołnierzy batalionu łączności do miejsc pracy. Jest wiele miejsc pracy żołnierzy batalionu łączności, a tym samym i będzie różny czas trwania tej czynności. Najpóźniej dotrą na miejsce pracy żołnierze udający się do dalszej radiostacji prowadzącej, jednak z wykorzystaniem środka transportu i pobraniem broni i oporządzenia w pierwszej kolejności, zmieszczą się w 15 minutach.

Wydzielenie środków UL i łączności do czołówki zaopatrzenia. Jeżeli sprzęt techniczny byłby przygotowany i znajdowałby się na terenie koszar, to czas ten możnaby skrócić do 30 minut. Jeżeli będzie się znajdował w rejonie stacji prowadzących i będzie podlegał częściowemu zwijaniu to podany czas jest czasem właściwym. Jednak, gdy trzeba by było wyłączać sprzęt z pracy i zwijać, to czas ten przedłuży się do 3-4 godzin.

x/ Podczas badania opinii fachowców /dwudziestu oficerów/ uzyskane średnie czasy mieszczące się w granicach 17-25 minut, co daje średni czas oczekiwany 21 minut. W czasie praktycznego pomiaru dokonanego w trzech jednostkach, uzyskano średni czas 19,5 minuty.

Podobne zależności czasowe, uzależnione odległością, wynikają również w dojeździe sprzętu UL do miejsca formowania czołówki zaopatrzenia.

Przemarsz czołówki zaopatrzenia na lotnisko zapasowe zależy od prędkości operacyjnej uzyskiwanej na trasie marszu /V/ i odległości lotnisk od siebie /L/ obliczamy czas przemarszu według wzoru:

$$t = \frac{L \cdot 60}{V} \quad /min/ \quad /3.01/$$

co pod podstawieniu danych z założenia daje:

$$t = \frac{50 \cdot 60}{25} = 120'$$

Rozwinięcie czołówki zaopatrzenia na lotnisku zapasowym. Czas trwania tej czynności jest czasem dyrektywnym. Jednak biorąc pod uwagę szereg czynności elementarnych /rozprowadzenie czołówki do miejsc pracy, ustawienie pojazdów na stoiskach, przygotowanie się do zabezpieczenia działań itp./ i odległości pomiędzy poszczególnymi miejscami rozmieszczenia sił i środków, czasu tego skrócić nie można.

Odtwarzanie gotowości bojowej samolotów x/.

Jeżeli przyjmiemy, że samoloty lądowały na lotnisku zapasowym bez prowadzenia działań bojowych to czas ten /90 minut/ jest właściwy. Jeżeli jednak lądowanie odbywałoby się po uprzednim wykonywaniu działań bojowych, to trzeba by go przedłużyć do około 120 minut.

Z powyższej, zapewne pobieżnej analizy ścieżki krytycznej wynika, że nie można, lub można tylko w niewiel-

x/ Problematyka odtwarzania gotowości bojowej samolotów MIG-21m szczegółowo omawiana jest w następnym zagadnieniu.

kim stopniu, skrócić czas trwania całości przedsięwzięcia.

Nasuwa się tu jednak kilka istotnych wniosków:

- wprowadzenie urządzenia centralnego powiadamiania o alarmie - "TESA" skraca czas trwania powiadamiania o kilka minut;

- w typowym garnizonie lotniczym, 20 minut czasu wydzielonego do przybycia kadry na SD jest za mało. Należałoby wyznaczyć na stałe pojazdy dyżurne, które w godzinach popołudniowych i nocnych byłyby podstawione w miejscach zamieszkania;

- środki UL i łączności, przeznaczone do czołówki zaopatrzenia, powinny znajdować się w stanie zwiniętym na terenie koszar /part samochodowy lub inne wyznaczone miejsca/;

- miejsca rozmieszczenia na lotniskach zapasowych stanu osobowego, sprzętu technicznego, pojazdów mechanicznych i środków materiałowych powinny być z awczasu przygotowane, a personel czołówki zaopatrzenia wcześniej zapoznany z ich lokalizacją;

- większość czynności wchodzących w zakres osiągnięcia wyższych stanów gotowości bojowej powinna być szczegółowo rozpracowana, doprowadzona do każdego żołnierza i od-trenowana podczas praktycznych ćwiczeń.

3.2.2. Organizacja odtwarzania gotowości bojowej eskadry

samolotów MIG-21m

Podczas planowania odtwarzania gotowości bojowej samolotów w plm OPK należy się uprzednio zastanowić nad następującymi problemami:

- w jaki sposób będzie się realizować odtwarzanie gotowości bojowej samolotów na lotnisku;

- jaką ilość sprzętu technicznego i środków mtz wydzielić do zabezpieczenia odtwarzania gotowości bojowej eskadry;

- jakie możliwości taktyczno-techniczne ma sprzęt wykorzystywany do odtwarzania gotowości i jaki będzie czas jego pracy.

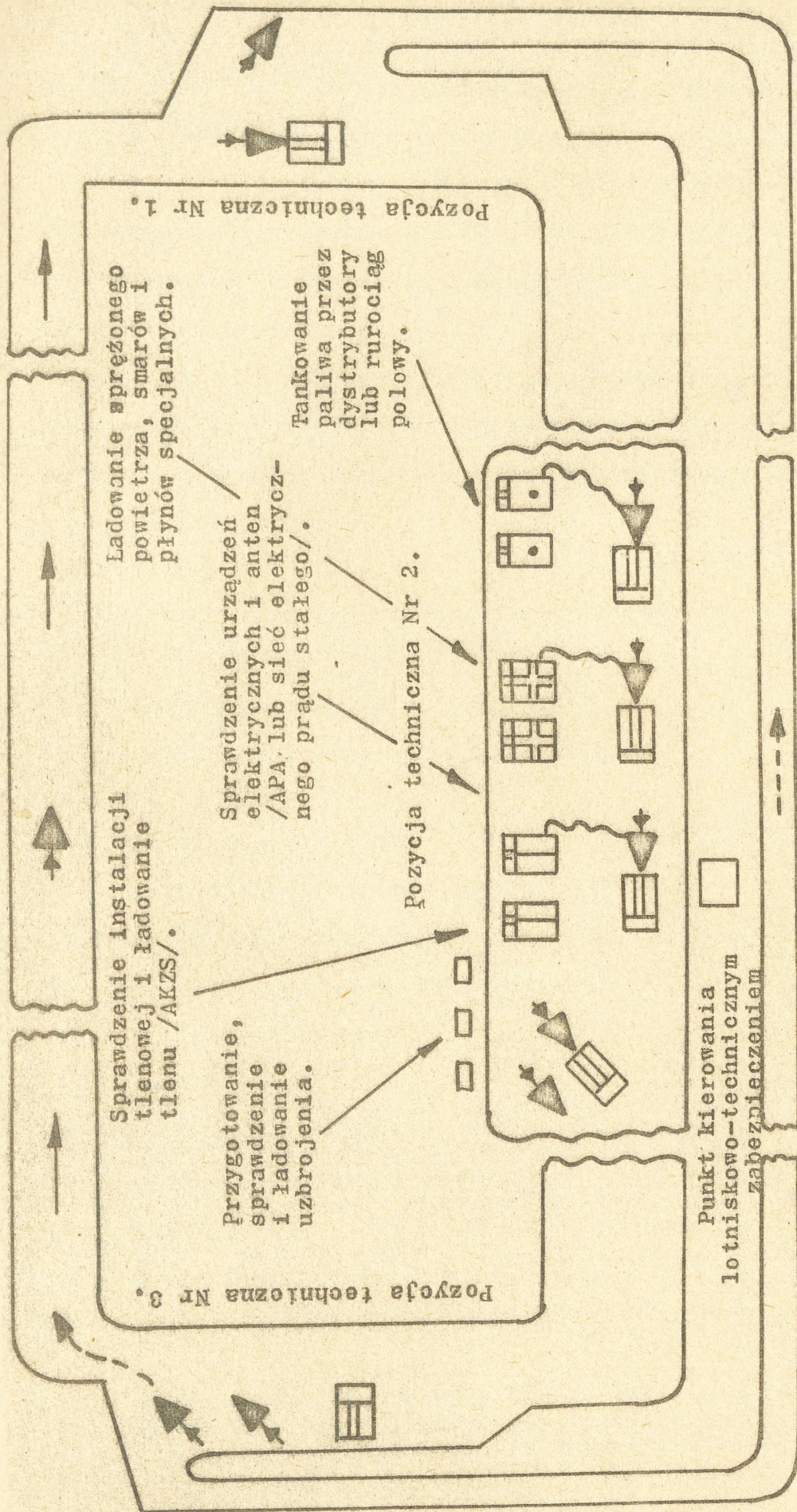
W uprzednich rozważań /rozdział 1.5./ wynika, że odtwarzanie gotowości bojowej eskadr może się odbywać w trój- lub jednopozycyjnym ciągu technicznym, czy też w strefach rozśrodkowania eskadr, przy czym odtwarzanie gotowości bojowej w ciągach technicznych może się odbywać z wykorzystaniem ruchomych środków mtz /dystrybutory paliwowe, tlenowe, powietrzne itp./ lub rurociągu paliwowego czy też scentralizowanego systemu tankowania x/.

Organizację odtwarzania gotowości bojowej samolotów w trójpozycyjnym ciągu technicznym przedstawiono na rys.13.

Wydaje się, że najbezpieczniejsze będzie odtwarzanie gotowości bojowej w strefach rozśrodkowania eskadr, choćby ze względu na odległość tych stref od drogi startowej i inżynieryjno-saperskie zabezpieczenie /obwałowanie/ rozśrodkowania samolotów.

Otwarcie gotowości bojowej w ciągach technicznych będzie łatwiejsze do wykonania ze względu na wykorzystanie rurociągu paliwowego i czas jego trwania nie będzie

x/ Pod pojęciem scentralizowanego systemu tankowania rozumie się system rurociągów /przewodów/ zabezpieczających samoloty w paliwo, tlen lotniczy, powietrze i energię elektryczną.



Rys. 13. Organizacja odtwarzania gotowości bojowej samolotów w trójpozycyjnym ciągu technicznym /wariant/.

dłuższy, niż w strefach rozśrodkowania, szczególnie gdy będziemy rozpatrywać małe grupy do eskadry włącznie.

Ilość sprzętu technicznego jaka powinna być wydzielana do odtwarzania gotowości bojowej eskadry powinna być taka, by zabezpieczyć odtwarzanie gotowości bojowej samolotów w jak najkrótszym czasie.

Biorąc pod uwagę możliwości służb technicznych i zaopatrzeniowych pułku oraz dwueskadrową jego organizację, dla potrzeb eskadry można wydzielić następującą ilość sprzętu mtz /tabela 10/ x/.

Tabela 10

Lp.	Wyszczególnienie środków	Ilość
1	Dystrybutory paliwowe á 20.000 l	5-6
2	Dystrybutory /cysterny/ do zlewania paliwa	2
3	Dystrybutory olejowe	1
4	Dystrybutory tlenowe AK2S-75	1-2
5	Rozruszniki elektryczne	4
6	Holowniki do holowania samolotów	5
7	Samochody ciężarowe	3
8	Samochody sanitarne	1
9	Autobusy pasażerskie	2
10	Samochody przeciwpożarowe	1
11	Traktory	1
12	Dźwigi samochodowe	1

x/ mjr dypl. Mieczysław Chamera Informator taktyczno-techniczny cz.V "Wybrane zagadnienia tyłowego zabezpieczenia działań bojowych lotnictwa" Wyd.ASG, Warszawa 1973 r. str. 74.

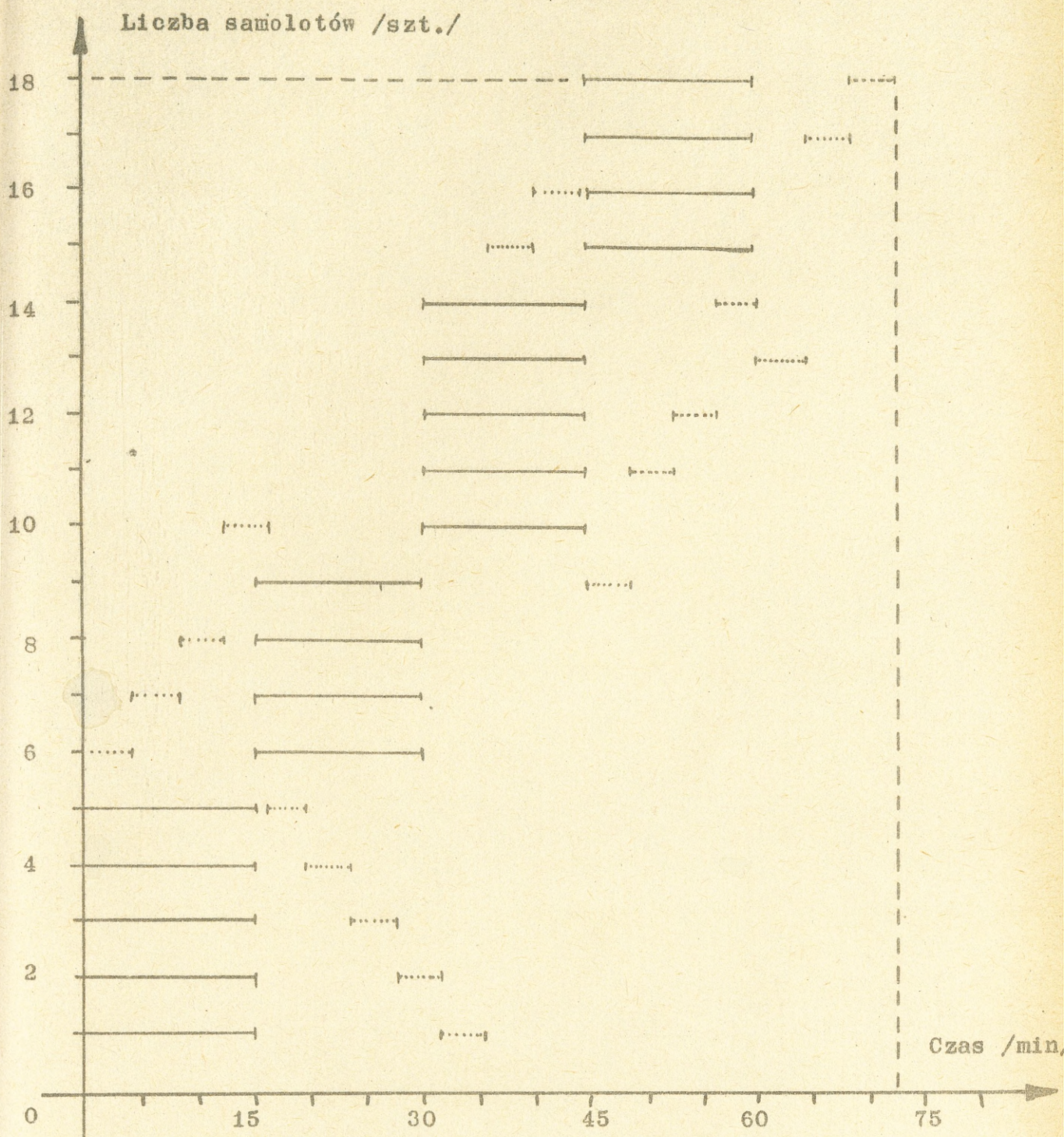
Plm OPK posiada na wyposażeniu trzy dystrybutory tlenowe AKZS-75. Dlatego też należy pamiętać, że gdy w jednej eskadrze będzie wykorzystywanych dwa dystrybutory tlenowe, to w drugiej tylko jeden.

Jeżeli chodzi o możliwości taktyczno-techniczne sprzętu i związany z tym czas odtwarzania gotowości bojowej samolotów to zależą one od jakości tego sprzętu /typu/ i od sposobu jego wykorzystania.

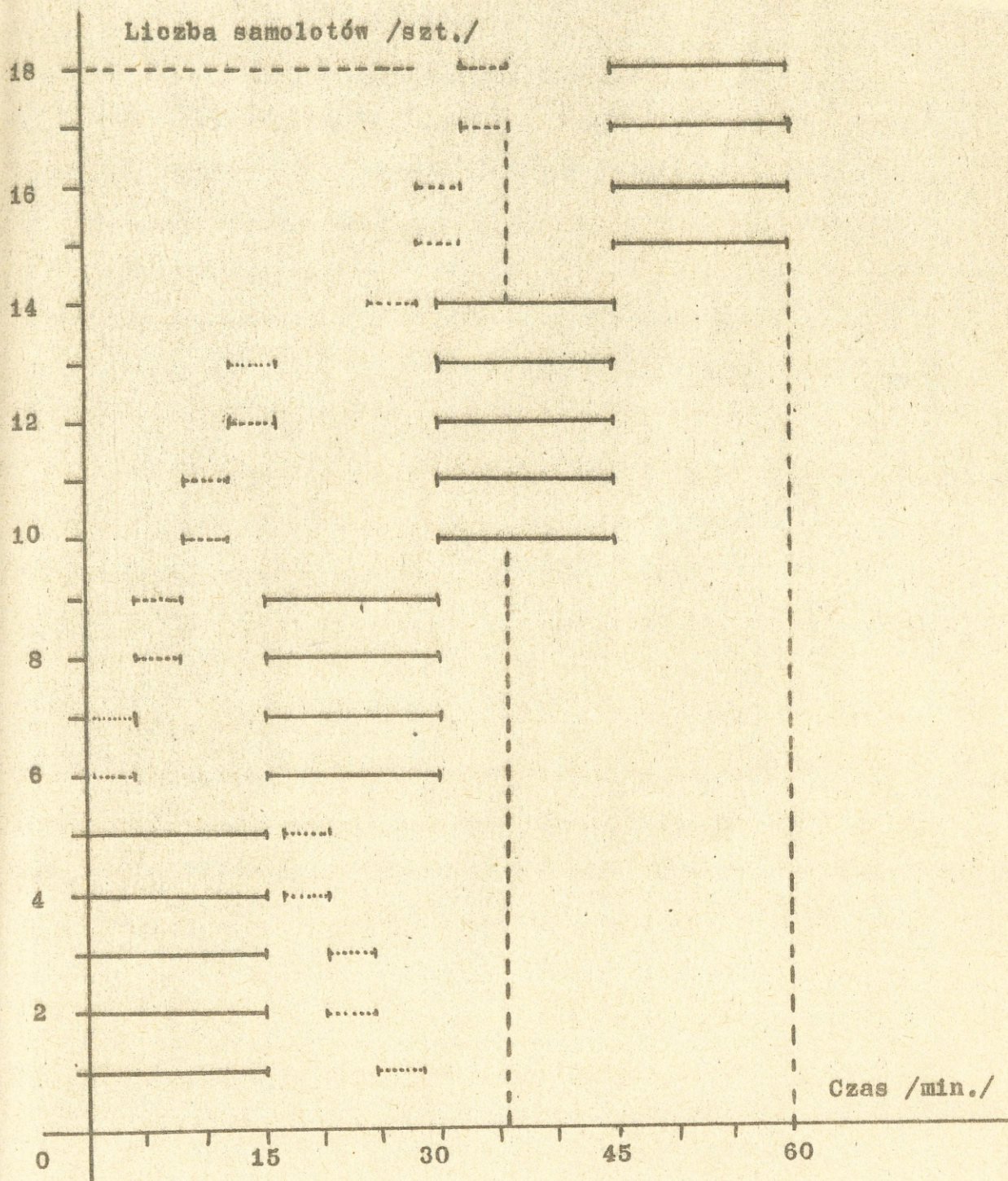
Ilość sił i środków wydzielona do tankowania paliwa i ładowania innych środków materiałowych sugeruje ładowanie środków materiałowych jednocześnie na 4-5 samolotów. Taka organizacja ładowania środków materiałowych, szczególnie paliwa lotniczego i tlenu, całkowicie wykorzystuje możliwości transportu specjalnego i powoduje minimalny możliwy czas oczekiwania samolotów na odtwarzanie gotowości bojowej. Wykorzystanie dystrybutorów paliwowych i dystrybutora /dystrybutorów/ tlenowego do ładowania paliwa i tlenu pokazano na schematach, rys.14 i 15. Czas trwania tankowania jednego samolotu paliwem i tlenem pokazano w tabeli 11 i 12.

Tabela 11

Lp.	Wyszczególnienie czynności	Czas trwania
1	2	3
1	Czas czynności przygotowawczych:	
	a/ podjazd dystrybutora do samolotu	2
	b/ uziemienie dystrybutora, rozwinięcie węży, wypełnienie dokumentów	3



Rys. 14. Harmonogram tankowania paliwem i ładowania tlenem eskadry samolotów MiG-21M przy wykorzystaniu 5 dystrybutorów paliwowych i 1 dysrybutora tlenowego.



Rys. 15. Harmonogram tankowania paliwem i ładowania tlenem eskadry samolotów MiG-21M przy wykorzystaniu 5 dystrybutorów paliwowych i 2 dystrybutorów tlenowych.

1	2	3
2	Tankowanie paliwa:	
	a/ zbiorniki zasadnicze /85% pojemności/	7
	b/ zbiorniki dodatkowe x/	3
3	Ogólny czas tankowania:	
	a/ tankowanie zbiorników zasadniczych	12
	b/ tankowanie zbiorników zasadniczych i dodatkowych	15

Tabela 12

Lp.	Wyszczególnienie czynności	Czas trwania
1	Czas czynności przygotowawczych:	
	a/ podjazd dystrybutora tlenowego do samolotu	1-1,5
	b/ otwarcie włazów, włączenie pompy, rozwinięcie węży, podłączenie i odłączenie ich od samolotu	2-2,5
2	Czas przetaczania /ładowania/ tlenu na samolot	1
	R a z e m	4-5

Opracowanie schematu blokowego poszczególnych czynności bardzo ułatwia ustalić sposób i kolejność odtworzenia gotowości bojowej samolotów. Schemat taki pokazano na rys.16.

x/ Do kalkulacji potrzeb paliwa i czasu tankowania samolotów przyjęto 85% pojemności zbiorników zasadniczych i jeden zbiornik dodatkowy o pojemności 800 litrów.

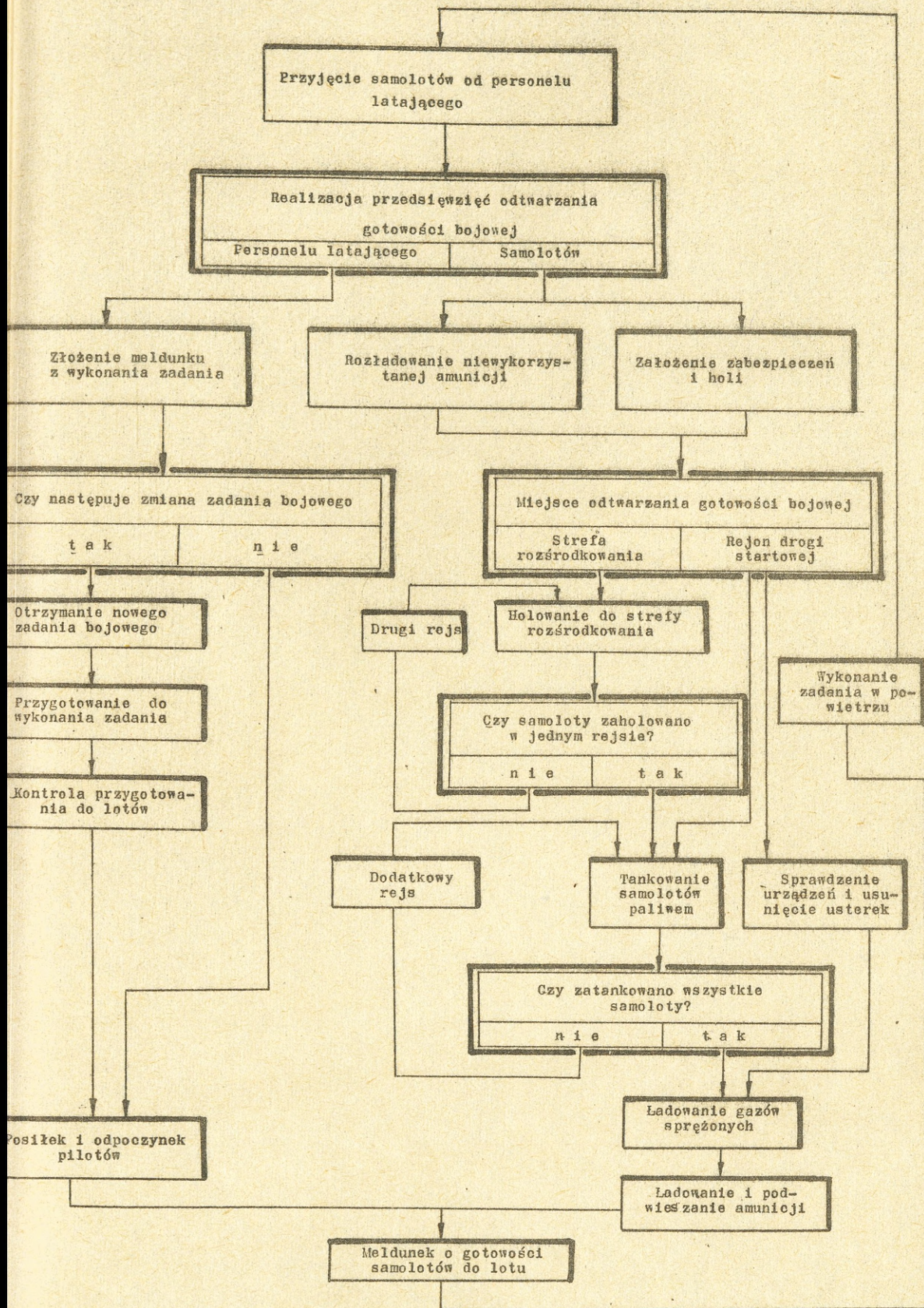
Jeżeli został ustalony sposób przeprowadzania odtwarzania gotowości bojowej samolotów, ilość sprzętu jaką można wydzielić dla eskadry i znane są /ustalone/ czasy pracy wydzielonych sił i środków oraz ustalony został stopień szczegółowości modelu sieciowego można przystąpić do jego opracowania x/. Model sieciowy odtwarzania gotowości bojowej eskadry samolotów MIG-21m pokazano na schemacie rys.17 xx/. Listę czynności do modelu sieciowego przedstawiono w załącznikach nr 5, 6 i 7.

Z przedstawionego modelu wynika, że ścieżka krytyczna przechodzi przez następujące czynności:

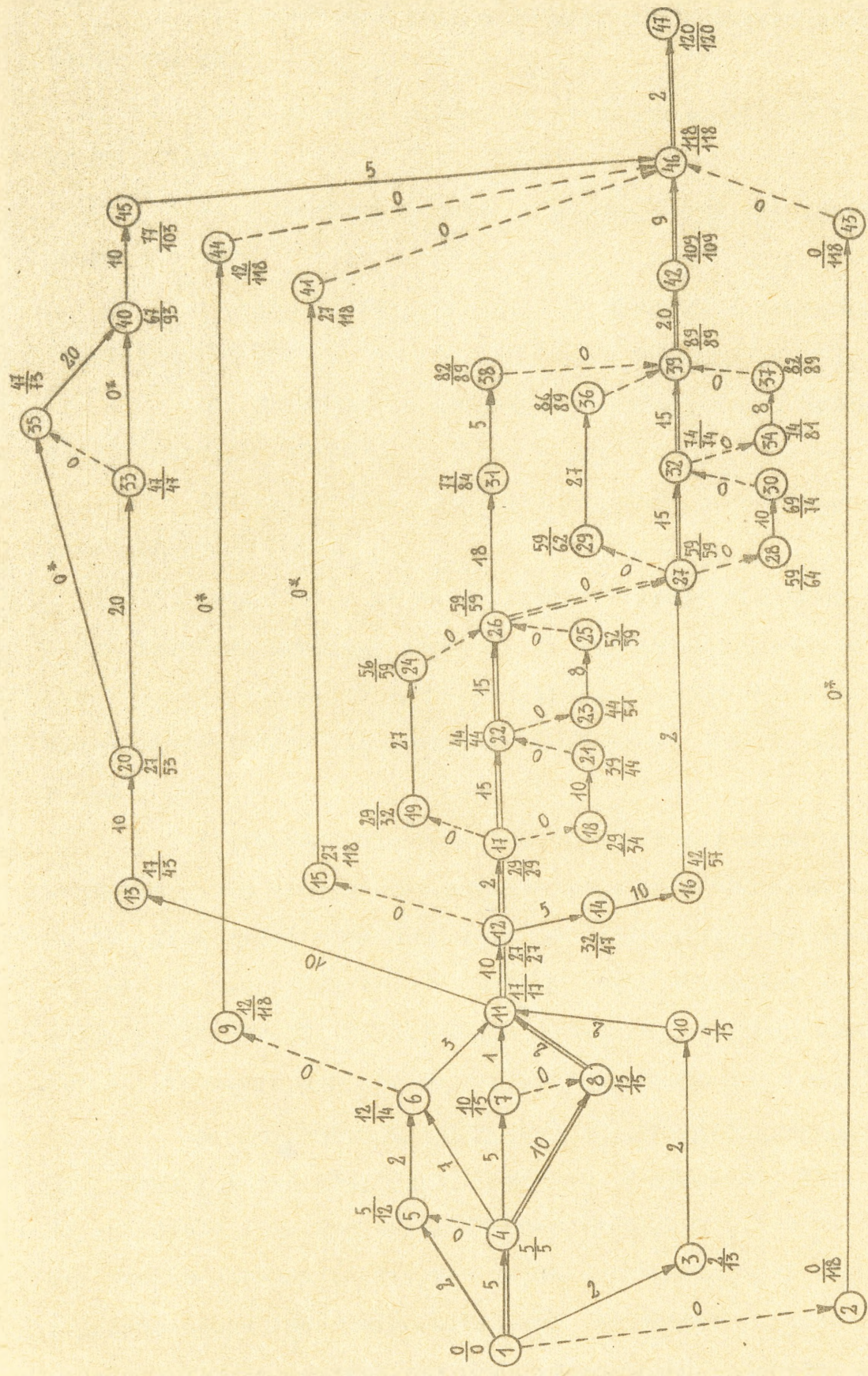
1. Przygotowanie oprzyrządowania, pokryw, holi, itp, /1-4/.
2. Rozładowanie niewykorzystanej amunicji /4-8/.
3. Podniesienie lawet, zabezpieczenie urządzeń uzbrojenia /8-11/.
4. Holowanie samolotów do miejsc rozmieszczenia /11-12/.
5. Wprowadzenie samolotów na stoiska /w obwałowania /12-17/.
6. Tankowanie paliwa do pierwszych czterech samolotów /17-22/.

x/ Naturalnie, że ważnym jest jeszcze ustalenie początku i zakończenia przedsięwzięcia. W przypadku opracowywanego modelu początkiem przedsięwzięcia jest moment lądowania samolotów na lotnisku, a zdarzeniem końcowym - złożenie meldunku o gotowości eskadry do kolejnego lotu.

xx/ Do opracowania modelu założono: ilości sił i środków zgodnie z danymi zawartymi w tabeli 10 oraz etatowe stany kluczy specjalistycznych wchodzących w skład eskadry p/m OPK. Dystrybutory tlenowe zaplanowane w dwóch wariantach 1 i 2 dystrybutory. Ładowanie uzbrojenia przyjęto w dwóch etapach. W pierwszym etapie - rozładowanie niewykorzystanej amunicji i przegląd uzbrojenia, w drugim etapie /pod koniec odtwarzania gotowości/ - ładowanie i podwieszanie środków rażenia.



Rys. 16. Schemat blokowy odtwarzania gotowości bojowej pjm BPK /wariant/.



rys. 17. Model sieciowy organizacji odtrwania gotowości bojowej eskadry samolotów MiG-21m.

7. Tankowanie paliwa do pierwszych pięciu samolotów /22-26/.

8. Tankowanie paliwa do czterech samolotów drugiej grupy /27-32/.

9. Tankowanie paliwa do pięciu samolotów drugiej grupy /32-39/.

10. Ładowanie uzbrojenia na drugiej dziewięć samolotów /39-42/.

11. Sprawdzenie załadowania uzbrojenia i podłączenia instalacji /42-46/.

12. Meldowanie gotowości eskadry do kolejnego lotu /46-47/.

Naturalnie, że wtedy kiedy do ładowania tlenu wykorzystamy jeden dystrybutor tlenowy, to ścieżka krytyczna w punkcie 6,7,8,9 pójdzie po ładowaniu tlenu, to znaczy po czynnościach znajdujących się pomiędzy zdarzeniami: 18-21, 23-25, 28-30 i 34-37.

Większość czynności znajdujących się na ścieżce krytycznej nie wymaga specjalnego rozpatrywania. Jest konieczna do wykonania i trwa bardzo krótko w czasie, a co najważniejsze nie da się przyspieszyć. Jednak takie czynności jak 4-8, 8-11, 17-22, 22-26, 27-32, 32-39, 39-42 należałoby przeanalizować i zobaczyć czy nie da się skrócić czasu ich trwania.

Rozładowanie niewykorzystanej amunicji, podniesienie lawet i założenie zabezpieczeń są to czynności konieczne do wykonania i zgodne z regulaminem wykonywania lotów. Należy się jednak zastanowić czy nie możnaby połączyć tych czynności z jednoczesnym ładowaniem uzbrojenia na samoloty. Takie ustawienie czynności skróciłoby czas odtwarzania gotowości naj-

mniej o podwójne podniesienie i opuszczanie lawet i zabezpieczenie urządzeń uzbrojenia, czyli o około 12 minut.

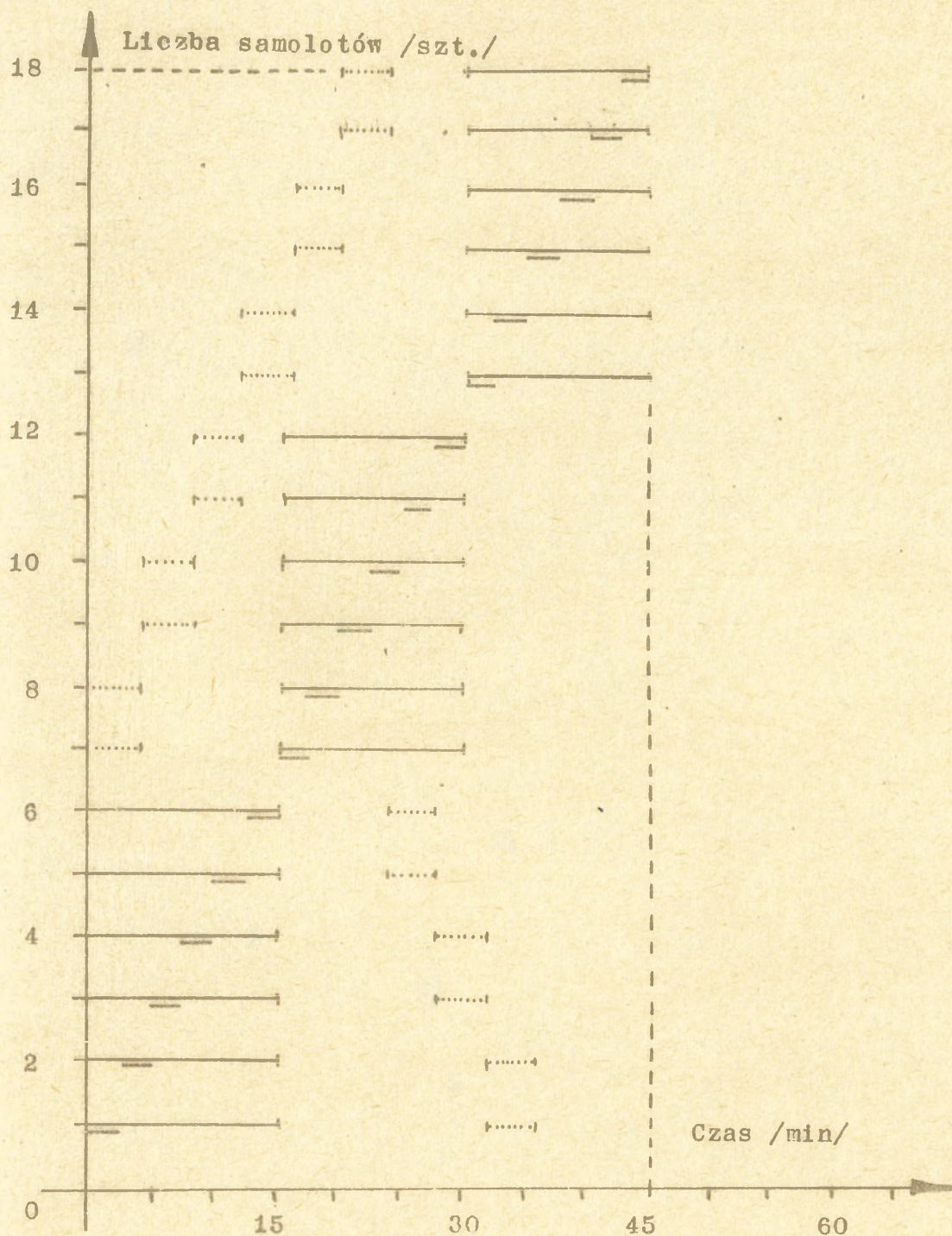
Tankowanie paliwa na wszystkie samoloty eskadry można skrócić przez dodanie jeszcze jednego dystrybutora paliwowego. Będzie to miało duże znaczenie w przypadku ładowania tlenu dwoma dystrybutorami tlenowymi i ogólny czas ładowania paliwa i tlenu skróci się co najmniej o 15 minut. W przypadku ładowania tlenu jednym dystrybutorem, zwiększenie ilości dystrybutorów paliwowych ^{x/} jest nie potrzebne ze względu na to, że ścieżka krytyczna i tak przechodzi przez ładowanie tlenu. Czas tankowania paliwem, ładowania tlenem i powietrzem eskadry samolotów MIG-21m pokazano na wykresie, rys.18.

Przy takim tankowaniu paliwa możnaby do tankowania wykorzystać dystrybutory o mniejszej pojemności, a dystrybutory o większej pojemności wykorzystać do dowozu paliwa z zewnętrznych źródeł zaopatrzenia.

Poprawiony zgodnie z powyższymi uwagami model sieciowy /rys.19/ wyraźnie pokazuje skrócenie czasu odtwarzania gotowości bojowej do 90 min., a więc o 30 minut. Listę czynności tego modelu przedstawiono w załącznikach 9,10 i 11.

Ścieżka krytyczna tego modelu sieciowego, od zdarzenia 16 do zdarzenia 43, przechodzić będzie wówczas przez ładowanie samolotów sprężonym powietrzem. Nie jest to jednak zasadniczy problem, ponieważ czas ładowania powietrza można skrócić we własnym zakresie, przez zastosowanie wózka z butlami lub pojedynczych butli do transportu powietrza i ładowania nimi samolotów.

x/ Naturalnie wtedy, gdy ilość paliwa znajdująca się w dystrybutorach wystarcza do zatankowania wszystkich samolotów eskadry.



Rys. 18. Harmonogram tankowania paliwem oraz ładowania tlenem i powietrzem eskadry samolotów MiG-21M z wykorzystaniem 6 dystrybutorów paliwowych, 1 dystrybutora powietrznego i 2 dystrybutorów tlenowych.

Analiza kolejnych modeli sieciowych organizacji odtwarzania gotowości bojowej samolotów pułku lotniczego OPK nasuwa dwa rodzaje wniosków:

- wnioski dotyczące technologii realizacji odtwarzania gotowości bojowej samolotów;

- wnioski dotyczące modelowania sieciowego w ogóle.

Opracowany model sieciowy w swej pierwszej wersji /rys.17/ oraz model z wniesioną poprawką /rys.19/, wskazują na konieczność dokonania w zakresie organizacji odtwarzania gotowości bojowej następujących przedsięwzięć organizacyjnych:

- ładowanie /podwieszanie/ środków rażenia należałoby wykonywać w początkowej fazie cyklu odtwarzania gotowości bojowej, bezpośrednio po rozładowaniu niewykorzystanej amunicji i kontroli uzbrojenia. Połączenie wymienionych przedsięwzięć zezwoli na skrócenie czasu ładowania uzbrojenia o około 8-10 minut;

- do tankowania paliwa wydzielenie na eskadrę sześciu dystrybutorów paliwa, a do ładowania tlenu dwóch dystrybutorów tlenowych. Do ładowania powietrza dwóch dystrybutorów powietrznych lub jednego dystrybutora powietrznego i jednego wózka z baterią butli i przewodem do podłączenia do samolotu. Wydzielenie wymienionych środków skróci czas ładowania gazów i tankowania paliwa o 12-15 minut;

- do odtwarzania gotowości bojowej, do powtórnego wylotu, brać pod uwagę tylko te samoloty, których diagnostyczny czas naprawy mieści się w średnim czasie odtwarzania

gotowości bojowej eskadry ^{x/}. Dla potrzeb napraw i przeglądów samolotów nie wyznaczać dyrektywnego czasu trwania, a pilnować by nie została przekroczona wielkość czasu zapasu całkowitego, jaki wyniknie podczas obliczania modelu sieciowego.

Opracowane modele sieciowe odtwarzania gotowości bojowej samolotów umożliwiają dokładne przebadanie związków i zależności w zakresie:

- wykorzystania sił i środków do odtwarzania gotowości bojowej samolotów w minimalnie krótkim czasie;

- ustawienia kolejności procesu technologicznego tak, aby zapewnić maksimum bezpieczeństwa podczas ładowania środków materiałowych, a równocześnie uzyskać możliwie minimalny ogólny czas odtwarzania gotowości bojowej pułku;

- ustalenia potrzeb sprzętu mtz, do optymalnego w czasie, odtwarzania gotowości bojowej.

Włączenie do modelu sieciowego odtwarzania gotowości bojowej samolotów ścieżki przygotowania personelu latającego do następnego wylotu zezwala również na przebadanie związków i zależności czasowych pomiędzy odtwarzaniem gotowości bojowej samolotów, a przygotowaniem do wylotu personelu latającego.

3.2.3. Organizacja dowozu środków materiałowych w korpusie OPK

Środki materiałowe mogą być dowożone w korpusie OPK różnymi rodzajami transportu, wśród którego przeważał będzie transport kolejowy i samochodowy. Jeżeli chodzi o transport

x/ Jeżeli średni czas diagnostyczny usuwania usterek jest większy od średniego czasu odtwarzania gotowości bojowej eskadry, samolot należy przekazać do naprawy eskadrze technicznej.

kolejowy, to będzie on głównie wykorzystywany do dowozu środków materiałowych w relacji Centralne Organa Zaopatrzenia /COZ/ - składnice KOPK i okręgów wojskowych, a tylko niekiedy bezpośrednio do oddziałów lotniczych.

Z rozważań przeprowadzonych w rozdziale pierwszym wynika, że podstawowym transportem przeznaczonym do dowozu środków materiałowych w relacji składnica sprzętu lotniczo-technicznego KOPK /składy OW, URP/ - jednostki lotnicze, będzie jednak transport samochodowy. Będzie to transport KOPK /kd MPS, ktransp/ oraz transport ciężarowy i specjalny jednostek lotniczych.

W organizacji i realizacji dowozu środków materiałowych do jednostek korpusu OPK biorą czynny udział następujące komórki organizacyjne:

1. Organa tyłowe sztabu KOPK, a głównie wydział organizacyjno-szkoleniowy i wydział zaopatrzenia lotniczo-technicznego. Wydziały te zbierają dane o potrzebach środków materiałowych, uaktualniają dokumentację materiałową /plan zabezpieczenia tyłowego działań KOPK, plan dowozu środków materiałowych i inne/, stawiają zadania odnośnie przygotowania i dowozu środków materiałowych i kontrolują realizację zadań.

2. Komendy baz i składów materiałowych /SSLT, SOW, URP/, które wydzielają odpowiednie ilości środków materiałowych realizują prace załadowcze, zabezpieczają pobieranie środków materiałowych oraz prowadzą rozliczenia materiałowe.

3. Pododdziały transportowo-dowozowe /kd MPS, ktransp/ KOPK, które na podstawie planu dowozu środków materiałowych przygotowują i wydzielają odpowiednią ilość trans-

portu do dowozu środków materiałowych oraz dowożą te środki zgodnie z potrzebami jednostek lotniczych.

4. Oddziały lotnicze OPK, które wydzielają część transportu do dowozu środków materiałowych, przygotowują pojemności magazynowe i tarę do przyjęcia i przyjmują środki materiałowe dowożone zarówno własnym transportem, jak i transportem KOPK.

Przedsięwzięcia wykonywane, w ramach dowozu środków materiałowych, przez poszczególne komórki organizacyjne sprzęgają się ze sobą i wymagają dużej ilości czasu. Orientacyjne normy czasu na wykonanie poszczególnych przedsięwzięć związanych z dowozem środków materiałowych przedstawiono w tabeli 13 x/.

Tabela 13

Lp.	Wyszczególnienie	Jm.	Ilość	Uwagi
1	2	3	4	5
1	Organizowanie dowozu /ustalenie potrzeb, uaktualnienie planów, opracowanie i przesłanie zarządzeń/	min.	90-120	od chwili wpłynięcia meldunku zaopatrz.
2	Przygotowanie składów do wydawania środków materiałowych /przygotowanie sprzętu załadowczego, wydzielenie środków, przygotowanie dokumentacji odbiorczej/	min	100-140	

x/ Dane opracowano na podstawie materiału: mjr dypl. Mieczysław Chamera Op cit. str. 16 oraz obliczenia możliwości przewozowych transportu i możliwości za- i wyładowniczych plm OPK oraz konsultacji w poszczególnych KOPK.

1	2	3	4	5
3	Przygotowanie pododdziałów dowozowych /wyznaczenie odpowiednich grup pojazdów/ przygotowanie dokumentacji	min.	120-150	
4	Przygotowanie jednostek do przyjęcia środków materiałowych /pojemności magazynowe, tara, dokumentacja rozliczenia/	min.	80-90	
5	Przejazd transportu po środki materiałowe oraz przejazd ze środkami materiałowymi do jednostek lotniczych	min	300-500	Przy odległości składów od jednostek 60-120 km
6	Ładowanie środków materiałowych na transport wskładach i rozładowanie ich w magazynach jednostek lotniczych	min	180-240	
7	Czynności organizacyjne w jednostkach po otrzymaniu zadania z KOPK	min	60-90	

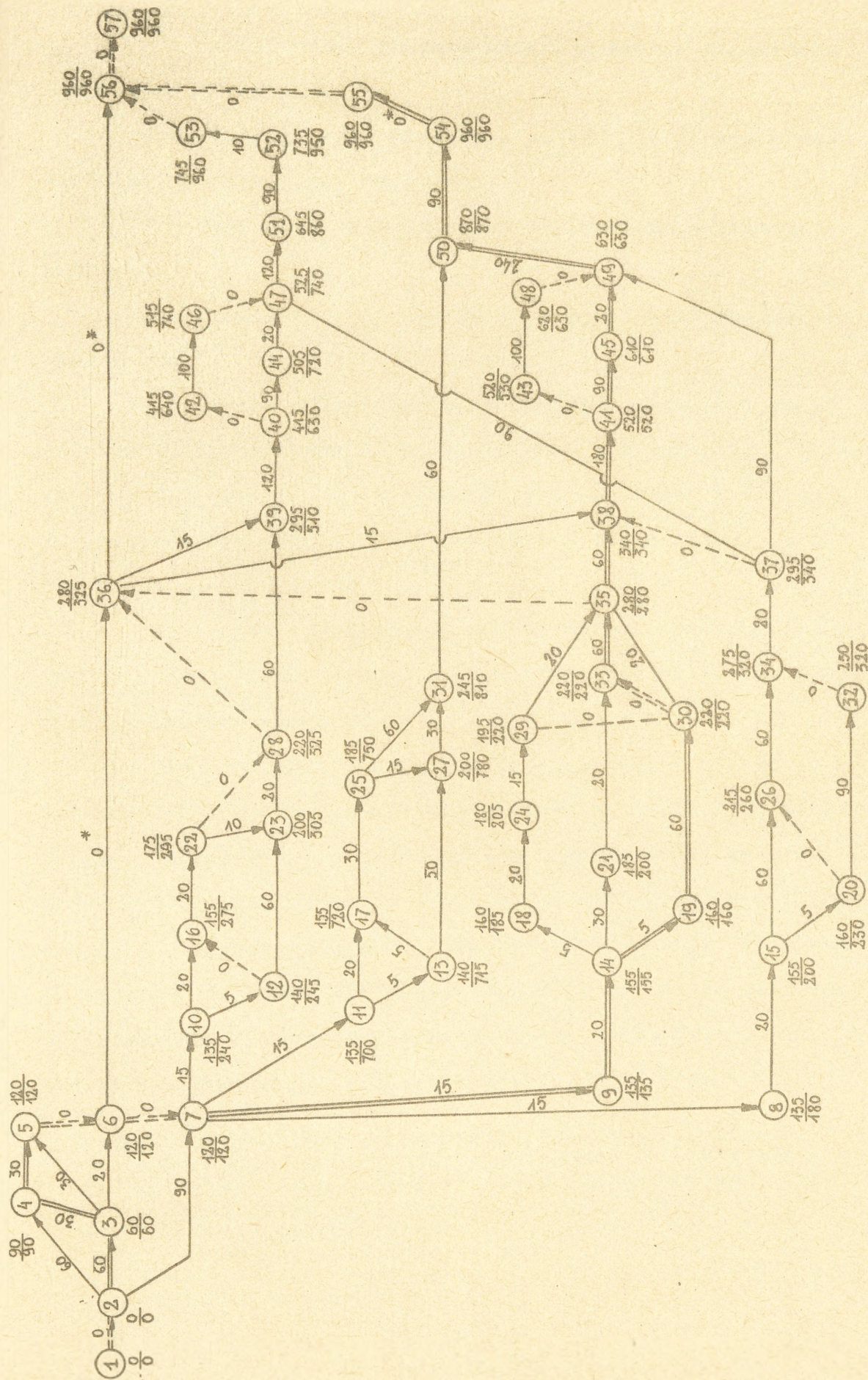
Z danych przedstawionych w powyższej tabeli wynika, że dowóz środków materiałowych transportem jednostek lotniczych i KOPK, w relacji SSLT /składy OW, URP/, - magazyny jednostek może trwać od 11 do 18 godzin. W tym praca kierowniców będzie wynosiła 5 do 10 godzin.

Przykładowy model sieciowy dowozu środków materiałowych opracowano przy pomocy PERT-u. PERT zastosowano dla pokazania prawdopodobieństwa, z jakim może być wykonane przedsięwzięcie w obliczonym najbardziej prawdopodobnym czasie. Model sieciowy dowozu środków materiałowych do jednostek korpusu OPK przedstawiono na rys. 20. Listę czynności tego modelu sieciowego przedstawiono w załącznikach nr 13, 14 i 15.

Z wyliczeń opracowanego modelu sieciowego ^{x/} wynika, że ogólny czas dowozu wynosi 16 godzin. Ścieżka krytyczna tego modelu przechodzi przez następujące czynności:

- zebranie meldunków operacyjno-zaopatrzeniowych z poszczególnych jednostek lotniczych;
- przekazanie danych o stanie zapasów materiałowych do zastępcy d/s techniki i zaopatrzenia dowódcy WOPK;
- uaktualnienie planu dowozu środków materiałowych;
- analiza otrzymanego zadania ^w pododdziałach transportowych KOPK;
- zarządzenie przygotowania transportu dla dowódców plutonów transportowych;
- wydzielenie odpowiednich grup transportu do dowozu środków do jednostek;
- uaktualnienie i wydanie dowódcom grup samochodowych dokumentów przewozowych;
- przygotowanie transportu samochodowego do wyjazdu;
- przemarsz transportu z miejsca dyslokacji do składów materiałowych;
- załadowanie środków materiałowych na transport samochodowy;
- załatwienie formalności z dokumentacją materiałową;
- dojazd transportu samochodowego ze środkami materiałowymi do jednostek lotniczych;

x/ Do opracowania modelu sieciowego dowozu środków materiałowych przyjęto, że do jednostek lotniczych należy dowieźć odpowiednią ilość środków materiałowych w jednym rejsie transportu. Część środków materiałowych dowożona jest do jednostek transportem samochodowym pododdziałów dowozowych /kd MPS, ktransp/ KOPK, część własnym transportem samochodowym jednostek. Odległości od jednostek lotniczych do składów wynoszą średnio 60 km, a od miejsca rozmieszczenia pododdziałów dowozowych do składów 80-120 km. Składy są w stanie załadować transport pododdziałów dowozowych /z jednostek lotniczych i pododdziałów KOPK w czasie nie przekraczającym 90 minut.



Rys. 20. Model sieciowy organizacji dowozu środków materiałowych w KOPK.

- rozładowanie środków materiałowych w magazynach oddziałów lotniczych.

Ogólnie ścieżka krytyczna modelu sieciowego przebiega przez dwie grupy czynności:

- czynności organizacyjne realizowane w sztabie KOPK;
- czynności realizatorskie w pododdziałach dowozowych KOPK.

Pierwsza grupa czynności obejmuje 120 minut czasu przeznaczanego głównie na zebranie danych o potrzebach materiałowych jednostek, uaktualnienie planów dowozu i wysłanie zarządzeń wykonawczych. Czas ten jest tylko z pozoru dość długi.

Czynności wykonywane w pododdziałach dowozowych można podzielić na dwie grupy, na czynności organizacyjne i realizację zadań dowozowych.

Według opracowanego modelu sieciowego, dojazd do składów - ładowanie środków materiałowych, dowóz tych środków do jednostek i ich rozładowanie zajmują 510 minut, co stanowi 53% czasu ogólnego wynikłego z sieci. Czynności organizacyjnej w pododdziałach transportowych zajmują 200 minut co stanowi 21% czasu ogólnego. Pozostałe 26% czasu ogólnego wykorzystuje na czynności organizacyjne KOPK. Wydaje się, że nie są to właściwe propozycje wykorzystania czasu.

x/ Badani oficerowie wydziałów materiałowo-technicznego zabezpieczenia KOPK twierdzili, że zbieranie danych i aktualizacja dokumentów oraz przesłanie do jednostek zarządzeń wykonawczych trwa więcej czasu niż dwie godziny. Jednocześnie przyznają oni, że istnieje realna możliwość wcześniejszego, opartego na znajomości zadań, przewidywania potrzeb dowozowych, a tym samym organizowania dowozu środków materiałowych do jednostek.

Zgodnie ze starą zasadą twierdzącą, że najwięcej czasu należy wydzielać jednostkom bezpośrednio wykonującym zadanie wydaje się, że proporcje te powinny przedstawiać się następująco:

- czynności organizacyjne wykonywane na szczeblu KOPK - 15%;
- czynności organizacyjne w pododdziałach realizujących zadanie - 20%;
- właściwe wykonanie zadań dowozowych - 65 %.

Naturalnie, że procentowy podział czasu ma charakter przykładowy. Jednak jeżeli tak, i jeżeli założymy, że 510 minut jest niezbędnie potrzebne do faktycznej realizacji dowozu, to ogólny czas przedsięwzięcia zmniejszyłby się o 19% i wyniósłby nie więcej niż 780-800 minut. Analiza czynności organizacyjnych leżących na ścieżce krytycznej modelu sieciowego i obserwacja ćwiczeń z wojskami wskazuje, że jest to możliwe.

Z analizy wzajemnych powiązań czynności, przebiegu ścieżki krytycznej i ogólnego czasu trwania przedsięwzięcia można wysnuć szereg wniosków, zarówno dotyczących organizacji jak i realizacji dowozu.

Dość długo trwa organizacja dowozu w służbach zabezpieczenia materiałowo-technicznego sztabu KOPK. Czas ten można skrócić między innymi przez:

- wprowadzenie systemu informatycznego z wykorzystaniem ETO do zbierania i przetwarzania danych o potrzebach materiałowych jednostek, możliwościach poszczególnych składów oraz potrzebach i możliwościach posiadanego transportu w KOPK i poszczególnych plm OPK;

- zanim powyższe nastąpi, wcześniejsze przewidywanie wielkości możliwych potrzeb środków materiałowych i na ich bazie organizowanie dowozu i przesyłanie do jednostek zarządzeń wykonawczych;

- wydzielenie dla potrzeb pionu techniki i zaopatrzenia kierunku łączności do szybkiego przekazywania danych ilościowych o środkach materiałowych oraz kierowania pracą jednostek i zakładów tyłowych KOPK x/.

Na ogólny czas dowozu środków materiałowych w dużym stopniu wpływa czas konieczny na przejazd transportu samochodowego KOPK do składów materiałowych. W tym zakresie można zauważyć następujące możliwości xx/:

- po zorganizowaniu pododdziałów dowozowych należałoby je rozmieszczać całością lub częściami przy składach materiałowych lub w takich miejscach rejonu obrony KOPK, z których by były najmniejsze odległości do poszczególnych składów;

- w plm OPK mieć tak zorganizowane zabezpieczenie działań bojowych, by można było możliwie dużą liczbę środków transportowych wydzielić do dowozu środków materiałowych;

- mieć przygotowane w różnych wariantach dokumenty organizacyjne i przewozowe dla szybkiego uruchomienia pododdziałów dowozowych;

x/ Wykorzystanie kierunków łączności o ogólnym przeznaczeniu zajmuje wiele czasu na wyczekiwanie, a przez to opóźnia kierowanie zabezpieczeniem materiałowo-technicznym.

xx/ Część omawianych postulatów jest praktycznie realizowanych w poszczególnych KOPK. Chodzi mianowicie o pokazanie zasady działania.

- wyznaczyć specjalnie w celu dowozu środków materiałowych część dróg dojazdowych, by można było po nich szybko dowozić te środki bez ograniczeń i przestojów.

3.2.4. Organizacja i realizacja odśnieżania lotniska

Plan odśnieżania lotniska opracowywany jest podczas przygotowań lotniska do zimowego okresu eksploatacyjnego. W skład dokumentów tego planu powinien wejść również model sieciowy organizacji prac.

Przed opracowaniem planu odśnieżania lotniska należy sprzęt techniczny przeznaczony do odśnieżania podzielić tak, aby można było wykonywać równocześnie odśnieżanie lotniska bazowania i lotniska zapasowego.

Wariant podziału sił i środków kol przeznaczonych do odśnieżania przedstawia tabela 14.

Tabela 14

Lp.	Wyszczególnienie sprzętu	Jm.	Ilość ogólna	Z tego	
				lotn. bazow.	lotn. zapas.
1	2	3	4	5	6
1	Wirnikowy zgarniacz śniegu	szt.	3	2	1
2	Samochodowy pług przyczepny	"	2	1	1
3	Przyczepny pług drewniany	"	2	1	1
4	Równiarka przyczepna	"	1	-	1
5	Równiarka samobieźna	"	1	1	-
6	Walec gładki	"	2	1	1
7	Walec ogumiony	"	2	1	1
8	Gładzik drewniany	"	2	1	1

1	2	3	4	5	6
9	Spychacz	szt.	1	1	-
10	Traktor kołowy	"	3	1	2
11	Traktor gąsienicowy	"	1	1	2
12	Samochód ciężarowy	"	2	1	1

Posiadając dokonany podział sprzętu technicznego, należy obliczyć czas pracy tego sprzętu na poszczególnych elementach lotniska. Czas ten będzie potrzebny zarówno do opracowania harmonogramu, jak i modelu sieciowego odsnieżania lotniska. Możliwości sprzętu technicznego przeznaczonego do odsnieżania lotnisk przedstawiono w tabeli 15 x/.

Tabela 15

Lp.	Wyszczególnienie	Jm.	Wirn. zgar- niacz śnieg. D-470	Równia- rka przycz. D-20B	Rów- niar- ka samob.	Metal. pług przy- czep.	Drewn. pług przy- czep.	Przy- czepny gładzik drewn.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Prędkość poruszania się w terenie	km/h	6,3-40	7	5	20	5	4
2	Maksymalna grubość usuwanego śniegu	cm	120	20-30	20-30	20-30	30-40	-
3	Wydajność	ton/h m ² /h	625 37800	- 21000	- 15000	- 30000	12250 35000	- 4000 ^{xx/}

x/ mjr dypl. Mieczysław Chamera Op cit. str. 49-50.

xx/ Wydajność przyczepnego gładzika drewnianego wykazano zmniejszoną do 1/3, ze względu na konieczność wykonania trzech przejść po jednym pasie roboczym.

1	2							
4	Odległość odrzutu masy śniegu	m	24	-	-	-	-	-
5	Szerokość pasa oczyszczania	mm	2520	3000	3000	1500	7000	4000

Zanim rozpocznie się wykonywanie obliczeń należy podzielić posiadany sprzęt techniczny na poszczególne odcinki prac z uwzględnieniem ważności obiektów i konieczności szybkiego oddania ich do eksploatacji, jak np.:

- droga startowa i magistralna droga łącząca - dwa wirnikowe zgarniacze śniegu i dwa przyczepne pługi samochodowe;

- drogi kołowania do stref rozśrodkowania samolotów - jeden wirnikowy zgarniacz śniegu ^{x/} i jedna równiarka samobieżna;

- drogi dojazdowe i wewnątrz lotniskowe - jeden pług trójkątny i jedna równiarka przyczepna;

- zapasowa droga startowa i pobocza drogi startowej - po jednym walcu gładkim, walcu gumienym i gładziku drewnianym;

- odśnieżanie stoisk samolotów - ręczne z wykorzystaniem szufli metalowych /300 szt./ i zsuwek drewnianych /100 szt./.

x/ Wirnikowy zgarniacz śniegu /jeden z dwóch/ po skończeniu odśnieżania drogi startowej przechodzi do odśnieżania dróg kołowania.

Opracowywany model sieciowy ^{x/} powinien ujmować wszystkie czynności wykonywane przez sprzęt techniczny na swych odcinkach prac oraz wszystkie powiązania i zależności występujące podczas odśnieżania /przejście sprzętu z jednego elementu lotniska na inny, kolejność wchodzenia sprzętu na poszczególne elementy lotniska, itp./. Model sieciowy odśnieżania lotniska bazowania pułku lotnictwa myśliwskiego OPK przedstawiono na rys.21. Listę czynności tego modelu sieciowego przedstawiono w załącznikach nr 17, 18 i 19.

Lista czynności modelu sieciowego odśnieżania lotniska obejmuje operacje wykonywane przez sprzęt odśnieżający pracujący na poszczególnych elementach lotniska. Lista ta obejmuje sobą dziewięćdziesiąt różnych czynności, których realizacja ma doprowadzić do wykonania odśnieżania lotniska.

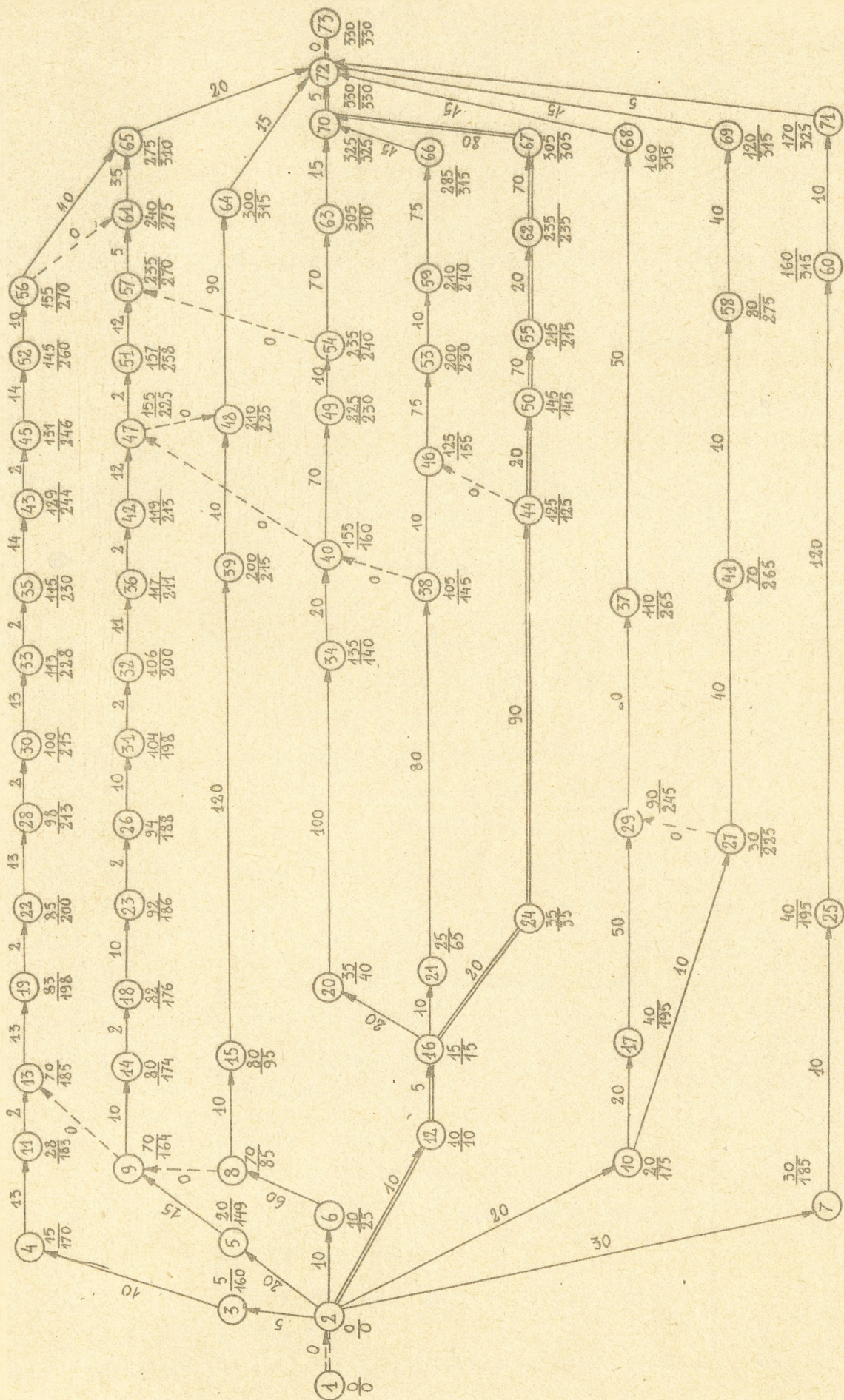
Model sieciowy został zbudowany w ten sposób, że poszczególne ścieżki obrazują działalność danego rodzaju sprzętu na określonym elemencie lotniska, a praca sprzętu zgrupowanego na każdym z elementów lotniska jest zestawiona w ciąg kilku ścieżek współzależnych. Takie ustawienie czynności jest technologicznie uzasadnione i ułatwia kontrolę realizacji przedsięwzięcia.

x/ W opracowanym modelu sieciowym przyjęto następujące założenia: wymiary drogi startowej 2000 x 60 m; drogi kołowania o łącznej długości 5000 x 12 m; łączna długość dróg wewnętrznych lotniskowych i dojazdowych do lotniska - 15.000 x 7 m; odśnieżanie drogi startowej i dróg kołowania przez przesuwanie i odrzucanie śniegu, dróg wewnątrz lotniskowych i dojazdowych przez przesuwanie śniegu; przygotowanie zapasowej drogi startowej - przez utwardzenie powłoki śnieżnej; lotnisko posiada ruchomy system UL typu Lucz-4 z lampami dającymi się przenosić. Do odśnieżania wykorzystuje się etatowy sprzęt techniczny kol, tę jego część, która przeznaczona jest do odśnieżania lotniska bazowania.

Wykonane obliczenia /metoda CPM/ najkrótszych i najdłuższych terminów realizacji poszczególnych czynności i przedsięwzięcia w całości wskazują potrzebę wyznaczenia do jego wykonania 330 minut. Ścieżka krytyczna modelu przechodzi ciągiem zdarzeń: 1-12-16-24-44-50-55-62-67-70-72 i 73. Czynności wchodzące w ciąg ścieżki krytycznej przedstawia tabela 16.

Z powyższego zestawienia widać, że wszystkie czynności ciągu krytycznego wchodzą w zakres utwardzania zapasowej DS. Zachodzi tu potrzeba zadania sobie pytania: Czy zakończenie utwardzania zapasowej DS ma wpływ na odśnieżenie i przygotowanie lotniska w całości, czy usunięcie śniegu z tej drogi zapasowej nie przyspieszyłoby czasu realizacji odśnieżania lotniska; wreszcie czy inne ustawienie ciągu technologicznego nie zmniejszyłoby ogólnego czasu odśnieżania.

Zabezpieczenie startu, lądowań i obsługi samolotów wymaga by lotnisko było w gotowości eksploatacyjnej, to znaczy by wszystkie jego podstawowe elementy nadawały się do wykorzystania. Do podstawowych elementów lotniska, zabezpieczających start, lądowanie i obsługę samolotów, należałoby w kolejności zaliczyć: drogę startową, magistralne i łączące drogi kołowania, stoiska samolotów i drogi wewnątrz lotniskowe. Zapasowa DS z zasady służy do lądowań w sytuacjach szczególnych, kiedy lądowanie na drodze startowej jest z różnych względów niemożliwe /zniszczenie lub uszkodzenie DS, zablokowanie DS przez uszkodzony samolot itp./. Droga ta powinna być zawsze przygotowana, jednak w sytuacji trudnej może być przygotowywana po zakończeniu prac pierwszej kolejności od-



Rys. 21. Model sieciowy odświeżania lotniska OPK /variant/.

Tabela 16

Zdarzenie		Czynność	Czas trwania
i	j		
1	2	Rozkaz na rozpoczęcie odśnieżania lotniska	0
2	12	Przygotowanie ciągników do holowania gładzików, wałów lekkich i ciężkich	10
12	16	Przyjazd ciągników na bazę kol podłączenie do sprzętu i przygotowanie do wyjazdu	5
16	24	Przejazd wałów ciężkich z bazy kol na zapasową DS	20
24	44	Utwardzenie końcowe zapasowej DS przez ostatnie przejście wałów ciężkich	90
44	50	Przejście wałów ciężkich na pierwsze pobocze i utwardzenie go jednym przejściem	20
50	55	Utwardzenie drugiego pobocza DS przez jedno przejście wałów ciężkich	70
55	62	Przejazd wałów ciężkich na drugie pobocze DS	20
62	67	Utwardzenie drugiego pobocza wałami ciężkimi	70
67	70	Powrót ciągników z wałami ciężkimi z DS na bazę kol	20
70	72	Odlączenie ciągników od sprzętu, zjazd do bazy kol	5
72	73	Złożenie meldunku o zakończeniu odśnieżania	0

śnieżania /DS, DK i SR/, nawet wtedy, gdy na lotnisku odbywają się loty. Można by pominąć analizę czynności na tej ścieżce a zajęć się analizą ścieżki podkrytycznej, na której zapas czasu jest najmniejszy, a wchodzi ona w zakres prac pierwszej kolejności.

Taką ścieżkę tworzy ciąg czynności pomiędzy zdarzeniami: 1-2-6-8-15-39-48-64-72-73, ogólnie rzecz biorąc, jest to praca stanu osobowego przy odstawianiu lamp Lucz-4, odśnieżaniu stoisk samolotów i ponownym ustawianiu lamp na miejsce. Zapas czasu tych czynności wynosi 15 minut, a od ich wykonania zależy bezpośrednio wykonanie prac wchodzących w prace pierwszej kolejności odśnieżania.

W naszych warunkach atmosferycznych, przy ciągłych zmianach temperatury utwardzanie powłoki śnieżnej jest niecelowe i może zabezpieczyć działalność drogi startowej na krótki okres czasu. Najlepszym wyjściem byłoby usunięcie śniegu z zapasowej DS. Do usuwania śniegu należy jednak wydzielić część sprzętu /równiarki, wirnikowy zgarniacz śniegu/ z innymi elementami lotniska. Wymaga to analizy luzów czasowych na ścieżkach obrazujących działanie tego sprzętu, oraz potrzeby czasowe odśnieżania zapasowej DS. Zapasy czasu na wymienionych ścieżkach przedstawia tabela 17.

Przy założeniu, że zapasowa droga startowa powinna mieć wymiary 2000 x 30 m, ogólna potrzeba czasu na jej odśnieżanie wynosi:

- przy zastosowaniu dwóch równiarek samobieźnych i jednego wirnikowego zgarniacza śniegu - 3 h;
- przy zastosowaniu dwóch samochodowych pługów przyczepnych i dwóch wirnikowych zgarniaczy śniegu - 1,5 h.

Tabela 17

Lp.	Wyszczególnienie sprzętu i miejsca pracy	Zapasy całkowite
1	Przyczepne pługi samochodowe usuwające śnieg z drogi startowej	115
2	Równiarki samobieżne usuwające śnieg z dróg kołowania	155
3	Wirnikowe zgarniacze śniegu odrzucające śnieg z DS	94
4	Wirnikowy zgarniacz śniegu odrzucający śnieg z dróg kołowania	190

Ponieważ przemanewrowanie sprzętu z dróg kołowania /po zakończeniu ich odśnieżania/ i odśnieżanie zapasowej drogi startowej napewno przedłużyłoby czas ogólny odśnieżania lotniska, należy rozważyć manewr pługów samochodowych i wirnikowych zgarniaczy śniegu z DS na zapasową DS.

Poprawiamy model sieciowy /rys.22/ i widzimy, że jest możliwe wykonanie czynności odśnieżania wszystkich elementów lotniska bez wykorzystania gładzika i wałów do utwardzania zapasowej DS w tym samym, a nawet w krótszym czasie. Lista czynności wymienionego modelu sieciowego - załączniki nr 21, 22 i 23.

Z przedstawionych modeli sieciowych odśnieżania lotniska można wyciągnąć następujące wnioski:

- odśnieżanie lotniska może być zakończone w czasie 6,5 h;
- wydzielony do odśnieżania lotniska sprzęt wystarczy do tego, aby zrezygnować z utwardzania zapasowej DS przy

pomocy gładzika i wałów, a odśnieżyć ją przyczepnymi pługami samochodowymi i wirnikowymi zgarniaczami śniegu", pracującymi uprzednio na DS;

- ścieżka krytyczna zarówno w pierwowzorze, jak i w modelu poprawionym przechodzi przez czynności stanu osobowego wykonane przy przestawianiu lamp Lucz-4 i ręcznym odśnieżaniu stoisk samolotów;

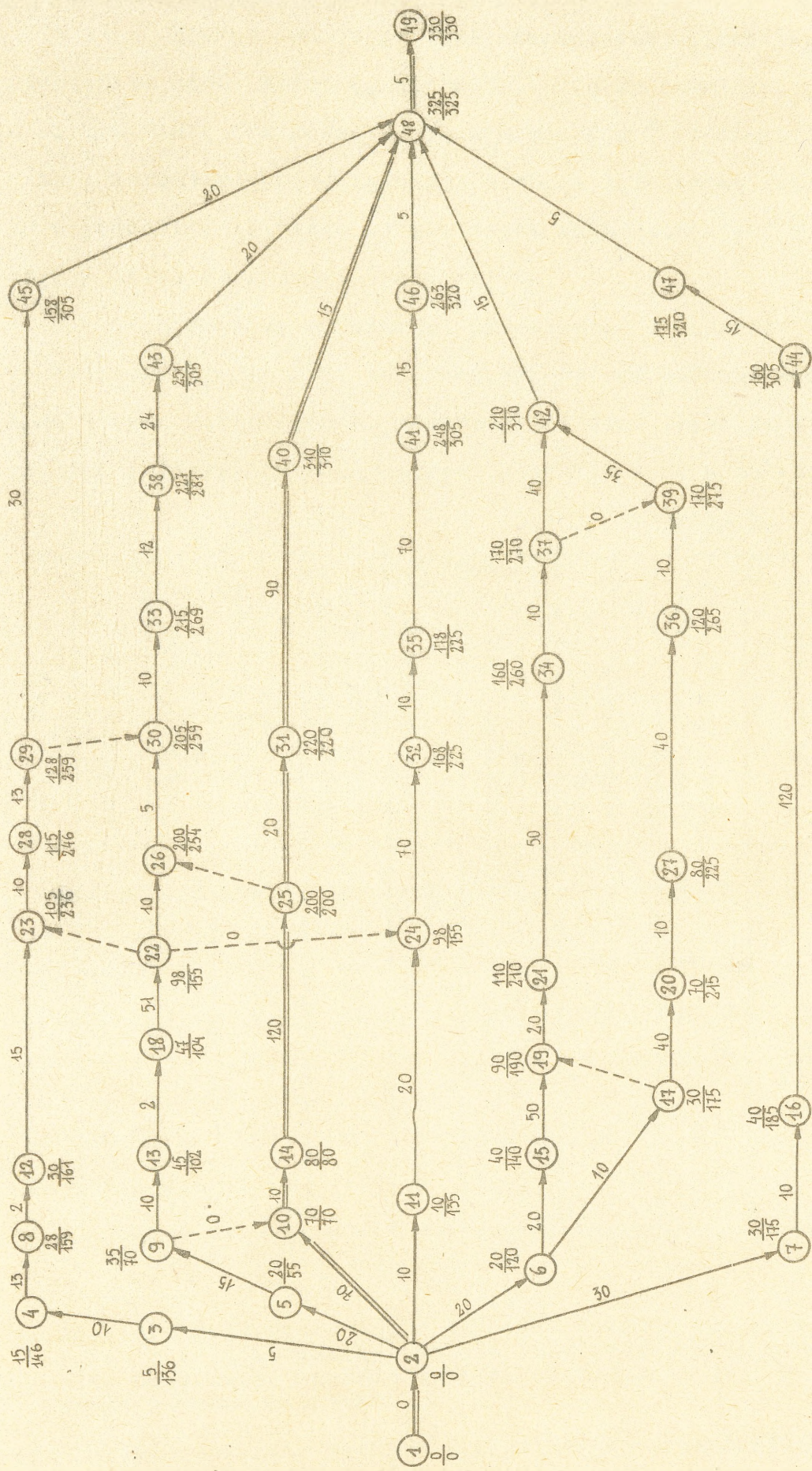
- na poszczególnych ścieżkach obrazujących pracę sprzętu na odcinkach wchodzących w zakres prac pierwszej kolejności jest dość duży zapas czasu w granicach 50-135 minut;

- zwiększenie ilości ludzi do odstawiania lamp i odśnieżania stoisk samolotów o 50% skróciłoby czas ogólny odśnieżania lotniska, co najmniej o wymienione uprzednio 50 minut, a przemanewrowanie drugiego wirnikowego zgarniacza śniegu z dróg kołowania i magistralnej drogi łączącej /po ich uprzednim odśnieżeniu/ na zapasową DS dodatkowo skróciłoby czas ogólny odśnieżania o 30-40 minut;

- ogólny czas odśnieżania w tym wypadku mógłby być krótszy o 80-90 minut i wynosić 240-250 minut.

3.2.5. Organizacja remontu lotniska uszkodzonego w wyniku działań wojennych

Szybkie doprowadzenie lotniska do gotowości eksploatacyjnej, po uderzeniu środkami napadu powietrznego przeciwnika, uzależnia gotowość bojową plm OPK do wykonywania dalszych działań.



rys. 22 . Poprawiony model sieciowy organizacji odśnieżania lotniska OPK /wariant/.

Biorąc pod uwagę fakt, że lotnisko uszkodzone uderzeniem broni jądrowej nie nadaje się do odbudowy, pułk musi być stale przygotowany do opuszczenia ^{x/} takiego lotniska. Natomiast po uderzeniach bombami lotniczymi musi szybko doprowadzić lotnisko do gotowości eksploatacyjnej i prowadzić z niego dalsze działania bojowe.

Z analizy możliwości przeciwnika w zakresie uderzeń na lotniska wynika ^{xx/}, że prace wykonywane podczas remontu będą bardzo czasochłonne. Orientacyjne dane lejów po wybuchu różnych kalibrów bomb lotniczych przedstawiono w tabeli 18.

Tabela 18

Ciężar bomby /kg/	Srednica leja /m/	Głębokość leja /m/	Powierzchnia leja /m ² /	Powierzchnia uszkodzeń wokół leja /m ² /	Powierzchnia do zabudowy /m ² /	Objętość leja /m ³ /	Ilość ziemi do dowiezienia /m ³ /	Ilość ziemi uzyskanej /m ³ /	Rodzaj nawierzchni
500	14,0	6,0	154,0	160	314	370,0	230,0	140,0	sztuczna
250	12,0	5,0	113,0	63	176	227,0	147,0	190,0	"
100	8,0	4,0	50,0	28	78	81,0	52,0	29,0	"
500	9,4	3,7	68,4	-	-	85,0	55,0	30,0	gruntowa
250	6,0	2,4	28,3	-	-	22,7	14,7	8,0	"
100	5,5	2,2	15,3	-	-	11,7	7,6	4,1	"

x/ Do awaryjnego opuszczenia lotniska powinna być przygotowana jedna z dróg kołowania. Jeżeli brak jest takiej drogi, należy przydłużyć sprawny odcinek uszkodzonej DS i wystartować na inne lotnisko.

xx/ Analiza powyższa została przedstawiona w rozdziale pierwszym - 1.4.

Z danych przedstawionych w tabeli wynika, że szczególnie duże zniszczenia powstaną po uderzeniu bombami lotniczymi na sztuczną nawierzchnię drogi startowej i dróg manipulacyjnych, a więc tych elementów lotniska, które powinny być odbudowane w pierwszej kolejności.

W zależności od zakresu zniszczeń, lotnisko może być remontowane samodzielnie przez plm OPK lub przez plm OPK z wykorzystaniem krl. Niekiedy, gdy zakres zniszczeń będzie szczególnie duży, dodatkowo można wykorzystać do remontu lotniska również siły i środki obrony terytorialnej /OTK/. Szczególnie będzie to miało miejsce wtedy, gdy lotnisko będzie zniszczone w stopniu uniemożliwiającym szybkie oddanie go do eksploatacji.

W okresie przejścia KOPK do stanu pełnej gotowości bojowej, każdy plm OPK otrzyma jedną krl. Kompania ta przeznaczona jest do remontu lotniska bazowania i zapasowego, a niekiedy do wykonywania innych prac inżynieryjno-saperskich na rzecz korpusu. W związku z tym należy w kalkulacjach remontu lotniska rozpatrywać wspólne dokonywanie remontu przez kol i krl oraz podział tych sił na dwa lotniska - lotnisko bazowania i zapasowe. Stan sił i środków kol i krl oraz ich orientacyjny podział na dwa lotniska przedstawiono w tabeli 19.

Posiadany przez kol i krl sprzęt techniczny posiada dużą wydajność, a właściwe zaplanowanie jego pracy doprowadzi do szybkiego oddania lotniska do eksploatacji. Możliwości robocze sprzętu przeznaczonego do remontu lotniska przedstawiono w tabeli 20 x/.

Tabela 19

Lp.	Wyszczególnienie	Jm.	Stan środków techn.			Z tego lotnisko	
			kol	krl	Ra- zem	bazow.	zapas.
1	Samochód ciężarowo- szosowy 4 t	szt.	3	5	8	4	4
2	Samochód ciężarowo- szosowy 7-10 t	"	3	4	7	4	3
3	Wywrotka 4 t	"	3	4	7	4	3
4	Wywrotka wieloton.	"	2	4	6	3	3
5	Ciągnik ciężki	"	4	-	4	2	2
6	Traktor kołowy	"	4	-	4	2	2
7	Koparka samochodowa	"	2	10	12	6	6
8	Spycharka gąsienicowa	"	2	10	12	6	6
9	Równiarka samojazdna	"	1	-	1	1	-
10	Równiarka przyczepna	"	1	-	1	-	1
11	Walec gładki	"	2	1	3	2	1
12	Walec ogumiony	"	2	1	3	2	1
13	Betoniarka	"	2	4	6	3	3
14	Wibrator powierzchni.	"	2	1	3	2	1
15	Koparka - spycharka	"	-	1	1	1	-
16	Zgarniarka samo- jezdna	"	-	2	2	1	1
17	Równiarka - łado- warka	"	-	2	2	1	1
18	Zagęszczarka krocząca	"	-	2	2	1	1
19	Dźwig	"	1	1	2	1	1
20	Pług samochodowy	"	2	-	2	1	1

Tabela 20

Lp.	Wyszczególnienie prac	Jm.	Norma na 1 godz.
1	Zsuwanie gruntu do lejów za pomocą spychacza ciężkiego	m ³	40-50
2	Zsuwanie gruntu do lejów za pomocą pługów samochodowych	"	35-50
3	Ładowanie ziemi na samochody za pomocą koparki	"	35-40
4	Przewożenie gruntu do lejów za pomocą zgarniarek:		
	a/ D-230 - przy odległości:		
	- 500 m	"	4-5
	- 200 m	"	13-15
	b/ D-270 - przy odległości:		
	- 500 m	"	4,5
	- 200 m	"	10
5	Utwardzanie gruntu w leju wibratorem mech.	"	35-50
6	Utwardzanie gruntu w leju ubijakiem ręcznym /do grub.warstwy 20cm/	m ²	3,6
7	Ręczne zbieranie i przerzut ziemi na odległość do 3,5 m	m ³	2,25
8	Ręczne załadowanie gruntu na sam.	"	1,55
9	Ręczne rozładowanie gruntu z sam.	"	3,4
10	Ręczne usuwanie nawierzchni gruntowej	m ²	15,0
11	Ręczne plantowanie nawierzchni gruntowej	"	35
12	Przewóz ziemi samochodami ciężarowymi przy odległości:		
	- 0,3 - 0,7 km	m ³	8
	- 0,7 - 1,1 km	"	6
	- 3,0 km	"	4

Z porównania stanu sił i środków kol i krl wynika, że każda z części tych sił, znajdująca się na jednym lotnisku posiada możliwości przerobowe w granicach 1800-2200 m³ gruntu na dobę. Możliwości przewozowe gruntu etatowym transportem pododdziałów przeznaczonych do remontu lotniska nie przekraczają jednak 155 m³/h i są za małe w stosunku do potrzeb.

Prezentowany model sieciowy organizacji remontu lotniska opracowano metodą PERT. W konstrukcji wymienionego modelu wyodrębniono prace organizacyjne oraz kolejne wprowadzanie do pracy na drodze startowej tego sprzętu, który ze względu na potrzeby i czas pracy powinien wchodzić do pracy wcześniej. Przy czym założono, że prace remontowe wykonuje tylko ta część sił i środków, która znajduje się na lotnisku bazowania. Zdarzeniem początkowym modelu jest meldunek obserwatorów o uderzeniu na lotnisko, zdarzeniem końcowym - złożenie meldunku o zakończeniu remontu i gotowości lotniska do eksploatacji.

Przed przystąpieniem do opracowania sieci należy dokonać podziału sił i środków do pracy na poszczególnych elementach lotniska i przeprowadzić kalkulacje możliwości i czasu trwania prac.

Zgodnie z potrzebami /patrz założenie/ na lotnisku uwidaczniają się trzy fronty prac. Odbudowa drogi startowej, odbudowa poboczy drogi startowej i likwidacja skutków uderzenia na magazyny MPS i techniczny. Do likwidacji skutków uderzenia na magazyny /gaszenie pożarów, ewakuacja rannych i porażonych, ratowanie sprzętu itp./ w każdym plm OPK organizowana jest grupa awaryjno-ratunkowa, w skład której wchodzi

przedstawiciele różnych służb i pododdziałów, głównie straż przeciwpożarowa, część plutonu obrony przeciwochemicznej, służb technicznych i batalionu zaopatrzenia. Odbudowę drogi startowej i jej poboczy realizuje kol i krl własnymi siłami i siłami przydzielonymi /głównie transport samochodowy i ludzie/ z innych pododdziałów pułku.

Podział sił i środków musi uwzględniać ważność i kolejność prac, a więc głównie odbudowę drogi startowej, a dopiero w drugiej kolejności jej poboczy. Dlatego największa ilość ludzi i sprzętu technicznego powinna być wydzielona do pracy na drodze startowej. Orientacyjny podział sprzętu technicznego i ludzi do odbudowy oraz kalkulacyjny czas trwania poszczególnych prac przedstawiono w tabeli 21 x/.

Przedstawione w tabeli dane wystarczają z powodzeniem do zbudowania harmonogramu prac, niestety są nie wystarczające do budowy modelu sieciowego. Dla potrzeb modelu poszczególne przedsięwzięcia należy podzielić na grupy czynności lub czynności elementarne, a równocześnie czas trwania przedsięwzięć także podzielić na czasy trwania grup czynności lub czynności elementarnych.

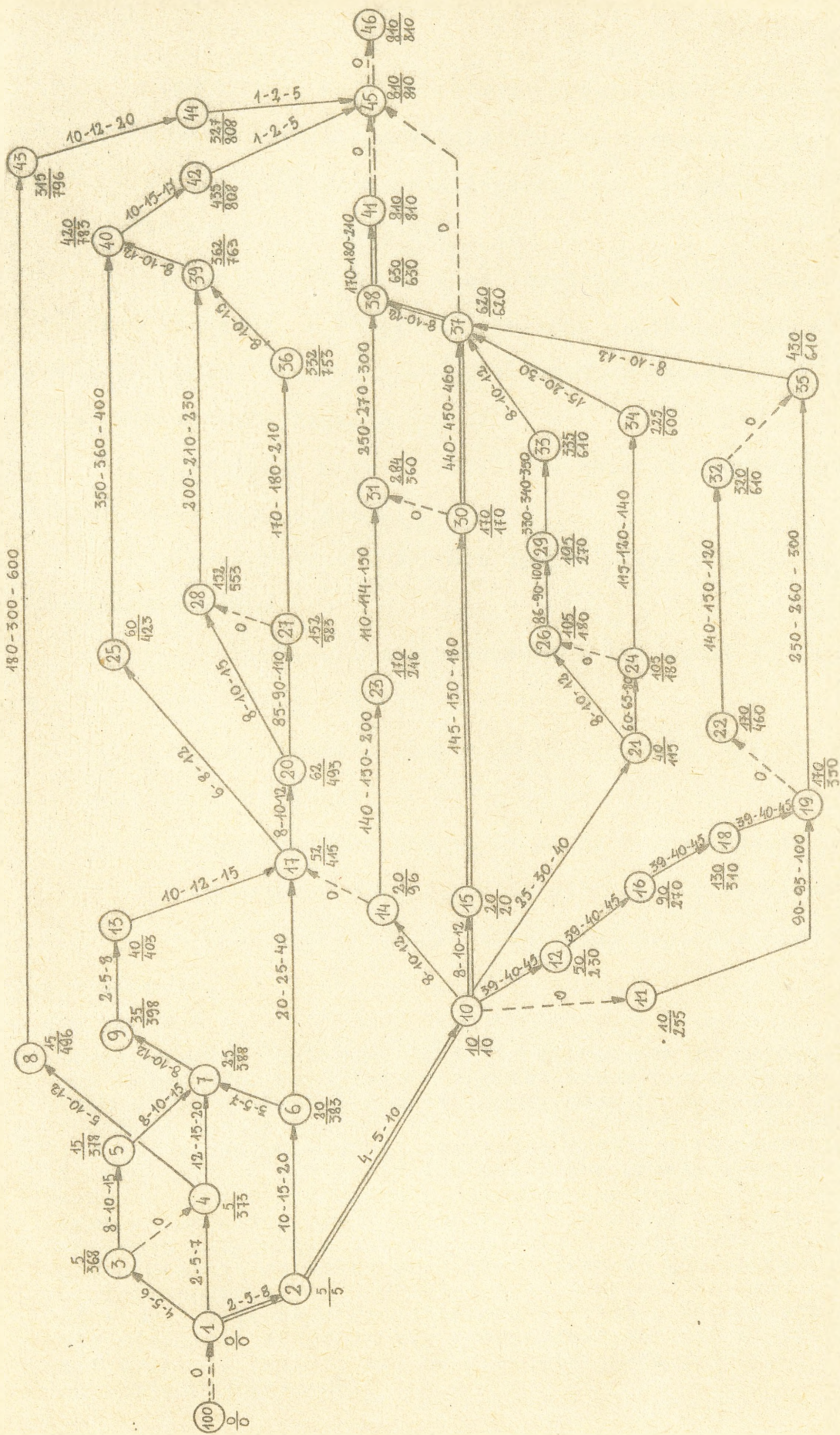
Po dokonaniu podziału przedsięwzięć na czynności i ustaleniu czasu trwania tych czynności, należy ustalić ich kolejność i wzajemne powiązania oraz początek /zdarzenie początkowe/ i zakończenie /zdarzenie końcowe/ całości przedsięwzięcia i dopiero wtedy przystąpić do budowy modelu sieciowego.

x/ Kalkulacje do tablicy wykonano na podstawie norm roboczych zawartych w materiałach: mjr dypl. Mieczysław Chamera. Odbudowa lotnisk operacyjnych uszkodzonych w wyniku działań wojennych. Wyd. ASG Warszawa 1974 r. oraz mjr dypl. Mieczysław Chamera. Metodyka określania sił i środków oraz czasu potrzebnego na remont lotniska uszkodzonego /z opracowaniem i wykorzystaniem modelu sieciowego/. Wyd. ASG Warszawa 1972r.

Tabela 21

Lp.	Wyszczególnienie prac	Droga startowa				Pobocza drogi startowej			
		Ogólne potrzeby	Ilość wydział. sprzętu	Ilość wydzielonych ludzi	Czas pracy	Ogólne potrzeby	Ilość wydział. sprzętu	Ilość wydzielonych ludzi	Czas pracy
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Dowóz gruntu z urobiska w rejon powstałych lei	1057m ³	4 wywrotki & 4m ³ 3 wywrotki & 7m ³ 9 samoch. & 4m ³	40	7 godz.	107m ³	1 zgarniarka 5 samochodów & 4 m ³	12	4,5 godz.
2	Zsuwanie gruntu do lei	1964m ³	6 spychaczy ciężkich	6	7 godz. 10 min.	207m ³	1 koparka- spychacz 1 pług samoch.	2	2,5 godz.
3	Utwardzanie gruntu w lejach	1964m ³	3 wibratory mech. 20 ubijaków	23	10 godz.	207m ³	10 ubijaków	10	6 godz.
4	Wyburzanie nawierzchni wokół lei	593m ³	-	23	3 godz.	-	-	-	-
5	Dowóz trylinki z magazynu kol na DS	12510 szt.	15 samochodów & 4 t	120	6 godz. 10 min.	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	Układanie trylinki w miejsce wyburzonej nawierzchni	12510 szt.	-	100	7 godz.	-	-	-	-
7	Wibracja ułożonej trylinki	1390m ²	3 wibratory mech.	6	3 godz.	-	-	-	-
R a z e m:		-	3 wywrotki á 4 m 3 wywrotki á 10 m 24 samochody á 4 t 6 spychaczy 3 wibratory mech. 20 ubijaków	318	-	-	1 zgarniarka 5 samochodów á 4 m 1 koparka-spychacz 1 pług samoch. 10 ubijaków	24	-



Rys. 23. Model sieciowy /PERT/ organizacji remontu lotniska OPK uszkodzonego w wyniku działań bojowych.

Opracowany model sieciowy organizacji i realizacji odbudowy lotniska został przedstawiony na schemacie, rys. 23 x/. Listę czynności do modelu sieciowego przedstawiono w załącznikach nr 25, 26 i 27.

Z sieci wynika, że czas odbudowy lotniska wynosi 810 minut /13 godz. i 30 minut/. Ścieżka krytyczna modelu przebiega przez zdarzenia 1-2-10-15-30-37-38-41-45 i 46, to znaczy przez następujące czynności:

- wytyczne dowódcy batalionu celem przygotowania sprzętu kol i krl do pracy;
- przygotowanie sprzętu technicznego i ludzi do odbudowy lotniska;
- wyjazd ludzi z wibratorami i ubijakami do zagęszczania gruntu na DS;
- zagęszczanie gruntu na DS dla dania frontu prac układania trylinki;
- zagęszczanie gruntu na DS na całym froncie prac;
- przejście wibratorów do wibracji trylinki na DS;
- wibracja trylinki na DS celem lepszego ułożenia jej w gruncie.

x/ Model sieciowy odbudowy lotniska opracowano na następującym założeniu. Na lotnisko zostało wykonane uderzenie lotniczymi bombami burzącymi, przy czym na sztuczną drogę startową spadły 2 bomby 500 kg, 3 bomby 250 kg i 3 bomby 100 kg. Na pobocze drogi startowej spadły 1 bomba 500 kg, 2 bomby 250 kg i 3 bomby 100 kg. Równocześnie zostało wykonane uderzenie bombami odłamkowo-burzącymi i zapalającymi na magazyny mps i techniczny. Odbudowę lotniska wykonują znajdujące się na nim siły i środki kol i krl, które zostają na okres prac wzmocnione 20 samochodami ciężarowo-szosowymi o udźwigu 4 t. Zasypywa^{ne} na drodze startowej leje mają być założone trylinką, której odpowiednia ilość znajduje się w magazynie kol. Do utwardzania gruntu w lejach, kol ma przygotowanych dodatkowo 30 ubijaków ręcznych.

Z powyższego wynika, że na ścieżce krytycznej znajdują się czynności związane z pracą wibratorów mechanicznych. W etacie kol i krl jest tylko ogółem 3 wibratory. Złagodzić można ten problem przez wykorzystanie ubijaków ręcznych, jednak ich wydajność jest mała i należy wykorzystać do ich obsługi dużą ilość ludzi.

Z modelu wynika również, że możnaby część sił i środków przemanewrować z poboczy DS na DS, ale manewr taki nie skraca czasu ogólnego realizacji przedsięwzięcia.

Wykorzystywanie trylinki do zabudowy zniszczonej nawierzchni sztucznej nie skraca czasu odbudowy lotniska. Najlepszym rozwiązaniem byłoby wykorzystanie do zabudowy lei odpowiedniej wielkości płyt, które możnaby układać na miejscu leja po zsunięciu miejscowego gruntu i wyburzeniu oraz zsunięciu do lei wyburzonej nawierzchni.

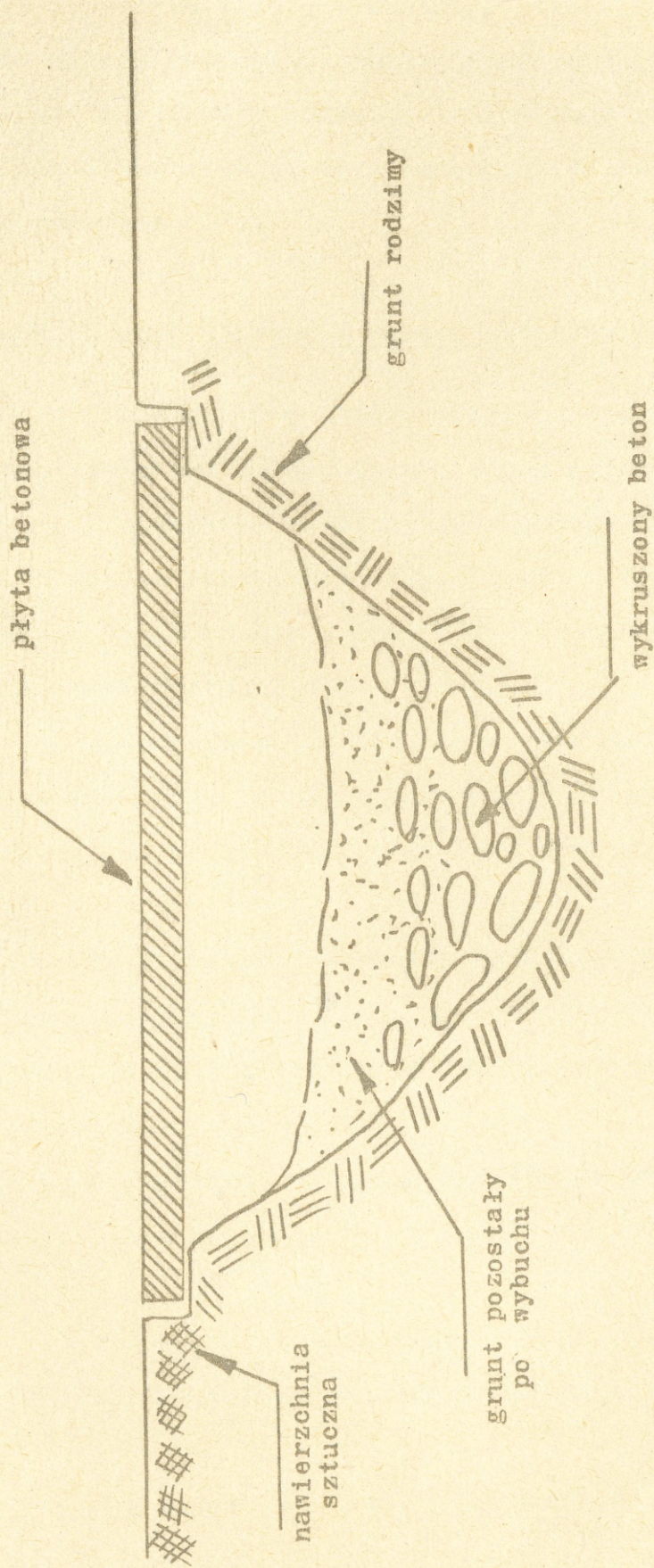
W n i o s k i

- Odbudowa lotniska siłami p/m OPK i kompanii remontu lotnisk trwa ponad pół doby i angażuje dużą ilość sił i sprzętu technicznego;

- zabudowa lei na sztucznej nawierzchni trylinką lub innego typu płytami jest konieczna, jednak przedłuża czas odbudowy lotniska o 20-25 %;

- wykorzystanie do odbudowy lotniska dużej ilości sprzętu technicznego, szczególnie wywrotek, koparek, spychaczy, wibratorów itp., w dużym stopniu skraca czas odbudowy i eliminuje angażowanie do ciężkich prac dużej ilości ludzi;

- wykorzystanie do zabudowy lei płyt żelbetonowych przystosowanych wymiarami do wielkości lei po różnych kalibrach bomb /rys.24/ wyeliminowałoby szereg prac, takich jak dowóz gruntu i jego utwardzanie;



Rys. 24. Sposób zabudowy leja specjalnymi płytami /variant/.

- model sieciowy odbudowy lotniska ułatwia wgląd w całość przedsięwzięcia, umożliwia efektywniejsze kierowanie pracami i pokazuje nadwyżki i niedobory sił i środków w poszczególnych czynnościach oraz zezwala na dokonywanie manewru sprzętem.

3.3. Zadania rozwiązywane z pomocą modelowania transportowego

Dowóz środków materiałowych do poszczególnych jednostek /związków taktycznych/, w tym i do jednostek lotniczych KOPK, absorbuje wysiłek wielu pododdziałów transportowych. Właściwa organizacja tego dowozu wpływa zarówno na czas dowozu środków materiałowych do jednostek, jak i na ekonomiczność dowozu.

Różnorodność środków materiałowych i środków transportowych oraz różne odległości do źródeł zaopatrzenia wskazują na to, że optymalizacja tego dowozu jest dość skomplikowana.

Przy pewnych /z zasady całkiem realnych założeniach ograniczających/, można doprowadzić dowóz środków materiałowych do optymalnego przy pomocy matematycznych metod transportowych.

Z rozdziału drugiego wynika, że zadania te w zależności od warunków mogą być w zależności od kryterium zadaniami:

- z kryterium kosztów;
- z kryterium kosztów i ograniczeniem czasu

dowozu;

- z kryterium czasu i ograniczoną ilością transportu samochodowego.

Rozpatrzmy rozwiązanie zadań dowozu środków ma-

teriiałowych według wymienionych modeli.

3.3.1. Rozwiązanie zadania transportowego z kryterium kosztów

Aby rozwiązać zadanie transportowe z kryterium kosztów należy uzyskać następujące dane:

- stan zapasów w poszczególnych źródłach zaopatrzenia;
- zapotrzebowanie jednostek lotniczych OPK na wymienione środki materiałowe;
- koszt transportu środków materiałowych ze źródeł zaopatrzenia do jednostek.

Stan zapasów, tak zresztą jak i zapotrzebowania jednostek na środki materiałowe ^{x/} zestawia się według układu liniowych równań algebraicznych:

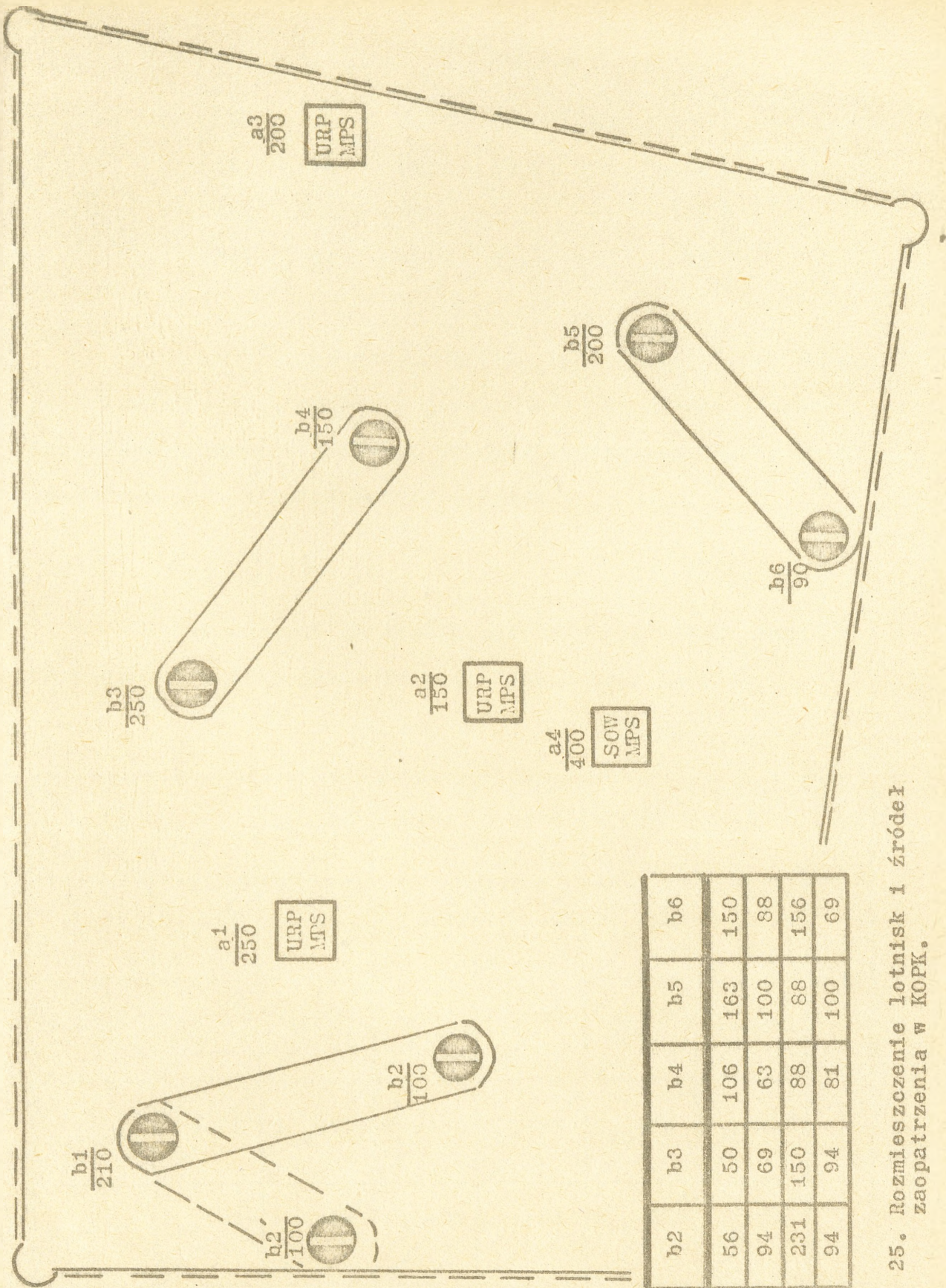
$$\sum_{i=1}^4 x_{ij} = a_1 = 250 + 150 + 200 + 400 = 1000 \text{ ton}$$

$$\sum_{j=1}^6 x_{ij} = b_j = 210 + 100 + 250 + 150 + 200 + 90 = 1000 \text{ ton}$$

Z obliczonych odległości w relacji składy - zaopatrzone jednostki zestawia się macierz kosztów $[C_{ij}]$ ^{xx/}

x/ Założenie do omawianego wariantu rozwiązania zadania transportowego przedstawiono w formie graficznej, rys. 25.

xx/ Uogólniając zagadnienie, przyjęto do rozważań w niniejszym przykładzie jako koszt dowozu środków mps, odległość ze składów na lotnisko.



$\frac{b_j}{a_i}$	b1	b2	b3	b4	b5	b6
a1	69	56	50	106	163	150
a2	131	94	69	63	100	88
a3	250	231	150	88	88	156
a4	144	94	94	81	100	69

Rys. 25. Rozmieszczenie lotnisk i źródeł zaopatrzenia w KOPK.

$$[c_{ij}] = \begin{bmatrix} 69 & 56 & 50 & 106 & 163 & 150 \\ 131 & 94 & 69 & 63 & 100 & 88 \\ 250 & 231 & 150 & 88 & 88 & 156 \\ 144 & 94 & 94 & 81 & 100 & 69 \end{bmatrix}$$

Z powyższych danych widać, że jest spełniony warunek /2.22/, a więc istnieje model zamknięty /ilość środków posiadanych równa się ilości środków zapotrzebowanych/ oraz spełniony jest również warunek formalny:

$$x_{ij} \geq 0 \quad /3.02/$$

Dla ułatwienia rozwiązania zadania metodą rent różnicowych należy zestawić posiadane dane w tabelę:

Tabela 22

$a_i \backslash b_j$	$b_1=210$	$b_2=100$	$b_3=150$	$b_4=150$	$b_5=200$	$b_6=90$	bi- lans
$a_1=250$	$c_{11}=69$	$c_{12}=56$	$c_{13}=106$	$c_{14}=106$	$c_{15}=163$	$c_{16}=150$	
$a_2=150$	$c_{21}=131$	$c_{22}=94$	$c_{23}=69$	$c_{24}=63$	$c_{25}=100$	$c_{26}=88$	
$a_3=200$	$c_{31}=250$	$c_{32}=231$	$c_{33}=150$	$c_{34}=88$	$c_{35}=88$	$c_{36}=136$	
$a_4=400$	$c_{41}=144$	$c_{42}=94$	$c_{43}=94$	$c_{44}=81$	$c_{45}=100$	$c_{46}=69$	
renta							

oraz rozpocząć obliczenia zgodnie z algorytmem przedstawionym na rys. 6.

Ponieważ punkt pierwszy algorytmu jest zrealizowany, a drugi w omawianym przypadku nie wchodzi w rachubę x/ należy przystąpić do wykonania zadań znajdujących się w punkcie trzecim i dokonać podziału środków materiałowych według najniższych kosztów transportu /tabela 28/, a następnie, jeżeli nie zajdzie warunek punktu szóstego - siódmy i ósmy. Wykonać kolejną tablicę i przejść do kolejnego kroku powtarzając czynności wykonywane w tablicy 23, do czasu, aż otrzyma się w rubryce bilans wszystkie znaki "+0".

Tabela 23

$a_i \backslash b_j$	210	100	250	150	200	90	bilans
250	69 210	56 40	50 0	106	163	150	-310
150	131	94	69	63 150	100	88	+ 0
200	250	231	150	88	88 200	156	+0
400	144	94	94	81	100	69 90	+ 310
renta	62	38	19	-	-	-	

x/ Rozwiązanie zadania typu $\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j$

pokazane zostanie w przykładzie następnym /kryterium kosztów i ograniczony czas dowozu/.

Tabela 24

$a_i \backslash b_j$	210	100	250	150	200	90	bilans
250	(88) 0	(75) 0	(69) 250	125	182	169	- 310
150	131	94	(69) 0	(63) 150	100	88	+ 0
200	250	231	150	68	(88) 200	156	+ 0
400	144	94	94	81	100	(69) 90	+ 310
renta	43	(19)	25	-	-	-	

Tabela 25

$a_i \backslash b_j$	210	100	250	150	200	90	bilans
250	(107) 210	(94) 0	88	144	201	188	+ 40
150	131	(94) 0	(69) 0	(63) 150	100	88	- 250
200	250	231	150	88	(88) 200	156	+ 0
400	144	(94) 100	94	81	100	(69) 90	+210
renta	-	-	-	(18)	-	-	

Tabela 26

$a_i \backslash b_j$	210	100	250	150	200	90	bilans
250	(101) 210	(94) 40	88	144	201	188	+ 0
150	149	122	(87) 150	(81) 0	118	106	-100
200	250	231	150	88	(88) 200	156	+ 0
400	144	(94) 60	94	(81) 150	100	(69) 90	+100
renta	-	-	(1)	-	-	-	

Tabela 27

$a_i \backslash b_j$	210	100	250	150	200	90	bilans
250	(107) 210	(94) 0	(88) 40	144	201	188	-60
150	150	113	(88) 150	82	119	107	+ 0
200	250	231	150	88	(88) 200	156	+ 0
400	144	(94) 100	94	(81) 150	100	(69) 90	+60
renta	17	-	(6)	-	-	-	

Tabela 28

$a_i \backslash b_j$	210	100	250	150	200	90	bilans
250	113 210	100	94	150	207	194	+ 40
150	150	113	88 150	82	119	107	-100
200	250	231	150	88	88 200	156	+ 0
400	144	94 100	94	81 150	100	69 90	+ 60
renta	-	-	6	-	-	-	

Tabela 29

$a_i \backslash b_j$	210	100	250	150	200	90	bilans
250	113 210	100	94 40	150	207	194	+ 0
150	156	119	94 150	88	125	113	+ 0
200	250	231	150	88	88 200	156	+ 0
400	144	94 100	94 60	81 150	100	69 90	+ 0
renta	-	-	-	-	-	-	

Ponieważ udowodnione jest, że takich kolejnych kroków może być co najwyżej:

$$m + n - 1$$

to znaczy, że w omawianym przypadku mogło ich być 9. W prezentowanym wariancie rozwiązania wyszło ich 7 /tabela 23-29/.

Na podstawie danych o przydziale wziętych z tablicy 23 i jednostkowych kosztów dowozu z tablicy 22 lub 23 - przy zastosowaniu wzoru /2.23/, można obliczyć sumaryczne kosza dowozu paliwa do jednostek lotniczych KOPK:

$$\sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^4 C_{ij} \cdot X_{ij} = 210 \times 69 + 40 \times 50 + 150 \times 63 + 200 \times 88 + 100 \times 94 + \\ + 9090 \times 69 = 14.490 + 2000 + 9450 + 17600 + \\ + 5600 + 6210 = 35.350 \text{ tono/km przy}$$

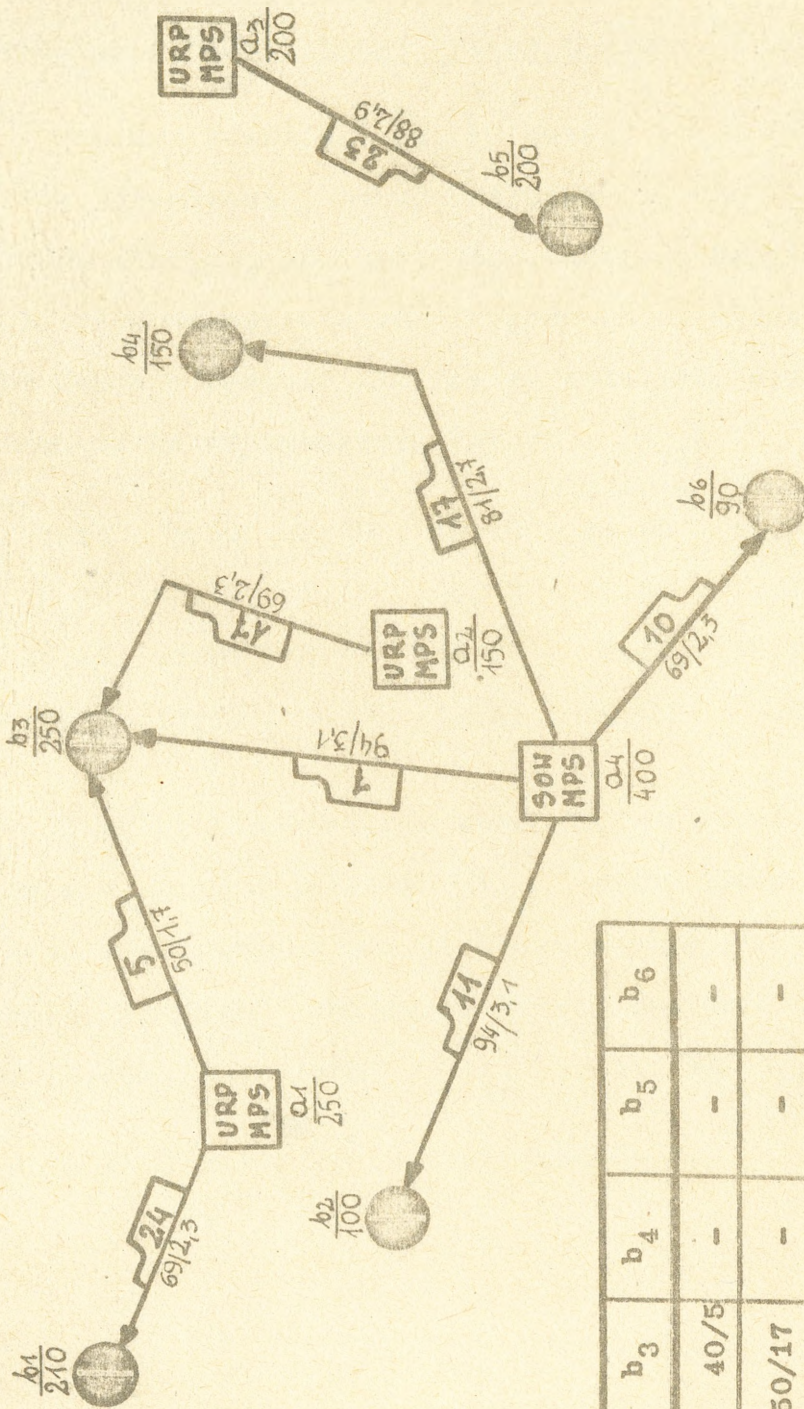
maksymalnym czasie dowozu 13.10 godz.

Obliczone kosza są napewno kosztami optymalnymi, w danym przypadku minimalnymi, lub bardzo do minimalnych zbliżonymi. Na podstawie wykonanych obliczeń można wykonać plan dowozu środków materiałowych. Wariant planu dowozu paliwa lotniczego do jednostek lotniczych KOPK pokazano na rys. 26.

Dość często, szczególnie w czasie wojny, bardzo istotny jest czas dowozu środków materiałowych, mniej istotne w tym przypadku są kosza dowozu. W takim razie dowódca organizując dowóz, zawsze będzie wyznaczał termin zakończenia dowozu środków materiałowych, to znaczy określi dyrektywny czas dowozu.

"Zatwierdzam"
Dowódca KOPK

P l a n
dowozu paliwa lotniczego do jednostek lotniczych KOPK /wariant/



	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆
a ₁	210/24	-	40/5	-	-	-
a ₂	-	-	150/17	-	-	-
a ₃	-	-	-	-	200/20	-
a ₄	-	100/11	60/7	150/17	-	90/10

Z-ca D-cy KOPK
D/s techniki i zaopatrzenia

Rys. 26. Plan dowozu paliwa lotniczego do jednostek lotniczych KOPK /wariant/

3.3.2. Rozwiązanie zadania transportowego z kryterium kosztów i ograniczonym czasem dowozu x/

Macierz kosztów $[C_{ij}]$ zmieni się o tyle, że zmienią się odległości z poszczególnych składów do lotniska b_2' i wejdzie fikcyjny odbiorca $/b_7/$, którego koszt wyściowe wynosić będą we wszystkich przypadkach 0, które należy wziąć pod uwagę w budowie tablicy do obliczeń, można przystąpić od razu do budowy macierzy czasów $[t_{ij}]$

$$[t_{ij}] = \begin{bmatrix} 7.16 & 5.30 & 5.00 & 10.10 & 14.50 & 14.00 & 0.00 \\ 9.10 & 12.10 & 7.16 & 6.00 & 10.00 & 8.40 & 0.00 \\ 27.40 & 26.00 & 14.00 & 8.40 & 8.40 & 15.30 & 0.00 \\ 13.56 & 13.10 & 9.10 & 8.10 & 10.00 & 7.50 & 0.00 \end{bmatrix}$$

Z założenia wynikało wyraźnie, że model był nie zamknięty i właśnie w tablicy $[t_{ij}]$ dokonaliśmy jego zamknięcia /zrealizowany został punkt z algorytmu, rys.6/. Należy teraz zbudować tablicę, w której zestawie tylko te x_{ij} , dla których w macierzy $[t_{ij}]$, $t_{ij} \leq t_{max}$

Zestawienie wymienione przedstawia tabela 30.

x/ Dla wykazania zmian w sposobie rozwiązania zadań i planie dowozu paliwa lotniczego w omawianych przypadkach, w niniejszym przykładzie przyjęto dodatkową ilość środków materiałowych /w składzie a_1 100 ton/. Pułki lotnicze bazują na tych samych lotniskach z wyjątkiem zmiany $/b_2/$ na lotnisko zapasowe $/b_2'/$. Odległości od poszczególnych źródeł zaopatrzenia /składów/ do lotniska $/b_2'/$ przedstawiają się następująco: od $a_1 = 56$ km, od $a_2 = 120$ km, od $a_3 = 230$ km, od $a_4 = 135$ km.
Wyznaczony przez dowódcę KOPK dyrektywny $t_{max} = 12$ godz.

Tabela 30

	$b_1=210$	$b_2=100$	$b_3=250$	$b_4=150$	$b_5=200$	$b_6=90$	$b_7=100$
$a_1=350$	$x_{11}=69$	$x_{12}=56$	$x_{13}=50$	$x_{14}=106$	-	-	$x_{11}=0$
$a_2=150$	$x_{21}=131$	-	$x_{23}=69$	$x_{24}=63$	$x_{25}=100$	$x_{26}=88$	$x_{27}=0$
$a_3=200$	-	-	-	$x_{34}=88$	$x_{35}=88$	-	$x_{37}=0$
$a_4=400$	-	-	$x_{43}=94$	$x_{44}=81$	$x_{45}=100$	$x_{46}=69$	$x_{47}=0$
renta							

Z powyższej tablicy wynika, że do spełniających nierówności /2.27/ i podlegających wykreśleniu z macierzy kosztów należy 9 pozycji, a

$$m + n - 1 = 10 \quad 9 \quad /3.04./$$

Warunek /2.28./ jest spełniony. Spełnione są również warunki /2.30./ i /2.31./.

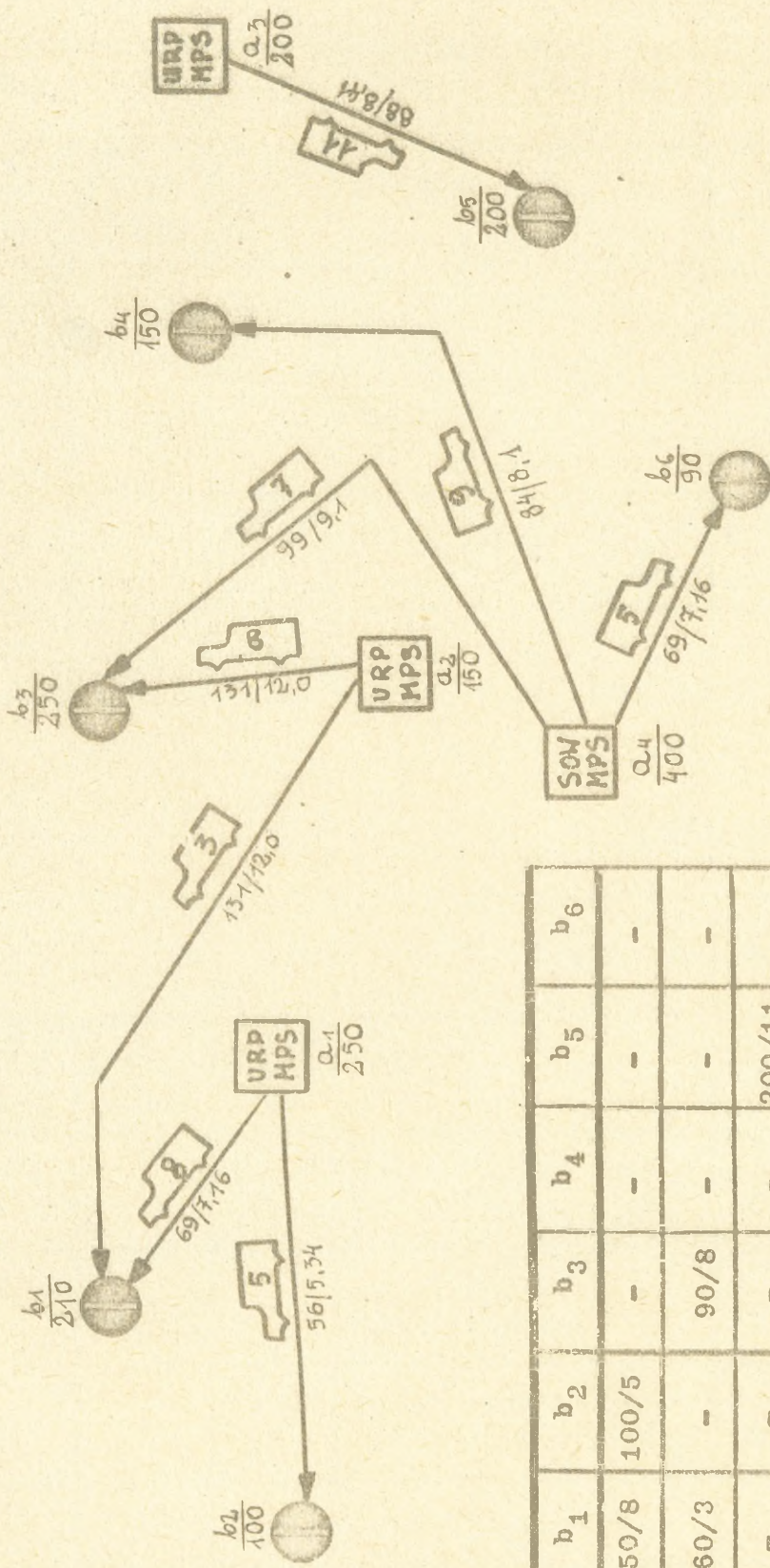
Rozwiązanie zadania, w tym przypadku, jest już przeprowadzone do zadania z kryterium kosztów i może być dokonane uprzednią metodą.

Rozwiązanie powyższego zadania transportowego, z kryterium kosztów i ograniczonym czasem dowozu, przedstawiono w tabelach 31-36. Plan dowozu zbudowany na podstawie danych z wymienionych tabel pokazano na rys. 27.

"Zatwierdzam"
Dowódca.....KOPK

P l a n

Dowozu paliwa lotniczego do jednostek lotniczych KOPK /wariant/



	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆
a ₁	150/8	100/5	-	-	-	-
a ₂	60/3	-	90/8	-	-	-
a ₃	-	-	-	-	200/11	-
a ₄	-	-	160/9	150/8	-	90/6

Z-ca D-cyKOPK
d/s techniki zaopatrzenia

Rys. 27. Plan dowozu paliwa lotniczego do jednostek lotniczych KOPK /wariant/

Tabela 31

$a_i \backslash b_j$	210	100	250	150	200	90	100	bilans
350	69 210	56 100	50 40	106	-	-	0 0	-210
150	131	-	69	63 150	100	88	0 0	+ 0
200	-	-	-	88	88 200	-	0 0	+ 0
400	-	-	94	81	100	69 90	0 100	+210
renta	62	-	19	-	-	-	-	

Tabela 32

$a_i \backslash b_j$	210	100	250	150	200	90	100	bilans
350	81 210	75 100	69 40	125	-	-	19	-60
150	131	-	69	63 150	100 0	88	0	-150
200	-	-	-	88	88 200	-	0	+ 0
400	-	-	94	81	100	69 90	0 100	+210
renta	-	-	25	18	12	-	-	

Tabela 33

$a_i \backslash b_j$	210	100	250	150	200	90	100	bilans
350	81 210	75 100	69 40	125	-	-	19	- 60
150	131	-	69 150	63 0	100 0	38	0 0	- 250
200	-	-	-	100	100 200	-	12	- 0
400	-	-	106	93	112	31 90	12	+310
renta	-	-	37	-	12	-	-	

Tabela 34

$a_i \backslash b_j$	210	100	250	150	200	90	100	bilans
350	93 210	87 100	81 40	137	-	-	31	- 60
150	143	-	81 150	75	112	100	12	-150
200	-	-	-	112	112 200	-	24	+ 0
400	-	-	106	93	112 0	81 90	12 100	+210
renta	-	-	25	18	-	-	-	

Z obliczonego przykładu wynika, że zadanie może być wykonane w czasie 12 godz. Jeżeli obliczymy koszty całości przedsięwzięcia, to zobaczymy, że wzrost ich jest niewielki:

$$C_{ij} \cdot x_{ij} = 69.210 + 56.100 + 50.40 + 69.150 + 88.200 + 94.60 + 81.150 + \\ + 69.90 = 74.040 \text{ przy maksymalnym czasie dowozu} \\ 9 \text{ godz. } 10 \text{ minut.}$$

3.3.3. Zadanie transportowe z kryterium czasu i ograniczoną ilością transportu

Tak pierwszy jak i drugi z omawianych modeli transportowych nie uwzględniają środków transportowych ich ilości oraz sposobu transportu środków materiałowych z punktów nadania do punktów odbioru.

Z poprzednich rozważań wynika, że transport ma bardzo istotne znaczenie w całości zaopatrzenia jednostek lotniczych w środki materiałowe. Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że potrzeby materiałowe jednostek lotniczych, w zależności od ich ilości w KOPK i natężenia działań, wynoszą od 900 do 2000 ton na dobę, a możliwości transportu bezpośrednio podległego służbom techniki i zaopatrzenia nie przekraczają 400 ton, to zobaczymy, że dowóz trzeba organizować w kilku rejsach. x/

x/ Naturalnie, że można i należy wykorzystywać do dowozu środków materiałowych również transport oddziałów lotniczych. Jeżeli transport ten dowiezie dziennie 100-150 ton do każdej jednostki, to i tak problem istnieje.

Kolejny model transportowy, częściowo eliminuje braki modeli poprzednich. Uwzględnia on wykorzystanie środków transportu i wielorejsowe ich działanie.

Przykład liczbowy ^x.

Mamy dwa składy i trzy jednostki. Stan zapasów w składach i potrzeby jednostek /w tonach/ oraz czasu /w godz./ niezbędny do pokonania odległości od 1-tego składu do j-tej jednostki jest następujący:

	b_j	$b_1=170$	$b_2=100$	$b_3= 80$
a_i				
$a_1 = 150$		2,0	1,0	3,0
$a_2 = 200$		1,0	1,5	2,5

Udźwig transportu znajdującego się przy składach wynosi:

$$U_1 = 130 \text{ ton}$$

$$U_2 = 70 \text{ "}$$

Rozwiązanie /według algorytmu - rys.7/

1. Łączny tonaż środków do przewiezienia

$$\sum_{j=1}^3 b_j = 350 \text{ ton}$$

Łączny udźwig transportu będącego w dyspozycji

$$\sum_{i=1}^2 U_i = 200 \text{ ton}$$

transport musi wykonać:

x/ mjr dypl. Stanisław Wietrzyński: Zadania transportowe z kryterium czasu w warunkach ograniczonej ilości transportu. WPE 1/68 str.80-82.

$$n = \frac{350}{200} = 1.75 \approx 2 \text{ rejsy dowozu. W drugim rejsie}$$

wykorzystana będzie tylko część transportu /75%/.

Rejsów powrotnych będzie $m = 2 - 1 = 1$

2. Sporządzamy sieć wszystkich możliwych powiązań /tabela 37/.

3. Wybieramy z sieci drogi z najkrótszym czasem powiązania.

Są dwie: 1212 - 3 godz. oraz 2121 - 3 godz. Dokonujemy przydziału na tych drogach. Ponieważ czas obydwu dróg jest jednakowy, kolejność dowozu może być dowolna. Rozpoczynamy od pierwszego składu: zapas w tym składzie - 150 ton, druga jednostka leżąca na drodze tego powiązania potrzebuje 100 ton środków, transport należący do pierwszego składu ma udźwig 130 ton - wydzielamy zatem z pierwszego składu do drugiej jednostki 100 ton środków. Analogicznie analizujemy drugą drogę powiązań - przydzielamy 70 ton środków /zgodnie z możliwościami transportu, jaki znajduje się przy drugim składzie/.

Możliwości transportu przy pierwszym składzie nie zostały wyczerpane. Wyszukujemy zatem następne połączenie w zestawieniu połączeń z czasem kolejno wyższym niż 3 godziny. Ponieważ możliwości transportu przy drugim składzie zostały wyczerpane, a w drugiej jednostce potrzeby zaspokojone, wszystkie powiązania rozpoczynające się od drugiego składu a kończące się na drugiej jednostce, możemy opuścić.

Znajdujemy zatem powiązanie 1121 - 4 godz. Pierwsza jednostka potrzebuje 170 ton, zapas w składzie wynosi 50 ton /100 ton przydzieliliśmy drugiej jednostce/, ale transport jaki pozostał w składzie, ma udźwig tylko 30 ton. Przydzielamy więc z pierwszego składu pierwszej jednostce 30 ton.

Ustalony czas przybycia transportu do jednostek:

- do pierwszej - po 1 godz. transport o udźwigu 70 ton
- po 2 godz. " " 30 ton
- do drugiej - po 1 godz. " " 100 ton

Potrzeby drugiej jednostki zostały zaspokojone, pierwszej i trzeciej - nie. Przechodzimy zatem do czwartego punktu algorytmu.

4. W pierwszym składzie pozostało $150-130=20$ ton środków materiałowych, w drugim $200-70=130$ ton, łącznie więc potrzebny jest transport o udźwigu 150 ton. Przy jednostkach mamy 200 ton, wybieramy zatem te środki transportowe, które przybyły do jednostek w najkrótszym czasie: w pierwszej jednostce 70 ton po 1 godz., w drugiej 100 ton po 1 godz.

5. Uaktualniamy łączny czas wszystkich możliwych powiązań sieci, zaczynając od jednostek, w których znajduje się transport. Ponieważ druga jednostka została zaspokojona w pierwszym rejsie dowozu, połączeń kończących się w tej jednostce nie obliczamy.

Mamy więc połączenia:

$$111 : 1 + 2 + 2 = 5 \text{ godz.}$$

$$113 : 1 + 2 + 3 = 6 \text{ godz.};$$

itd. /patrz zestawienie powiązań dla rejsu powrotnego - tabela 37/.

6. Planowanie rejsu powrotnego jest analogiczne jak rejsu dowozu /patrz punkt 3/.

Czas przybycia transportu do składów:

- do pierwszego po 2 godz. - udźwig 20 ton
- do drugiego po 2 godz. - " 70 ton
- po 2,5 godz. - " 60 ton

7. Uaktualniamy czas powiązań sieci, zaczynając od zespołów, do których skierowano transport /w przykładzie od obydwu/ za podstawę do obliczeń przyjmujemy czas przybycia transportu:

- do pierwszego składu 2 godz.;

- do drugiego składu 2,5 godz.;

/zestawienie powiązań str.187/.

8. Potrzeby jednostek po pierwszym rejsie dowozu:

- w pierwszej - 70 ton

- w drugiej - 80 ton.

9. /powrót ^{do} punktu 3 algorytmu/.

Planujemy drugi rejs dowozu, przeprowadzając analizę analogicznie jak w punkcie 3.

Czas przybycia transportu:

- do pierwszej jednostki - 3 godz.

- do drugiej jednostki - 5 godz.

Ponieważ potrzeby wszystkich jednostek już zaspokojono, planowanie zostało zakończone.

Minimalny czas zakończenia przedsięwzięcia wynosi 5 godz. /licząc tylko czas pracy transportu/. Jeżeli do tego czasu dodamy przykładowo 1 godz. na pierwsze ładowanie transportu w składach, 1 godz. na rozładowanie transportu po pierwszym rejsie oraz 1 godz. na powtórne ładowanie w składach, otrzymamy:

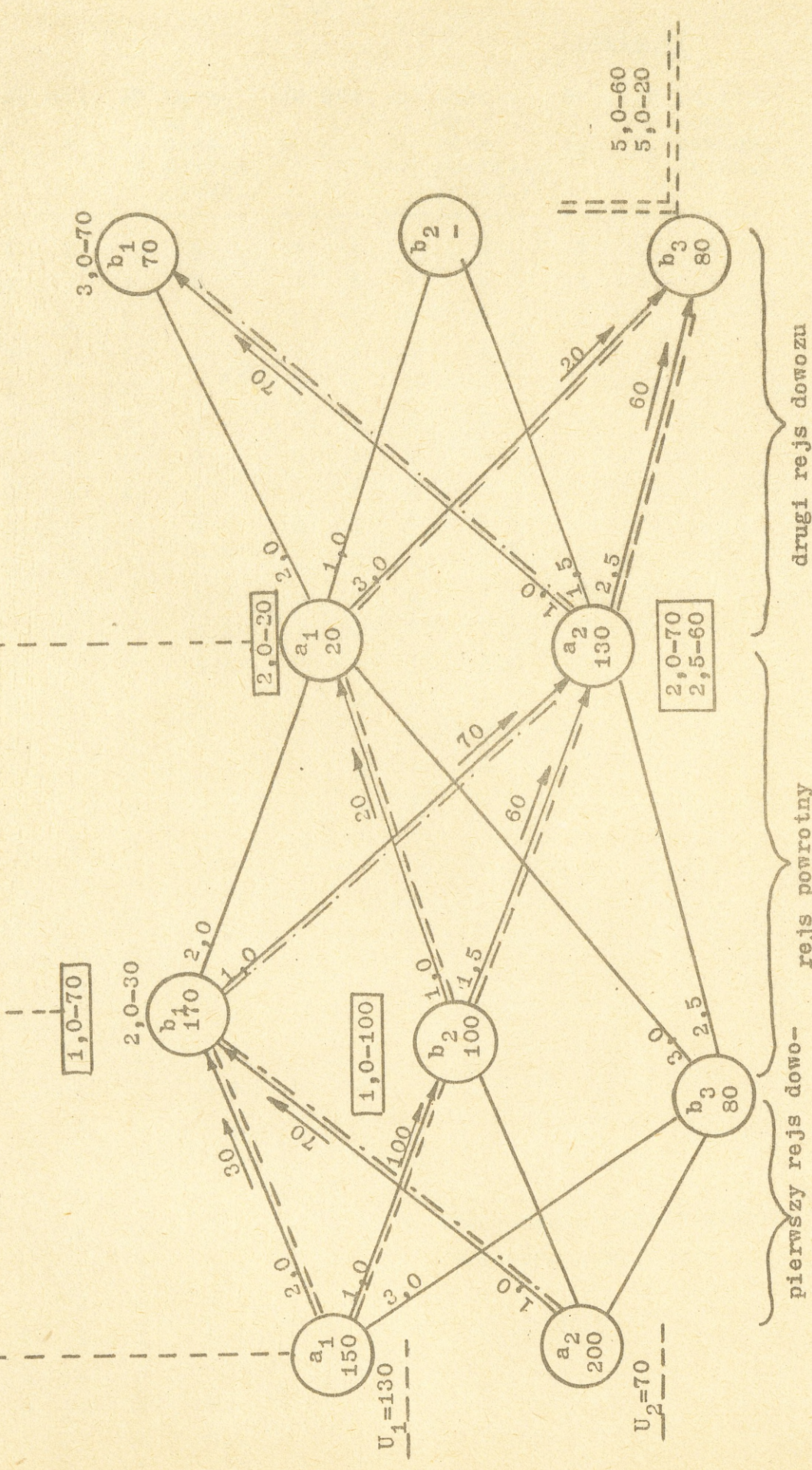
$$T_{opt} = 8 \text{ godz.}$$

Graficzne rozwiązanie zadania przedstawia schemat, rys. 28 i tabela 37.

- początkowe obliczanie czasu powiązań sieci

uaktualizowanie czasu powiązań po 1 rejsie dowozu

- uaktualizowanie czasu powiązań po 1 rejsie powrotnym



pierwszy rejs dowozu

rejs powrotny

drugi rejs dowozu

Rys. 28. Rozwiązanie modelu liczbowego z ograniczoną ilością transportu.

Tabela 37

Skł. a_i	JW b_j	Skł. a_i	JW b_j	Łącz- ny czas powiąz. /godz./	JW b_j	Skł. a_i	JW b_j	Łącz- ny czas powiąz. /godz./	Skł. a_i	JW b_j	Łączny czas powiąz. /godz./
1	1	1	1	6	1	1	1	5	1	1	4
1	1	1	2	5	1	1	2	-	1	2	-
1	1	1	3	7	1	1	3	6	1	3	5 x/
1	2	1	1	4	2	1	1	4 x			
1	2	1	2	3 x/	2	1	2	-			
1	2	1	3	5	2	1	3	5			
1	3	1	1	8	3	1	1	-			
1	3	1	2	7	3	1	2	-			
1	3	1	3	9	3	1	3	-			
1	1	2	1	4 x	1	2	1	3 x	2	1	3,5 x
1	1	2	2	4,5	1	2	2	-	2	2	-
1	1	2	3	5,5	1	2	3	4,5	2	3	5 x
1	2	2	1	3,5	2	2	1	3,5 x			
1	2	2	2	4	2	2	2	-			
1	2	2	3	5	2	2	3	5			
1	3	2	1	6,5	3	2	1	-			
1	3	2	2	7	3	2	2	-			
1	3	2	3	8	3	2	3	-			
2	1	1	1	5							
2	1	1	2	4							
2	1	1	3	6							
2	2	1	1	4,5							
2	2	1	2	3,5							
2	2	1	3	3,5							
2	3	1	1	7,5							
2	3	1	2	6,5							
2	3	1	3	8,5							
2	1	2	1	3 x							
2	1	2	2	3,5							
2	1	2	3	4,5							
2	2	2	1	4							
2	2	2	2	4,5							
2	2	2	3	5,5							
2	3	2	1	6							
2	3	2	2	6,5							
2	3	2	3	7,5							

x/ Połączenia wzdłuż których dokonano przydziału.

Z rozwiązanego przykładu łatwo zauważyć jak pracochłonne jest ustalenie powiązań pomiędzy składami i jednostkami oraz ich liczenie i uaktualnianie.

3.3.4. Rozwiązanie zadania transportowego z kryterium czasu i ograniczoną ilością transportu sposobem uproszczonym

Rozwiązanie zadania sposobem uproszczonym sprowadza się do etapowego optymalizowania czasu pracy transportu w każdym rejsie dowozu i w każdym rejsie powrotu. Posługując się algorytmem przedstawionym na schemacie - rys.10, wykonujemy kolejne kroki, do czasu zakończenia całego przedsięwzięcia x/.

1. Wykonujemy sieć powiązań poszczególnych składów z poszczególnymi jednostkami z tym, że możemy te powiązania wykonywać dla każdego etapu oddzielnie, w miarę wykonywania obliczeń, dla tych etapów. Po wykreśleniu sieci powiązań wpisujemy dla każdego powiązania czas przejazdu transportu.

x/ Założenie do niniejszego zadania jest takie samo jak w zadaniu poprzednim /z kryterium kosztów/. Z tablicy odległości $/C_{ij}/$ /tabela 22/ obliczono czas pokonania odległości pomiędzy składami i poszczególnymi lotniskami:

lotnisko składy	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6
a_1	3,6	2,8	2,5	5,1	7,5	7,0
a_2	4,5	6,0	3,6	3,0	5,0	4,3
a_3	13,8	13,0	7,0	4,3	4,3	7,6
a_4	6,8	6,5	4,5	4,0	5,0	4,0

2. Wyszukujemy powiązania z najkrótszym czasem dowozu. Są to powiązania następujące /schemat, rys.29/:

- 1.3. - 2,5 godz.
- 2.4. - 3,0 godz.
- 3.4. - 4,3 godz.
- 3.5. - 4,3 godz.
- 4.6. - 4,0 godz.

Dokonujemy przydziału w granicach możliwości. Ponieważ możliwości transportowe zostały wyczerpane, dalsze optymalizowanie jego pracy na tym etapie zostało zakończone.

Transport dowiezie:

- do trzeciej jednostki - po 2,5 godz. - 90 ton
- do czwartej jednostki - po 3,0 godz. - 90 ton
- po 4,3 godz. - 60 ton
- do piątej jednostki - po 4,3 godz. - 30 ton
- do szóstej jednostki - po 4,0 godz. - 90 ton

3. Wykreślamy powiązania drugiego etapu. Mamy tych powiązań ^{nie}mniej, bo transport dostarczał środków materiałowych do jednostek b_1 i b_2 . Z pozostałych wybieramy najkrótsze czasy dojazdu do składów, będą to:

- 3.1. - 2,5 godz.
- 4.2. - 3,0 godz.
- 4.4. - 4,0 godz.
- 5.3. - 4,3 godz.
- 6.4. - 4,0 godz.

Ustalamy pozostałość środków materiałowych w składach po pierwszym rejsie dowozu: $a_1 = 160$, $a_2 = 60$, $a_3 = 110$, $a_4 = 310$ ton.

Biorąc pod uwagę możliwości transportu przydzielamy jednostkom:

$a_1 = 60$ ton, $a_2 = 90$ ton, $a_3 = 160$ ton, $a_4 = 50$ ton.

Jednostki otrzymają środki materiałowe z drugiego rejsu transportu po:

a_1 - 10,5 godz.

a_2 - 7,8 godz.

a_3 - 13,0 godz. i 12,5 godz.

b_5 - 10,9 godz. i 13,3 godz.

Jednostki b_4 i b_6 mają nakazany zapas po pierwszym rejsie i ich nie rozpatrujemy.

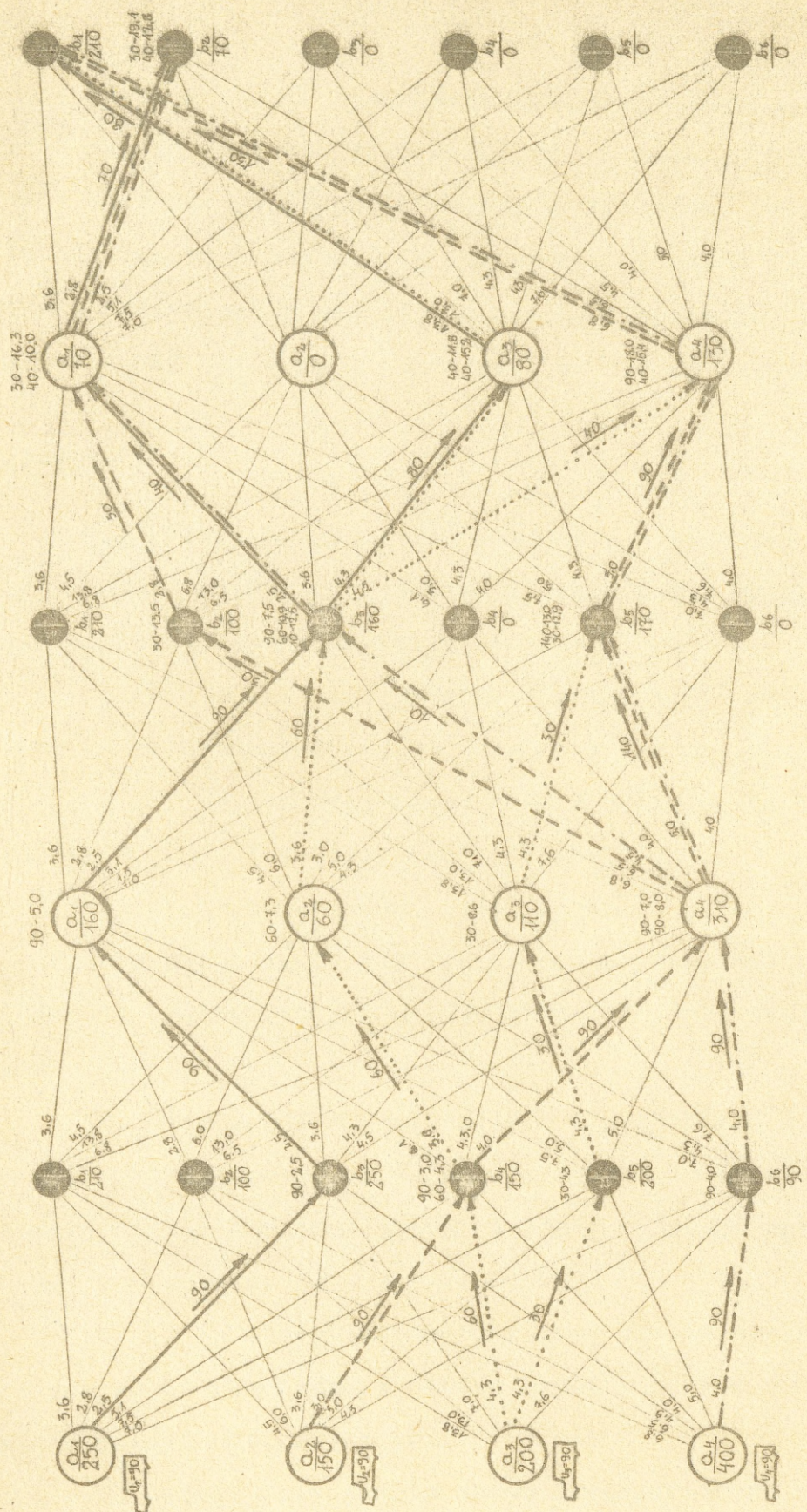
4. Przejazd transportu z jednostek do składów w drugim rejsie i trzeci rejs dowozu kalkulujemy analogicznie jak poprzednie rejsy.

Ostatecznie otrzymujemy w rezultacie czas zakończenia całego przedsięwzięcia nie licząc za- i wyładunku:

$$T_{opt} = 29,0 \text{ godz.}$$

Należy zaznaczyć, że rozwiązanie zadania transportowego z kryterium czasu w warunkach ograniczonej ilości transportu mieści się w zbiorze rozwiązań możliwych, jednak jest ono jedynie zbliżone do optymalnego.

Dla przykładu popatrzymy na to zagadnienie z punktu widzenia służby techniki i zaopatrzenia korpusu OPI. Najkrótsze czasy dojazdu z pierwszego składu do jednostek wynoszą w kolejności 2.5, 2.8 i 3.6 godz., a z drugiego składu 3.0, 3.6, 4.3 godz., oraz z trzeciego składu 4.3, 4.3 i 7.0 godz. Widzimy, że trzeci czas pierwszego składu jest niższy niż pierwszy /najmniejszy/ czas trzeciego składu.



Rys. 29. Rozwiązanie modelu transportowego sposobem uproszczonym.

Jeżeli będziemy rozpatrywać jednocześnie najniższe czasy przejazdu z wszystkich składów w danym etapie i świadomie kierować przydziałem według tych czasów, to ogólny czas dowozu będzie rzeczywiście najkrótszy. Schemat rys.30 przedstawia rozwiązanie zadania tą metodą i wykazuje, że czas dowozu jest skrócony o 6 godzin i wynosi 23 godziny.

W n i o s k i

1. Metody transportowe posiadają stosunkowo prosty aparat matematyczny, przy pomocy którego można ręcznie rozwiązywać mniej skomplikowane przykłady.

2. Poszczególne algorytmy rozwiązywania zadań zezwalają na rozpatrywanie zadań zarówno z optymalizacją kosztów, jak i optymalizacją czasu, tak z dostateczną ilością transportu, jak i z jego ograniczeniem.

3. W warunkach KOPL, gdzie istnieje kilka źródeł zaopatrzenia i kilka jednostek lotniczych zapotrzebujących zapasy środków materiałowych, metody te powinny być stale wykorzystywane.

4. Przy dużej ilości składów i jednostek, szczególnie w przypadku konieczności wykonania trzech - czterech rej-sów transportu, należy rozwiązywać zadania sposobem uproszczonym lub rozwiązywać je przy pomocy LMC.

5. Nawet skomplikowane warianty dowozu środków materiałowych można rozwiązać, w bardzo krótkim czasie, z wykorzystaniem maszyn matematycznych.

6. Metody rozwiązania zadań transportowych mogą, w znacznym stopniu, ułatwić podejmowanie ekonomicznie uzasadnionych decyzji przy planowaniu i realizacji dowozu środków materiałowych do jednostek lotniczych KOPK.

3.4. Zadania rozwiązywane przy wykorzystaniu modelu masowej obsługi

3.4.1. Odtwarzanie gotowości bojowej samolotów

Tak pierwszy, jak i poprawiony model sieciowy odtwarzania gotowości bojowej eskadry samolotów MIG-21m wskazuje, że ścieżka krytyczna przechodzi po ładowaniu zbiorników samolotów tlenem lotniczym. Taki przebieg ścieżki krytycznej jest uwarunkowany przede wszystkim małą ilością dystrybutorów tlenowych w etacie oddziału lotniczego ^{x/} oraz stosunkowo długim czasem ładowania tlenu do butli pokładowych samolotu ^{xx/}.

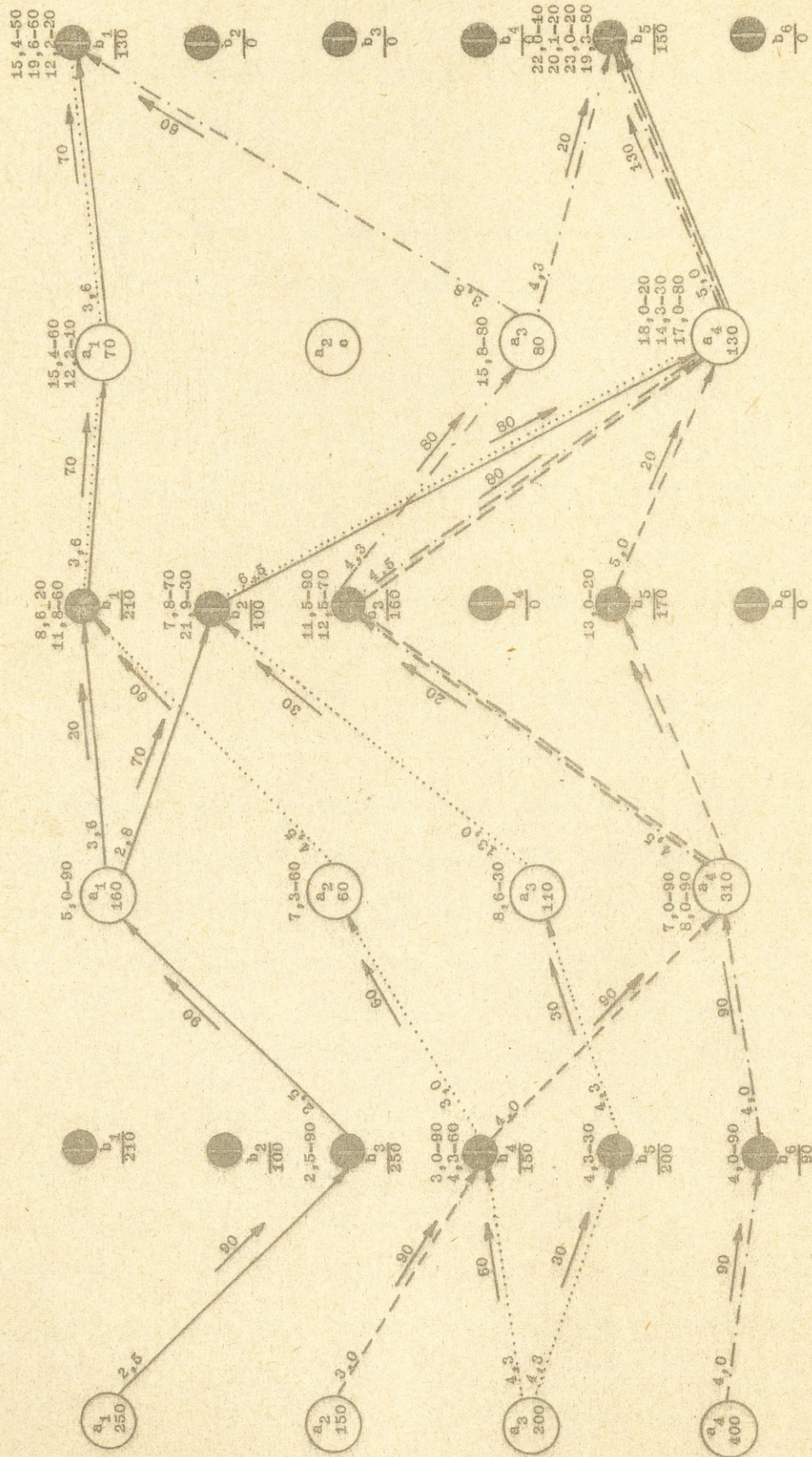
Model sieciowy pokazywał jedynie stan faktyczny i opóźnienia w stosunku do całego przedsięwzięcia. Natomiast model masowej obsługi jest w stanie wykazać szereg dodatkowych parametrów /prawdopodobieństw, zależności, terminów/, na podstawie których jesteśmy w stanie zbadać proces obsługi określonej liczby samolotów określoną liczbą dystrybutorów tlenowych.

Wydaje się, że do najbardziej potrzebnych parametrów badanego zagadnienia możemy zaliczyć:

- przeciętny czas oczekiwania samolotu na obsługę;
- przeciętny czas przebywania samolotu w systemie obsługi;
- przeciętną liczbę samolotów oczekujących na obsługę;

x/ W oddziale lotniczym OPK znajduje się etatowo trzy dystrybutory tlenowe typu AKZS-75.

xx/ Czas trwania ładowania tlenu składa się z czasu manipulacyjnego i czasu faktycznego ładowania i wynosi średnio 4-5 minut.



rys. 30. Rozwiązanie modelu transportowego sposobem uproszczonym / podział środków materiałowych wg. najniższych kosztów dostawy/.

- przeciętną liczbę samolotów obsługiwanych;
- przeciętną liczbę samolotów znajdujących się w powietrzu;
- współczynnik efektywnego wykorzystania czasu samolotu /prawdopodobieństwo przebywania dowolnego samolotu w powietrzu/;
- współczynnik przestoju samolotu /prawdopodobieństwo przebywania samolotu w stanie oczekiwania na obsługę/;
- współczynnik obsługi samolotu /prawdopodobieństwo znajdowania się samolotu w stanie obsługi/.

Do analizy liczbowej przyjęto dwa warianty systemu obsługi x/:

- eskadrowy system obsługi z jednym dystrybutorem tlenowym;
- eskadrowy system obsługi z dwoma dystrybutorami tlenowymi.

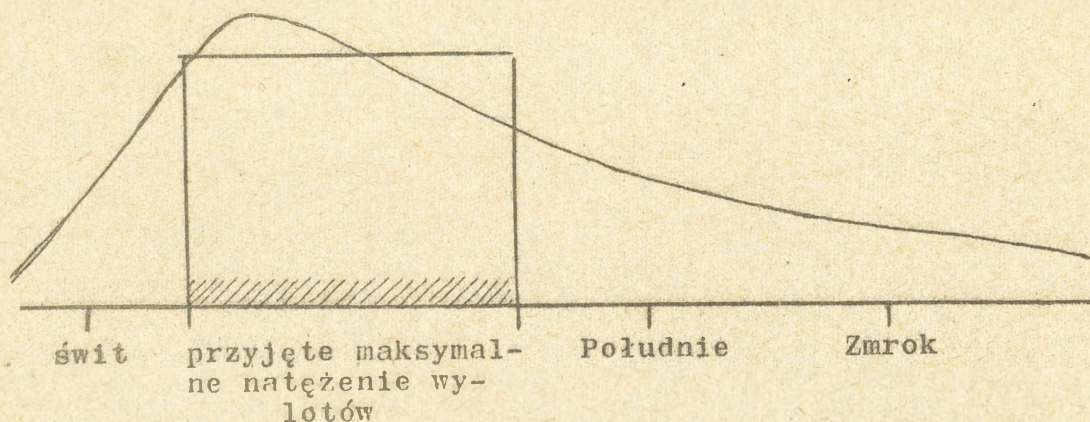
Wprowadzając do zagadnienia określone założenia i posługując się wzorami 2.54 - 2.64, można wykonać obliczenia wyników. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 38.

Zanim zostanie dokonana szersza analiza przedstawionych danych liczbowych zastanówmy się nad przyjętymi założeniami i rozkładem prawdopodobieństwa lądowania samolotów na lotnisku oraz wchodzenia ich w kolejkę lub bezpośrednio w system obsługi.

Wydaje się, że tak pierwszy, jak i drugi problem zakłada pewną sztuczność w stosunku do prawdopodobnych działań bojowych. Po pierwsze, założono zróżnicowane natężenie

x/ Brany jest pod uwagę jedynie problem lądowania tlenu. Inne zagadnienia /uzbrojenie samolotu, tankowanie paliwa itp. / pominięto.

działań bojowych w ciągu doby. Przyjęto, że największe natężenie działań będzie miało miejsce w pierwszej, dopołudniowej części doby. Założony rozkład natężenia działań pokazano na rys. 31.



Rys. 31. Założony rozkład natężenia wylotów w ciągu doby /pole zakreskowane przedstawia rozpatrywany odcinek czasu/.

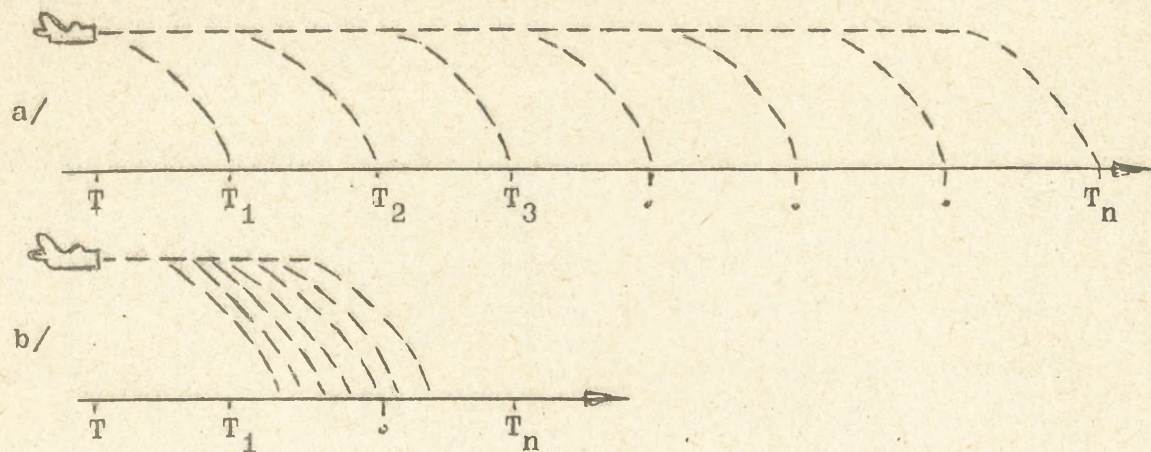
Przyjęty do rozważań odcinek czasu obejmuje sobą zaledwie kilka godzin doby, a 50-60 % wylotów wszystkich samolotów. Zgodnie z rozkładem Poissona może zajść różne prawdopodobieństwo tego, że samolot wylądzuje w określonym czasie i wejdzie do systemu obsługi. Jednak aparat matematyczny modelu ogólnie zakłada również, że natężenie może być równomiernie rozmieszczone na osi czasu.

Może być jednak inaczej. Samoloty pIm OPK prowadzą działania bojowe parami i kluczami. Jeżeli do wykonania zadań na różnych kierunkach wyleci kilka kluczy samolotów, to z punktu widzenia odtwarzania gotowości bojowej wyleciała eskadra i wszystkie samoloty mogą lądować w krótkich odstępach czasu i wejść do systemu obsługi. W takim przypadku

Tabela 38

Lp.	Charakterystyka	Jm.	System obsługi	
			wariant I	wariant II
1	Przeciętny czas oczekiwania samolotu na obsługę	min.	20	3,3
2	Przeciętny czas przebywania samolotu w systemie	"	25	8,3
3	Przeciętna liczba samolotów znajdujących się w powietrzu	szt.	13,9	8,1
4	Przeciętna liczba samolotów oczekujących na obsługę	"	3,42	0,3
5	Przeciętna liczba samolotów obsługiwanych	"	0,72	0,6
6	Prawdopodobieństwo przebywania dowolnego samolotu w powietrzu	%	77	90
7	Prawdopodobieństwo przebywania samolotu w stanie oczekiwania na obsługę	"	19	3
8	Prawdopodobieństwo znajdowania się samolotu w stanie obsługi	"	4	7

zwiększy się długość kolejki i wzrośnie czas oczekiwania na obsługę. Przykładowy rozkład prawdopodobieństwa lądowania samolotów przedstawiono na rys. 32.



Rys. 32 Przykładowy rozkład prawdopodobieństwa lądowania samolotów:

- a/ równomiernie rozłożony w czasie,
- b/ skupiony w krótkich odstępach czasu.

Jeżeli przyjmiemy, że omówione założenia są hipotetycznie możliwe, to możemy nawet po dość pobieżnej analizie wyników tablicy 38 dojść do ciekawych wniosków. Rozważmy niektóre z wyników, szczególnie te, które bezpośrednio wpływają na czasowy udział lądowania tlenu w całokształcie odtwarzania gotowości bojowej samolotów.

Przeciętny czas oczekiwania samolotu na obsługę w pierwszym wariantcie jest dość długi. Jeżeli popatrzymy na model sieciowy odtwarzania gotowości bojowej /rys.19/, to zobaczymy, że w świetle przedstawionych obliczeń czas lądowania tleny ulegnie zwiększeniu i to co najmniej o 20 minut. Ponieważ lądowanie tleny znajduje się na ścieżce krytycznej, to również znacznie przedłuży się ogólny czas odtwarzania gotowości bojowej samolotów. Z powyższego wynika również czas przebywania samolotu w systemie obsługi, nie 5 minut, a 25 minut. Można zauważyć, że w wariantcie drugim

czas ładowania tlenu zwiększa się o 3,3 minuty, lecz w tym przypadku jest to niewielkie zwiększenie czasu ogólnego i można go w ogólnej analizie pominąć.

Przeciętna liczba samolotów oczekujących na obsługę w pierwszym wariancie wynosi 3,42, to znaczy, że około 4 samolotów będzie czekało na ładowanie tlenu i nie będzie mogło być użyte do szybkiego startu na działania bojowe. W drugim wariancie praktycznie żaden samolot nie będzie oczekiwał w kolejce.

Jeszcze prawdopodobieństwa efektywnego wykorzystania samolotów przy założonych systemach obsługi. W pierwszym wariancie aż czwarta część samolotów znajduje się w obsłudze lub czeka w kolejce, natomiast w drugim wariancie tylko 10% tych samolotów wyczekuje, pozostałe są lub mogą być wykorzystane do działań bojowych.

Z powyższych, pobieżnych rozważań wynika dość jasny wniosek. Należy liczbę dystrybutorów tlenowych p/m OPK zwiększyć do czterech. Jest to tym bardziej istotne, że poszczególne eskadry pułku będą prowadziły działania bojowe z dwóch różnych lotnisk, często odległych od siebie o dziesiątki kilometrów, a możliwości czasowe odtwarzania gotowości bojowej eskadr, choćby tylko ze względu na czas ładowania na samoloty tlenu lotniczego, nie byłyby jednakowe.

Inny wniosek dotyczy metodyki rozpatrywania zagadnień odtwarzania gotowości bojowej samolotów z wykorzystaniem metod BO. Otóż różnice czasowe wynikające pomiędzy metodami sieciowymi i metodami masowej obsługi wskazują na konieczność kompleksowego rozpatrywania metod BO podczas opracowywania problemu. Rozpatrując problem z wykorzysta-

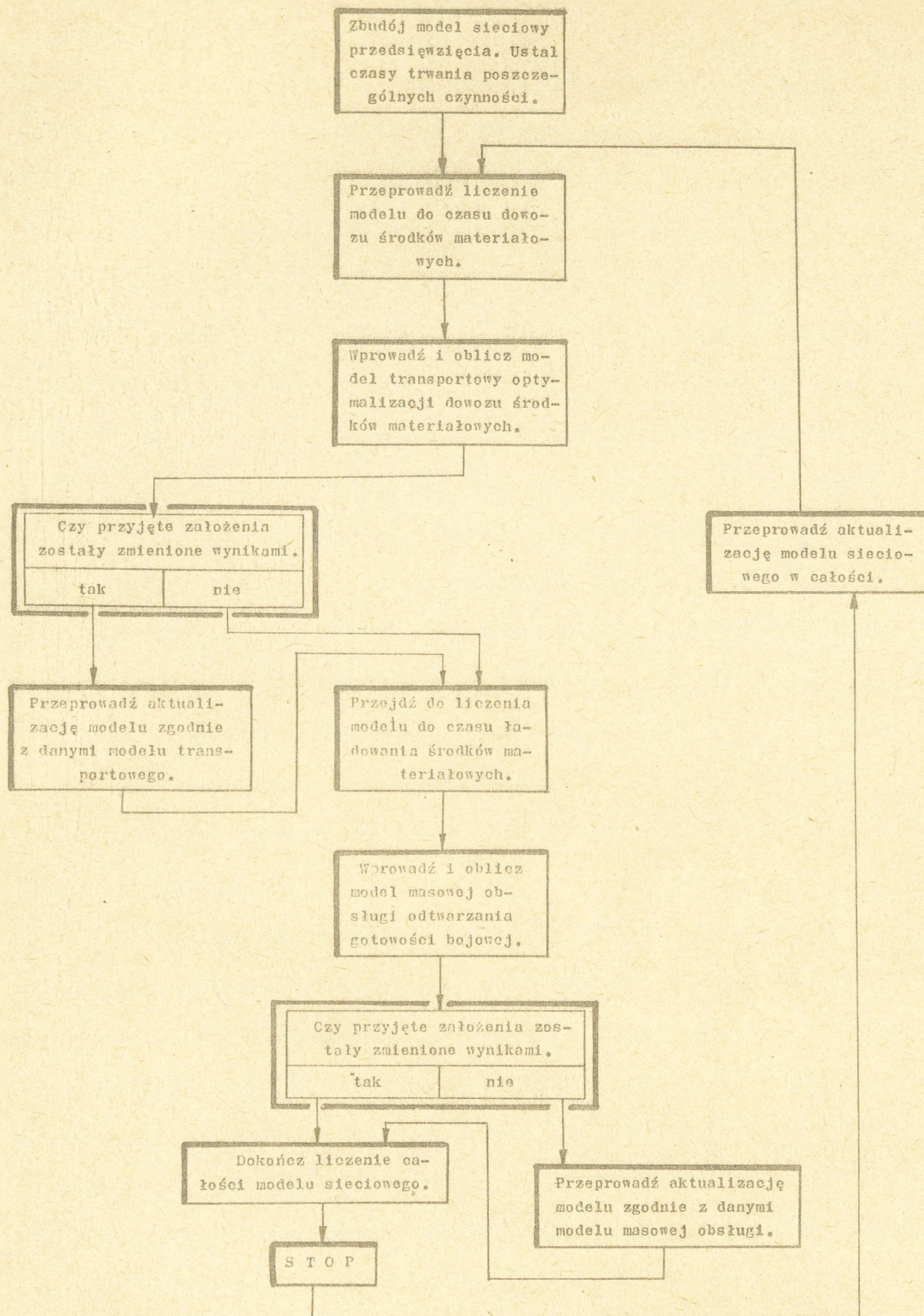
niem metod sieciowych, w odpowiednim momencie należałoby przejść do metod transportowych lub do metod masowej obsługi. W oparciu o model sieciowy odtwarzania gotowości bojowej samolotów /rys.19/, pokazano próbę opracowania ramowego algorytmu kompleksowego rozpatrzenia zagadnienia z wykorzystaniem różnych metod BO. Schemat blokowy modelu przedstawiono na rys. 33.

3.4.2. Naprawa transportu samochodowego w warunkach działań bojowych

W omawianym zagadnieniu również przyjęto dwa warianty systemu obsługi. Jeżeli jednak w odtwarzaniu gotowości bojowej samolotów zmieniała się ilość stanowisk w aparacie obsługi, a liczba klientów /samolotów/ pozostawała bez zmian, to w obecnym modelu postąpiono odwrotnie. Jako podstawę do rozpatrywania, tak w pierwszym, jak i w drugim wariantcie systemu, założono identyczne możliwości naprawcze, a do systemu zgłaszają się:

- w pierwszym wariantcie obsługi łączne ilości pojazdów podlegających naprawom bieżącym, wynikłym ze strat eksploatacyjnych i bojowych bez stosowania broni masowego rażenia;

- w drugim wariantcie obsługi wprowadzono łączne ilości pojazdów podlegającym naprawom bieżącym, wynikających ze strat eksploatacyjnych i bojowych ze stosowaniem przez nieprzyjaciela broni masowego rażenia.



Rys. 32. Ramowy schemat blokowy kompleksowego rozwiązania odtwarzania gotowości bojowej samolotów z wykorzystaniem metod bo /variant/.

W tym modelu, tak jak w uprzednim, przyjęto pewne założenia. Po pierwsze, prawdziwość danych ilościowych /liczba pojazdów podlegających naprawom bieżącym/, szczególnie po uderzeniach jądrowych, jest wówczas zbliżona do prawdopodobnej gdy na nią potrzymamy z punktu widzenia szczebla KOPK, a jeszcze lepiej ze szczebla WOPK. Przyjęte założenie, że po wybuchu jądrowym może zaistnieć 15% strat w plm OPK jest dlatego nie prawdziwe, że po uderzeniu na jedno lotnisko straty mogą sięgać 50 i więcej procent sił i środków znajdujących się na tym lotnisku. Po drugie, rozpatruje się zagadnienie w dużym uproszczeniu, bez brania pod uwagę przeglądów profilaktyczno-zapobiegawczych i obniżenia możliwości naprawczych warsztatów, w wyniku strat powstałych w siłach i środkach tych warsztatów.

Jeżeli i w tym przypadku założenia przyjmiemy jako możliwe i przeprowadzimy obliczenia, to wyniki będą zgodne z tabelą 39.

Z tabeli wynika, że drugi wariant systemu obsługi /wykonania napraw bieżących po uderzeniach jądrowych/ jest wybitnie niekorzystny dla odtwarzania sprawności technicznej pojazdów mechanicznych. Przeciętny czas wyczekiwania pojazdu na wykonanie naprawy bieżącej wynosi 10 godzin, a ogólny czas przebywania pojazdu w systemie obsługi przekracza 2/3 doby. Przeciętnie tylko 64 pojazdy mechaniczne będą sprawne, to znaczy zaledwie 32 % ogólnego stanu pojazdów plm OPK.

Znacznie lepiej przedstawia się stan sprawności w pierwszym wariantcie systemu obsługi /wykonywanie napraw

Tabela 39

Lp.	Charakterystyka	Jm.	System obsługi	
			wariant I	wariant II
1	Przeciętny czas oczekiwania samochodu na obsługę	godz.	2,1	10,4
2	Przeciętny czas przebywania samochodu w systemie	"	8,1	16,4
3	Przeciętna ilość samochodów sprawnych	szt.	132	64
4	Przeciętna ilość samochodów oczekujących na naprawę	"	18	86
5	Przeciętna ilość samochodów znajdujących się w naprawie	"	50	50
6	Prawdopodobieństwo znajdowania się samochodu w stanie sprawności	%	66	32
7	Prawdopodobieństwo znajdowania się samochodu w oczekiwaniu na obsługę	"	9	43
8	Prawdopodobieństwo znajdowania się samochodu w obsłudze bieżącej	"	25	25

bieżących po stratach wynikłych w wyniku wojny konwencjonalnej/. Średnio-sprawnych będzie 132 pojazdy, a więc 66% z ogólnego stanu pojazdów p/m OPK. W związku z powyższym poważne wątpliwości budzi przyjmowanie w ćwiczeniach współczynnika sprawności technicznej 0,8-0,9.

Na podstawie przedstawionych danych można stwierdzić, że baza warsztatowa plm OPK zapewnia utrzymanie współczynnika sprawności technicznej pojazdów mechanicznych 0,7 w warunkach strat powrotnych, zaistniałych podczas wojny konwencjonalnej i 0,32 w warunkach strat powrotnych, zaistniałych podczas wojny z użyciem broni masowego rażenia.

Z powyższego wynika, że należałoby na okres wojny zwiększyć możliwości naprawcze warsztatów co najmniej o 50% przez dodanie do etatu "CZW" dwóch warsztatów B_1 -sam i B_2 -sam. Można też wziąć pod uwagę wykorzystanie stacjonarnej bazy naprawczej niższych szczebli gospodarki narodowej /warsztaty POM, warsztaty kółek rolniczych, stacje obsługi samochodów itp./, jednak już obecnie należałoby sprawdzić możliwości tych warsztatów i ustalić zasady ich wykorzystania.

Reasumując problem wykorzystania teorii masowej obsługi do rozwiązywania niektórych problemów zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa OPK, należy stwierdzić, że teoria ta może i powinna być stosowana w rozwiązywaniu problematyki. Szczególnie właśnie teoria masowej obsługi powinna być wykorzystywana do uzasadnienia czasu realizacji przedsięwzięć odtwarzania sprawności technicznej sprzętu i transportu, odtwarzania gotowości bojowej samolotów, wydzielania grup załadowczo-wyladowczych itp.

Faktem jest, że teoria masowej obsługi nie jest jeszcze w pełni rozpracowana, a głównie nie jest przygotowana do liczenia na EMC. Teoria ta posiada skomplikowany aparat matematyczny i ręczne rozwiązywanie poszczególnych zadań zabiera liczącemu dużą ilość czasu. Dlatego też pierw-

szym krokiem prowadzącym do szerokiego wykorzystania modelu powinno być opracowanie algorytmów i programów maszynowych do rozwiązywania zadań z wykorzystaniem maszyn cyfrowych.

Wykonane nawet fragmentaryczne obliczenia wykazują, że problem powinien być brany pod uwagę i poważnie traktowany w dalszych pracach naukowo-badawczych.

Z A K O Ń C Z E N I E I W N I O S K I

Praca niniejsza obejmuje próbę przedstawienia możliwości szerokiego stosowania metod badań operacyjnych do rozwiązywania zadań zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa KOPK.

W pracy, niejako sztucznie, wydzielono zabezpieczenie tyłowe lotnictwa z całokształtu zabezpieczenia tyłowego działań bojowych KOPK. Zabezpieczenie tyłowe lotnictwa KOPK wydzielono ze względu na temat i objętość niniejszej pracy, a głównie ze względu na specyfikę różniącą zabezpieczenie tyłowe lotnictwa od tego zabezpieczenia w innych rodzajach wojsk korpusu.

Do specyfiki tej należałoby zaliczyć takie cechy, jak:

- konieczność przygotowania bazy materiałowo-technicznej niezbędnej do zabezpieczenia wysoce manewrowego charakteru działań bojowych lotnictwa;

- konieczność zabezpieczenia działań bojowych p/m OPK z dwóch lotnisk, nieformalnie podzielonymi siłami i środkami zabezpieczenia materiałowo-technicznego;

- potrzeba zgromadzenia, utrzymania i dostarczenia do samolotów dużej ilości środków materiałowych o dużej skali asortymentu i zapotrzebowania na zużycie;

- konieczność utrzymania w stanie wysokiej sprawności technicznej lotnisk bazowania i zapasowych, urządzeń i zabudowy lotniskowej, znajdujących się na dużych obszarach korpusu;

- konieczność włożenia dużego wysiłku służb technicznych i zaopatrzenia korpusu i oddziałów lotniczych OPK w zabezpieczenie materiałowo-techniczne własnego sprzętu specjalnego i pojazdów mechanicznych niezbędnych do zabezpieczenia oddziałów lotniczych;

- duża dysproporcja pomiędzy możliwościami manewrowymi środków walki /samolotów/ i możliwościami manewrowymi środków zabezpieczenia tyłowego działań bojowych.

Właśnie manewrowy charakter działań bojowych lotnictwa KOPK i duże potrzeby środków materiałowych do jego zabezpieczenia oraz wielowariantowość działania, w głównej mierze wpływają na tok oraz sposób organizacji i kierowania działalnością tyłów w KOPK.

Potrzeba zebrania i przetworzenia dużej ilości informacji operacyjno-taktycznych i materiałowo-technicznych, zmuszała zawsze dowództwa i sztaby do maksymalnego wysiłku. Przy obecnym tempie działań, potrzeby czasowe i ilościowe informacji są tak duże, że sztaby już nie nadążają z terminowym ich zebraniem i przetworzeniem.

Obok powyższego, konieczność wykonania wielu trudnych zadań zabezpieczenia materiałowo-technicznego ograniczonymi siłami w możliwie krótkim czasie oraz potrzeba przygotowania danych do decyzji i jej realizacji w wielu wariantach,

zmusza tyłowy aparat kierowniczy do dodatkowego wysiłku.

Właśnie potrzeby w zakresie zebrania i przetworzenia informacji oraz wypracowania danych w wielu wariantach, stwarzają konieczność zastosowania do rozwiązywania zadań zabezpieczenia tyłowego, matematycznych metod BO i ETO.

Jeżeli chodzi o matematyczne metody BO, to należy stwierdzić, że ich wykorzystanie może rozwiązać wiele problemów związanych z przygotowaniem wielowariantowych decyzji na zabezpieczenie tyłowe działań bojowych lotnictwa KOPK.

Niezależnie od przedstawionego w pracy podziału metod BO, w zależności od możliwości ich wykorzystania, można podzielić metody BO na metody, które mogą być wykorzystywane już obecnie, od zaraz i metody nadające się do zastosowania po wprowadzeniu do ich rozwiązywania ETO.

Metody, które mogą być wykorzystywane od zaraz, to metody charakteryzujące się nie skomplikowanym aparatem matematycznym, przy pomocy którego można rozwiązywać większość mniej rozbudowanych zadań środkami małej i średniej mechanizacji, a nawet ręcznie. Do tej grupy można zaliczyć przede wszystkim metody sieciowe i transportowe, a z wykorzystaniem tablic rozkładów /głównie Poissona i wykładniczego/ również i metody masowej obsługi /teorię kolejek/.

Wykorzystanie metod sieciowych jest szczególnie pożądane choćby dlatego, że można przy ich prostym aparacie matematycznym rozwiązywać dosłownie wszystkie zadania zabezpieczenia tyłowego lotnictwa KOPK. Ponadto, już obecnie wszystkie EMC posiadają programy podstawowe obliczenia sieci.

Wykorzystując metody sieciowe do planowania zadań zabezpieczenia tyłowego można:

- wykryć wszystkie lub większość zależności w realizacji czynności, ustalić prawidłowości i usunąć wyniki nieścisłości i braki;

- objąć kierowaniem wszystkie czynności, nawet bardzo skomplikowanego przedsięwzięcia, śledzić ich przebieg i odchylenia od planowanego czasu trwania oraz na bieżąco wpływać na przyspieszenie działania;

- wyliczyć prawdopodobieństwo, z jakim zostanie wykonane zadanie w czasie dyrektywnym i jakie mogą zaistnieć odchylenia od tego czasu;

- wyciągnąć szereg wniosków dotyczących prawidłowej organizacji i realizacji przedsięwzięć jeszcze przed ich faktycznym wykonywaniem.

Przedstawione w pracy, w większości nie skomplikowane modele sieciowe organizacji i realizacji zadań zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa KOPK wskazują na słuszność tych twierdzeń.

Z kolei metody transportowe, do obliczania których większość elektronicznych maszyn cyfrowych posiada algorytmy, nadają się bardzo dobrze do rozwiązywania zadań optymalizacyjnych, zwłaszcza zadań związanych z planowaniem dowozu środków materiałowych. Szczególnie proste jest liczenie zadań z pomocą metody rent różnicowych, głównie zadań z ograniczonym czasem dowozu oraz obliczanie zadań z ograniczoną ilością transportu, uproszczonym sposobem rozwiązania.

Zastosowanie metod transportowych w planowaniu zabezpieczenia materiałowego umożliwia dokonywanie optymalizacji planów zabezpieczenia materiałowego i planów dowozu, wybór możliwie najkrótszych dróg pomiędzy składami i jednostkami oraz dokonywanie racjonalnego przydziału zapasów środków materiałowych.

Jeżeli chodzi o teorię masowej obsługi, to jej aparat matematyczny jest dość skomplikowany, a obliczenia pracochłonne. Wykorzystanie tablic z odpowiednimi rozkładami i wartościami dystrybuant częściowo eliminuje pracochłonność liczenia. Jednak w wielu przypadkach, zastosowanie teorii masowej obsługi jest nieodzowne, szczególnie przy potrzebie naukowego zbadania takich problemów zabezpieczenia tyłowego, jak:

- badanie potrzeb ilościowych sprzętu technicznego zabezpieczającego działania bojowe oddziałów lotniczych;

- ustalenie potrzebnej ilości pododdziałów remontowo-naprawczych do obsługi sprzętu lotniczego i pojazdów mechanicznych;

- wydzielenie odpowiedniej ilości grup załadowczych do ładowania środków materiałowych i sprzętu na transport;

- umotywowanie wprowadzenia w sztabach tyłowych odpowiedniej ilości etatów pracowników niezbędnych do przetworzenia wpływających informacji operacyjno-zaopatrzeniowych i inne.

Druga grupa bardziej skomplikowanych metod BO może być również wprowadzona do rozwiązywania zadań zabezpieczenia tyłowego lotnictwa KOPK. Jednak ze względu na bardzo skomplikowany aparat matematyczny, metody te będą mogły właściwie i w pełni być wykorzystane dopiero po wprowadzeniu do ich rozwiązywania ETO. Obecnie rozwiązywaniem zadań i wyciąganiem z obliczeń wniosków powinien się zająć Ośrodek Informatyczny DWOPK. Ośrodek ten powinien rozwiązywać różne warianty zadań przy wykorzystaniu różnych metod BO, a wyniki przekazywać wykonawcom, poszczególnym KOPK i jednostkom wchodzącym w ich skład.

Reasumując wyniki przeprowadzonych badań w zakresie zastosowania wybranych metod BO do rozwiązywania niektórych zadań zabezpieczenia tyłowego działań bojowych lotnictwa KOPK należy stwierdzić, że:

1. Zadania zabezpieczenia tyłowego charakteryzują się złożonością działania, współzależnością wykonywanych przedsięwzięć, różnym i nie zawsze dającym się ściśle ustalić czasem trwania czynności oraz pewną powtarzalnością sytuacji, a więc w pełni nadają się do rozwiązywania matematycznymi metodami badań operacyjnych.

2. Zastosowanie matematycznych metod badań operacyjnych do rozwiązywania zadań zabezpieczenia tyłowego lotnictwa KOPK skróci czas wypracowania wielowariantowych danych do podjęcia decyzji, odciąży oficerów poszczególnych wydziałów od żmudnych i pracochłonnych kalkulacji i umożliwi im zajęcie się pracą koncepcyjną.

3. Zastosowanie metod BO do planowania manewru i dowozu środków materiałowych umożliwi wykonanie tych zadań w optymalnych warunkach, a więc w możliwie najkrótszym czasie lub przy najniższych kosztach.

4. W pierwszej kolejności, od zaraz należałoby wprowadzić do rozwiązywania zadań metody sieciowe i metody transportowe, ze względu na nieskomplikowany aparat matematyczny i szybkość otrzymania wyników.

5. Ośrodki informatyczne DW OPK, Wojskowej Akademii Technicznej, Akademii Sztabu Generalnego i inne, powinny w dalszym ciągu formalizować zadania, opracowywać algorytmy i dane, między innymi również w zakresie zabezpieczenia tyłowego lotnictwa KOPK. Akademie wojskowe i wyższe szkoły

oficerskie powinny uczyć oficerów zasad posługiwania się matematycznymi metodami BO i wykorzystania do rozwiązywania zadań ETO.

6. Wprowadzenie ETO na szczeblu KOPK z jednoczesną możliwością wprowadzania danych i wyprowadzania wyników w plm OPK umożliwi wykorzystanie wszystkich możliwych metod BO do rozwiązywania zadań zabezpieczenia tyłowego lotnictwa KOPK.

Powiązanie zadań zabezpieczenia tyłowego z matematycznymi metodami BO i EMC jako aparatem licząco-analizującym, zmniejszy pracochłonność i czas wypracowania decyzji, umożliwi wypracowanie decyzji w wielu wariantach i doprowadzi do optymalnego wykonywania zadań. To wszystko bezpośrednio wpłynie na zwiększenie efektywności zabezpieczenia tyłowego działań bojowych KOPK.

L I T E R A T U R A :

1. S.A. ABRAMOW, M.I. MARIENCZEW, P.D. POLIAKOW.
Metody sieciowe planowania i kierowania /tłumaczenie
płk prof.F. WIŚNIEWSKI/. Wyd.ASG. Warszawa - 1966 r.
2. A.S. BARSOW. Co to jest programowanie liniowe.
Wyd. PWN. Warszawa 1961 r.
3. Kpt.dypl. Mieczysław CHAMERA. Organizacja odtwarzania
gotowości bojowej oddziału lotniczego w oparciu o metody
analizy sieci. Skrypt ASG, Warszawa - 1970 r.
4. Kpt.dypl. Mieczysław CHAMERA. Odbudowa lotnisk operacyj-
nych zniszczonych w wyniku działań wojennych. Skrypt ASG
Warszawa - 1973 r.
5. mjr dypl. Mieczysław CHAMERA. Informator taktyczno-tech-
niczny część V. Wybrane zagadnienia zabezpieczenia tyłowe-
go działań bojowych lotnictwa. Wyd.ASG Warszawa - 1973 r.
6. R.A.CHOWARD. Programowanie dynamiczne i procesy Markowa
/tłumaczenie z rosyjskiego J.SKIBIŃSKI/. Wyd.MON
Warszawa - 1970 r.
7. M. CILCHANOWICZ, Z.FOLCIK, Cz.GOZDECKI, Z.RĄCZKA,
J.SKIBIŃSKI, A.ZON. Wybrane metody optymalizacji decyzji.
Wyd.MON. Warszawa - 1969 r.
8. Mjr dypl. T. CZARNOCKI. Metody analizy sieciowej. Skrypt.
Wyd. ASG. Warszawa - 1970 r.
9. Z. CZERWIŃSKI. Wstęp do teorii programowania liniowego
z elementami algebry wyższej. Wyd. PTE. Poznań - 1961 r.
10. Płk dr Władysław FILAR. Organizacja i planowanie dowozu
na szczeblu frontu i armii przy wykorzystaniu EMC. Roz-
prawa habilitacyjna. Wyd. ASG. Warszawa - 1969 r.

11. W. FILAR. Badania operacyjne a problemy zaopatrywania.
Wyd. MON. Warszawa - 1973 r.
12. SAUL I. GASS. Programowanie liniowe, metody i zastosowania. Wyd. PWN. Warszawa - 1973 r.
13. S.L. GLASS. Programowanie liniowe. Wyd. PWN Warszawa 1963 r.
14. Ppłk pil. M. GNIADY. Zastosowanie sieciowych metod operacji w zakresie optymalizacji czasu osiągnięcia gotowości bojowej przez pułk lotnictwa myśliwskiego OPK. Wyd. ASG. Warszawa - 1965 r.
15. L.S. GODDARD. Metody matematyczne w badaniach operacyjnych. Wyd. PWN. Warszawa - 1966 r.
16. Mjr dypl. Cz. GOZDECKI. Elementy programowania dynamicznego. Skrypt ASG. Warszawa - 1965 r.
17. Ppłk dr Cz. GOZDECKI, ppłk dypl. S. NIJAK, ppłk mgr inż. K. STANGRET. Algebra uogólnionych grafów sieciowych oraz optymalizacja przepływów w sieciach. Skrypt ASG. Warszawa - 1971 r.
18. A.Z. IDZIKIEWICZ. PERT - metody analizy sieciowej.
Wyd. PWN. Warszawa - 1967 r.
19. Ppłk dypl. K. JARON. Zasady algorytmizacji zadań wojskowych. Wyd. ASG. Warszawa - 1972 r.
20. J. KURNAL. Zarys teorii organizacji i zarządzania.
Wyd. PWE. Warszawa - 1970 r.
21. Oskar LANGE. Optymalne decyzje. Wyd. PWN. Warszawa - 1964 r.
22. Ppłk dypl. Adam MICHALSKI. Podstawy organizacji i działalności tyłów Wojsk Obrony Powietrznej Kraju. Skrypt.
Wyd. ASG. 1972 r.

23. Ppłk dypl. Adam MICHALSKI. Zabezpieczenie tyłowe oddziału lotnictwa myśliwskiego OPK. Skrypt. Wyd.ASG - 1973 r.
24. R. MIZERA. Algorytmy planowania transportu. Zeszyt TBO. Wyd. WAT. Warszawa - 1972 r.
25. Ph.M. MORSE i G.E. KIMBAL. Metody badania operacji /tłumaczenie z angielskiego/. Wyd.ASG. Warszawa - 1962 r.
26. T. MULLER. Wprowadzenie do nauki organizacji i badań operacyjnych. Wyd. PWE. Warszawa - 1971 r.
27. Mjr dypl. S. NIJAK. Metoda rozwiązania zadania transportowego z kryterium kosztów i ograniczeniem czasu dowozu. Wojskowy Przegląd Ekonomiczny nr 2. Warszawa - 1966 r.
28. Ppłk mgr J. NOWAKOWSKI. Rola automatyzacji w optymalizacji wojskowych systemów kierowania. Wyd.Szt.Gen.WP Warszawa - 1968 r.
29. Płk dypl. Mieczysław PODGÓRSKI. Podstawy organizacji i działalności tyłów Korpusu OPK. Skrypt. Wyd. ASG - 1972r.
30. Praca zbiorowa pod redakcją płka dypl. Jerzego SKIBIŃSKIEGO Metody badania operacji. Wyd. ASG. Warszawa - 1962 r.
31. Regulamin Wojsk Obrony Powietrznej Kraju. Wyd.MON, Warszawa - 1964 r.
32. Praca zbiorowa pod redakcją J. SKIBIŃSKI. Zastosowanie metod badań operacyjnych do rozwiązywania niektórych zagadnień wojskowych. Wyd. ASG. Warszawa - 1964 r.
33. Problemy automatyzacji dowodzenia tyłami. Część I. Zastosowanie matematycznych metod badań operacyjnych w dowodzeniu tyłami. Sztab Kwat. 61/67.
34. Praca zbiorowa pod redakcją B.F. HOULDENA. Z praktyki badań operacyjnych. Wyd.PWE. Warszawa - 1964 r.

35. M.J. ROMAKIN. Elementy algebry liniowej i programowania liniowego. Wyd. WNT. Warszawa - 1965 r.
36. W. SADOWSKI. Teoria podejmowania decyzji. Wyd. PWE. Warszawa - 1963 r.
37. Płk dr J. SKIBIŃSKI. Elementy metodologii badań operacyjnych. Skrypt. Wyd. ASG Warszawa - 1968 r.
38. Płk dr J. SKIBIŃSKI. Optymalizacja alokacji zapasów w ujęciu henrystycznym. Wyd. ASG. Warszawa - 1970 r.
39. Płk mgr inż. E. SIERADZAN. Metody analizy sieci w planowaniu i kierowaniu obiektami /PERT - CPM/. Wyd. WAT. Warszawa - 1965 r.
40. M.R. SZTARSKI. Wojsko a badania operacji. Wyd. MON. Warszawa - 1963 r.
41. Ppłk mgr inż. E. SZMED. Zastosowanie metody analizy sieciowej PERT do planowania, kierowania i kontroli realizacji materiałowo-technicznego zabezpieczenia osiągania wyższych stanów gotowości bojowej. Wyd. ASG. Warszawa - 1973 r.
42. Płk doc.dr Jan UCHYŃSKI. Sztuka operacyjna Wojsk Obrony Powietrznej Kraju. Zbiór Prac Akademii 2/60. Wyd. ASG - 1973 r.
43. Vademecum oficera. Część I - Wojska operacyjne. Wyd. MON Warszawa - 1970 r. Sygn. ASG 24/69.
44. Vademecum Wojsk Obrony Powietrznej Kraju. Wyd. MON Warszawa 1971 r. Sygn. OPK 422/70.
45. E.S. MENTUL /tłumaczenie pod redakcją M. CIECHANOWICZA/ Wstęp do badań operacyjnych. Wyd. MON. Warszawa - 1968 r.

46. Mjr dypl. S. WIETRZYŃSKI. Zadania transportowe z kryterium czasu w warunkach ograniczonej ilości transportu. Wojskowy przegląd ekonomiczny nr 1. Warszawa - 1968 r.
47. L.N. WOLGIN. Optymalizacja /tłumaczenie z rosyjskiego/ Wyd.WNT. Warszawa - 1970 r.
48. Wybrane problemy zabezpieczenia tyłowego Sił Zbrojnych PRL. Zbiór Prac Akademii 1/59. Wyd.ASG - 1973 r.
49. Wybrane zagadnienia lotniskowego i materiałowo-technicznego zabezpieczenia korpusu OPK. Skrypt. Wyd.DW OPK - 1971 r.
50. Wybrane zagadnienia materiałowo-technicznego zabezpieczenia Wojsk Obrony Powietrznej Kraju w zakresie służb technicznych i zaopatrzenia. Skrypt. Wyd. DW OPK - 1973 r.
51. Wybrane zagadnienia z zakresu organizacji i działalności tyłów Wojsk OPK. Zbiór Prac Akademii 2/60. Wyd.ASG - 1973r.
52. Zastosowanie badań operacyjnych w lotnictwie. Podręcznik Wyd.MON. Warszawa - 1967 r. Sygn.Lot.12/67.
53. Zastosowanie metody PERT w Wojskach OPK. Opracowanie metodyczne. Wyd. DW OPK. Warszawa - 1966 r.
54. Dr J.ZIELENIEWSKI. Teoretyczne podstawy organizacji pracy. Wyd. KBO. Warszawa - 1964 r.
55. Ppłk dypl. pil. Marian ŻEBROWSKI. Organizacja i prowadzenie działań bojowych przez pułk lotnictwa myśliwskiego OPK. Skrypt. Wyd. ASG - 1973 r.
56. Prof. dr S. ŻURAWICKI. Metodologia nauk a badania operacyjne. Wyd. ASG. Warszawa - 1964 r.

WYKAZ RYSUNKÓW

W niniejszej pracy znajduje się 31 /trzydzieści jeden/ rysunków rozmieszczonych pomiędzy następującymi stronicami:

1. Rys.1. Ideowy schemat zaopatrywania KOPK	30-31
2. Rys.2. Skład organizacyjny tyłów KOPK	64-65
3. Rys.3. Ideowy schemat dowodzenia tyłami KOPK	64-65
4. Rys.4. Klasyfikacja modeli BO	76-77
5. Rys.5. Algorytm rozwiązania zadania metodami sieciowymi	98-99
6. Rys.6. Algorytm rozwiązania zadania transportowego z kryterium kosztów	102-103
7. Rys.7. Algorytm zadania transportowego z kryterium kosztów i ograniczonym czasem dowozu	106-107
8. Rys.8. Sieć powiązań planowanego dowozu środków materiałowych	110-111
9. Rys.9. Algorytm rozwiązania zadania transportowego z ograniczoną ilością środków transportowych	110-111
10. Rys.10. Algorytm rozwiązania zadania transportowego sposobem uproszczonym	112-113
11. Rys.11. Przykłady systemów obsługi jedno- i wielokanałowych	114-115
12. Rys.12. Model sieciowy osiągnięcia pełnej gotowości bojowej przez plm OPK	128-129
13. Rys.13. Organizacja odtwarzania gotowości bojowej samolotów w trójpozycyjnym ciągu technicznym	134-135
14. Rys.14. Harmonogram odtwarzania gotowości bojowej z wykorzystaniem jednego dystrybutora tlenowego	136-137

15. Rys.15. Harmonogram odtwarzania gotowości bojowej z wykorzystaniem dwóch dystrybutorów tlenowych	136-137
16. Rys.16. Schemat blokowy odtwarzania gotowości bojowej samolotów	138-139
17. Rys. 17. Model sieciowy odtwarzania gotowości bojowej samolotów	138-139
18. Rys.18. Harmonogram tankowania samolotów paliwem, tlenem i powietrzem	140-141
19. rys.19. Poprawiony model sieciowy odtwarzania gotowości bojowej samolotów	140-141
20. Rys.20. Model sieciowy dowozu środków materiałowych w KDPK	146-147
21. Rys.21. Model sieciowy odśnieżania lotniska w plm OPK	154-155
22. Rys.22. Poprawiony model sieciowy odśnieżania lotniska w plm OPK	158-159
23. Rys.23. Model sieciowy remontu lotniska plm OPK	166-167
24. Rys.24. Sposób zabudowy leja specjalnymi płytami	168-169
25. Rys.25. Rozmieszczenie lotnisk i baz zaopatrzeniowych w KOPK	170-171
26. Rys.26. Plan dowozu środków materiałowych do jednostek KOPK	176-177
27. Rys.27. Plan dowozu środków materiałowych do jednostek KOPK	178-179
28. Rys.28. Powiązania do dowozu środków materiał...	186-187
29. Rys.29. Powiązania dowozu środków materiałowych do jednostek KOPK sposobem uproszczonym	190-191
30. Rys.30. Plan dowozu środków materiałowych obliczony sposobem uproszczonym.....	192-193
31. Rys.33. Ramowy schemat blokowy kompleksowego rozwiązania zagadnienia odtwarzania gotowości bojowej samolotów	198-199

Wydrukowano w 20 egz.
Egz. Nr 1-20 B.Gł.OZS
Wyk. ppłk CHAMERA
Druk. M.Ch. dnia 16.06.1976 r.
Nr 01709/WW
Kor. autorska

