



**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO**  
im. gen. broni K. Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA

NO WYTKO  
SLIENKOWO



Egz. Nr 1

**PORADNIK METODYCZNY**  
**ZASTOSOWANIA KLAWISZOWYCH**  
**MASZYN LICZĄCYCH W ODDZIAŁACH**  
**I ZWIĄZKACH WOJSK LOTNICZYCH**

07442

WARSZAWA  
BIBLIOTEKA  
KAD  
GENERALNE  
036493

WARSZAWA GRUDZIEN 1965



**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO**  
im. gen. broni K. Świerczewskiego

---

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA

NO WBYTKO  
SLUCZOSKO



Egz. Nr. - .

1

**PORADNIK METODYCZNY**  
**ZASTOSOWANIA KLAWISZOWYCH**  
**MASZYN LICZĄCYCH W ODDZIAŁACH**  
**I ZWIĄZKACH WOJSK LOTNICZYCH**

07442

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO  
ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA  
KADRA  
im. gen. broni K. Świerczewskiego

36493

---

WARSZAWA

GRUDZIEŃ

1965

Przeł. prot. 12652. /

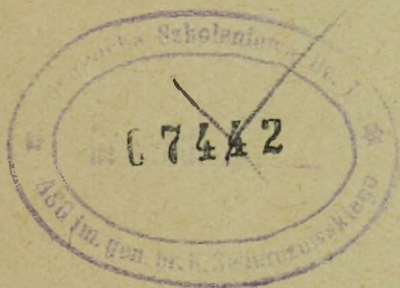


egz.nr

1

PORADNIK METODYCZNY  
ZASTOSOWANIA KLAWISZOWYCH MASZYN LICZĄCYCH  
W ODDZIAŁACH I ZWIĄZKACH WOJSK LOTNICZYCH

Tłumaczyli: płk R. Dworak, płk L. Wszyński,  
ppłk E. Grysiewicz, ppłk S. Pawłowski,  
ppłk R. Siedlecki, mjr T. Iwan,  
mjr S. Wietrzyński, mjr J. Purek.



ARCHIWUM  
BIBLIOTEKI SZOLENIOWY  
KADRE GEN. GEN. GEN.  
GEN. GEN. GEN.

36443

## P R Z E D M O W A

Poradnik opracowano w CNII-30<sup>x</sup>/ Ministerstwa Obrony ZSRR na zamówienie Sztabu Głównego Wojsk Lotniczych.

Przy opracowywaniu poradnika, korzystano z materiałów wykonanej w CNII-30 pracy naukowo-badawczej na temat: "Badania praktycznego zastosowania środków małej mechanizacji prac obliczeniowych w jednostkach i związkach operacyjnych i taktycznych".

Matematyczne sformułowanie obliczeń wzięto w zasadzie z odpowiednich regulaminów, instrukcji, podręczników i specjalnej literatury. Dopracowanie metodyczne tych obliczeń wykonane zostało przez autorów. Większość obliczeń sprawdzono praktycznie na ćwiczeniach z wojskami i na mapach.

Dla opracowania I i II rozdziału korzystano z literatury opisującej klawiszowe maszyny liczące i metody matematyki stosowanej. W opracowaniu wymienionych rozdziałów poradnika brali udział: płk inż. Prochorow P.A. - wstęp i § 2 rozdz. II; mgr inż. Cygankow M.F. - wstęp i rozdział I; ppor. inż. Kuźmienkow D.M. - § 2 rozdz. II, pracownik kontraktowy Perfiliew J.L. - § 1 rozdz. II.

W opracowaniu wykazu obliczeń /rozdział III/ brali udział: operacyjno-taktycznych i operacyjno-tyłowych - płk inż. Prochorow P.A., mgr inż. Cygankow M.F.; nawigacyjnych - ppor. inż. Kuźmienkow D.M., pracownicy kontraktowi Perfiliew J.L. i Bojko R.F.; geodezyjnych - pracownik kontraktowy Bojko R.F.; z radioprzeciwdziałania - pracownik kontraktowy Perfiliew J.L., inżynierijno-operacyjnych - ppor. inż. Kuźmienkow D.M. i płk inż. Prochorow P.A.

W sformułowaniu celów operacyjno-taktycznych obliczeń brali udział: gen. mjr w st. spocz. Kowalew S.K. i płk Orlenko M.T.

Programy obliczeń podane w załącznikach do poradnika opracowali: pracownik kontraktowy Perfiliew J.L., Bojko R.F. i Wasina O.A.

Ogólna redakcja - płk inż. Prochorow P.A.

W S T E P

Jakościowe i ilościowe zmiany w uzbrojeniu, technicznym wyposażeniu i organizacji wojsk zmieniły charakter walki i operacji. Współczesne działania bojowe osiągnęły dużą manewrowość, zdecydowany charakter i wysokie tempo.

Dynamiczny charakter działań, szybkie i gwałtowne zmiany sytuacji wymagają istotnego skrócenia czasu potrzebnego na powzięcie decyzji i na przeprowadzenie przedsięwzięć w zakresie dowodzenia oddziałami i związkami taktycznymi lotnictwa, zarówno w okresie przygotowania jak i prowadzenia działań bojowych. A więc, czas we współczesnych warunkach prowadzenia działań bojowych nabiera szczególnego, a niekiedy, nawet decydującego znaczenia w całej działalności dowódców i sztabów. Jednocześnie ze skróceniem czasu potrzebnego na powzięcie decyzji i przeprowadzenie przedsięwzięć w zakresie dowodzenia znacznie wzrosła objętość przeprowadzanych przedsięwzięć. Zwiększyła się również ilość przeprowadzanych przedsięwzięć i zaszła konieczność przy rozwiązywaniu zasadniczych zagadnień dowodzenia, wykonywania dużej ilości różnego rodzaju obliczeń. Decyzje we współczesnych warunkach powinny być uzasadnione nie tylko od strony jakościowej lecz i od ilościowej, co wymaga wykonania dużej ilości prac obliczeniowych.

Do chwili obecnej prace obliczeniowe, zarówno w toku przygotowania bojowego, jak i w okresie prowadzenia ćwiczeń z wojskami i na mapach, wykonywane były przez oficerów oddziałów i służb Armii Lotniczej, związków i jednostek w zasadzie ręcznie, co wymagało dużej ilości siły i czasu. Oprócz tego część prac obliczeniowych wykonywano w sposób nie najlepszy i często z małą ilością wariantów, ponieważ w warunkach ograniczonego czasu i przy braku odpowiednich urządzeń liczących trudno jest stosować bardziej doskonałe metody obliczeń.

Prowadzone badania, doświadczenia z ćwiczeń i praktycznego wykonywania szeregu prac obliczeniowych wskazują na to, że większość obliczeń wykonywanych w chwili obecnej

w sztabach, oddziałach i służbach Armii Lotniczej, związkach i jednostkach Wojsk Lotniczych można w pełni wykonywać przy pomocy klawiszowych maszyn liczących. Przy tymczas na wykonanie obliczeń skraca się średnio o 2 do 5 razy, a w niektórych wypadkach nawet więcej.

Wprowadzenie urządzeń liczących zezwala nie tylko na szybsze i jakościowo lepsze rozwiązywanie znanych zadań, lecz stawia również nowe zadania, rozwiązywanie których ręcznie jest niemożliwe.

Niniejszy poradnik podaje zasady, którymi należy się kierować podczas wykonywania obliczeń przy pomocy klawiszowych maszyn liczących.

W rozdziale I podana jest ogólna charakterystyka klawiszowych maszyn liczących, szczególnie są rozpatrzone niektóre cechy konstrukcyjne i możliwości sumatorów typu SDM /AES/ i klawiszowych automatów liczących typu WMM-2 /SAR-20, Mercedes/.

Oprócz tego rozpatruje się ogólną metodykę i technikę wykonywania obliczeń przy pomocy klawiszowych maszyn liczących, a także daje się szczegółowy opis wykonywania operacji arytmetycznych i niektórych kombinowanych obliczeń na konkretnych maszynach liczących.

W rozdziale zwraca się uwagę również na to, że przy wykonywaniu obliczeń przy pomocy klawiszowych maszyn liczących najlepszy efekt można uzyskać tylko pod warunkiem prawidłowej ich eksploatacji i dobrej obsługi technicznej oraz po zdobyciu odpowiedniej praktyki w liczeniu.

W rozdziale II opisana jest metodyka przygotowywania i wykonywania obliczeń przy pomocy klawiszowych maszyn matematycznych.

Zastosowanie urządzeń liczących, w tej liczbie i klawiszowych maszyn liczących, wymaga ścisłego sformułowania matematycznego i logicznego obliczenia, opracowanie algorytmu i programu obliczeń.

Zapis programu rozwiązania do specjalnego blankietu obliczeniowego zwalnia liczącego od konieczności śledzenia za kolejnością operacji matematycznych i logicznych i zezwala na koncentrowanie uwagi na prawidłowości wykonywania samych operacji i kontrolę obliczeń.

Oprócz tego, w rozdziale rozpatrzono zagadnienia kontroli zależności matematycznych i danych wyjściowych w celu określenia wymiarowości wyniku końcowego.

Omówiono również znaczenie stopnia dokładności danych wyjściowych i jego wpływ na dokładność wyniku końcowego. Podane są też zalecenia odnośnie prowadzenia kontroli obliczeń bezpośrednich i sprawdzanie wyników końcowych.

W oddzielnym paragrafie omówione są podstawowe zasady obliczeń przybliżonych i przytoczone są programy obliczeń najczęściej spotykanych w obliczeniach funkcji.

W rozdziale III podany jest opis matematyczny obliczeń: operacyjno-taktycznych, nawigacyjnych, geodezyjnych, inżyniersko-operacyjnych, operacyjno-tyłowych i z radio-przeciwdziałania.

W załącznikach do poradnika, które są wydane oddzielnie, przytoczone są blankiety obliczeniowe z przykładami rozwiązań typowych programów obliczeń.

Jednym z podstawowych celów poradnika jest próba typizacji obliczeń, zarówno z punktu widzenia ich ustawienia matematycznego, co jest bardzo ważne, jak i z punktu widzenia opracowania programów standartowych i ich wykonywania przy optymalnej ilości niezbędnych operacji obliczeniowych.

Przy wprowadzeniu nowych zadań obliczeniowych i ulepszonych metod rozwiązywania znanych już obliczeń, celem jest je także doprowadzać do typowej postaci, co zezwoli na wykonywanie we wszystkich jednostkach i związkach Wojsk Lotniczych obliczeń według ustalonego sposobu standartowego.

Poradnik przeznaczony jest dla oficerów sztabów, służb i oddziałów związków i jednostek Wojsk Lotniczych.

## ROZDZIAŁ I

### KRÓTKIE WIADOMOŚCI O KLAWISZOWYCH MASZYNACH DO LICZENIA

#### § 1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA KLAWISZOWYCH MASZYN DO LICZENIA

Klawiszowe maszyny do liczenia są technicznym środkiem małej mechanizacji prac obliczeniowych. W połączeniu z perforacyjnymi maszynami do liczenia stanowią one zespół technicznych środków średniej mechanizacji.

Zgodnie z klasyfikacją opartą na zasadzie głównych zadań arytmetycznych, wykonywanych przez maszynę, klawiszowe maszyny do liczenia dzielą się na dwie grupy:

1. Sumujące maszyny do liczenia.
2. Obliczające maszyny do liczenia.

Sumujące maszyny do liczenia przeznaczone są przeważnie do dodawania i odejmowania, i dzielą się na zasadniczo niżej wymienione klasy.

1. Sumujące wieloklawiszowe maszyny bez zapisu liczb, zasadniczą zaletą których jest możliwość szybkiego opanowania pracy "ślepa" metodą, a cechą ujemną - konieczność ręcznego zapisu liczb.

2. Sumujące dziesięcioklawiszowe maszyny z zapisem liczb. Opanowanie pracy na tych maszynach "ślepa" metodą jest łatwiejsze, aniżeli w poprzednim wypadku. Możliwość samoczynnego zapisu liczb na taśmie, a w szczególności na blankiecie, jeśli posiadają one szerokie karetki ruchome, dają maszynom tej klasy istotną przewagę w porównaniu do sumujących maszyn do liczenia bez zapisu.

Maszyny tych klas należy używać do wykonywania takich prac obliczających, które związane są z dużą ilością operacji dodawania i odejmowania. Przy tym mogą być one wykorzystane do wykonywania stosunkowo niedużej ilości mnożeń i dzielen /mnożenia i dzielenia nie są wykonywane samoczynnie/.

Szerokie rozpowszechnienie otrzymały dziesięcioklawiszowe maszyny sumujące z zapisem liczb na taśmie /SDM-107, AES/ i na blankiecie /SDM-133, AES We/, które zaliczane są

do lepszych wzorów współczesnych sumujących maszyn do liczenia w swojej klasie.

3. Sumujące dziesięcioklawiszowe maszyny tekstowe /cyfrowo-literowe maszyny buohalteryjne/, posiadają obok cyfr klawiaturę literowo-tekstową. Maszyny te przeznaczone są do wykonywania prac, wymagających zapisu cyfr i tekstu literowego z jednoczesnym sumowaniem liczb w kolumnach i wierszach dokumentu. Mogą być one wykorzystywane dla mechanizacji prac ewidencyjnych, zestawiania sprawozdań i różnego rodzaju dokumentów: meldunków, sprawozdań, zaświadczeń, zestawień itp.

Obecnie szeroko stosowane są maszyny tej klasy, takie jak SR-22, SR-34, SR-42, SR-54 i "Astra" model 107-170. Maszyna SR-42 wyposażona jest w urządzenie samoczynnego perforowania treści opracowywanego dokumentu na perforowaną taśmę telegraficzną, a SR-54 posiada urządzenie do połączenia z perforatorem kart. Oprócz tego maszyny tej klasy mogą posiadać urządzenia do programowania, za pomocą którego dane wyjściowe do maszyny będą wprowadzane automatycznie.

Wyposażenie maszyn w te urządzenia zezwala na szerokie zastosowanie w połączeniu z perforacyjnymi maszynami do liczenia i liniami łączności do zespolonej mechanizacji prac obliczających z samoczynnym przekazaniem informacji.

Obliczające maszyny do liczenia przeznaczone są przede wszystkim do wykonywania mnożenia i dzielenia lub tylko mnożenia. Odpowiednio z zasadą głównie wykonywanych przez nie działań arytmetycznych obliczające maszyny do liczenia sklasyfikowane są w następujący sposób:

- dźwigniowe maszyny obliczające /arytmometry/;
- obliczające dziesięcioklawiszowe maszyny bez zapisu /półautomatyczne i automatyczne/;
- obliczające dziesięcioklawiszowe maszyny z zapisem;
- obliczające wieloklawiszowe maszyny bez zapisu /półautomatyczne i automatyczne/;
- obliczające dziesięcioklawiszowe maszyny tekstowe /maszyny do fakturowania/.

Dźwigniowe maszyny obliczające są maszynami prostymi i dlatego nie mogą być uważane za współczesne, jednocześnie jak i dziesięcioklawiszowe bez zapisu, przedstawiają sobą w istocie, udoskonalone arytmometry.

Obliczające dziesięcioklawiszowe maszyny z zapisem najwygodniej używać do niektórych specjalnych obliczeń, związanych z zapisem wyników na specjalnych blankietach.

Obliczające wieloklawiszowe maszyny bez zapisu są uniwersalnymi w zastosowaniu i zezwalają zwiększyć prędkość wykonywania prac obliczających w porównaniu z ręcznym obliczaniem o 2,5-3 raza i więcej, najbardziej doskonałe z nich wykonują wszystkie cztery działania arytmetyczne całkowicie samoczynnie. Obecnie szeroko stosuje się wieloklawiszowe maszyny obliczające typów WMM-2, SAR-20, R-44sm.

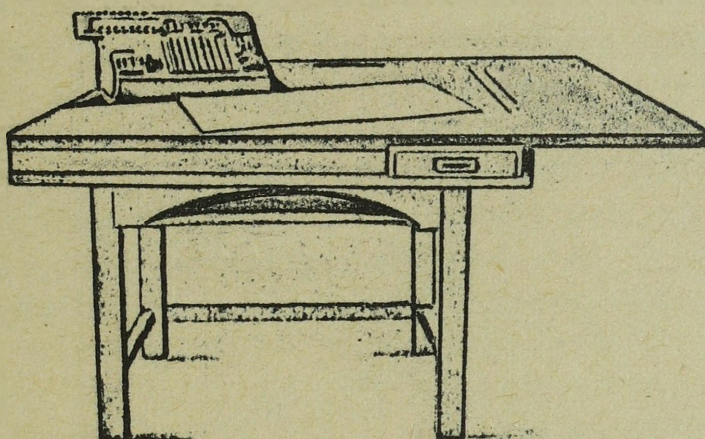
Maszyny do fakturowania przeznaczone są do zestawiania dokumentów, w których obok zapisu, tekstów i liczb wymagane jest dodawanie, odejmowanie i mnożenie. Zastosowanie maszyn do fakturowania zezwala na mechanizację pracy w sporządzaniu dokumentów w oryginale, wykresów, sprawozdań, dokumentów zestawowych, dokumentów ewidencyjnych, wykazów etatów, różnych finansowych kosztorysów itp.

W obecnym czasie szeroko stosowane są maszyny do fakturowania WA-346m i różne typy takich marek, jak FMR, FMSR, FMEL. Maszyna FMEL-Sz posiada wbudowany perforator taśm telegraficznych.

Zastosowanie klawiszowych maszyn do liczenia dla mechanizacji prac obliczeniowych odpowiednio z przeznaczeniem i możliwościami każdej klasy maszyn, a także zespołowe ich wykorzystanie zezwala na znaczne skrócenie czasu wykonywania obliczeń i zwiększenie jakości. Jednak najbardziej pełny efekt w zastosowaniu klawiszowych maszyn do liczenia może być osiągnięty przy istnieniu należytej organizacji obsługi technicznej maszyn, przy przestrzeganiu zasad obchodzenia się z nimi i umiejętnej ich eksploatacji, choć same maszyny są dostatecznie trwałe i niezawodne w pracy. Należy również stworzyć określone minimum wygód przy rozmieszczeniu maszyn w ośrodku obliczającym.

W stacjonarnych warunkach ośrodek obliczający powinien być rozmieszczony w oddzielnym pomieszczeniu, wyposażony w standardowe stoły obliczające /zgodnie z ilością maszyn/

z nachylonymi blatami  $10-15^{\circ}$  z otworem pod maszyny w lewym górnym rogu /rys.1/. W pobliżu każdego stołu powinny być dwa gniazdko wtykowe: jedno dla elektrycznego zasilania maszyny, a drugie dla włączenia lampy stołowej.



Rys.1. Specjalny stół do pracy na klawiszowych maszynach do liczenia.

Dla elektrycznego zasilania maszyn może być wykorzystana elektryczna sieć oświetleniowa prądu zmiennego o napięciu 127 lub 220 wolt lub sieć siłowa o tym samym napięciu prądu elektrycznego. Przy tym wykorzystanie sieci siłowej jest wygodniejsze, ponieważ w niej występują mniejsze wahania napięć, w związku z czym maszyny pracować będą bardziej stabilnie.

Pomieszczenie dodatkowo powinno być wyposażone w skrytki lub szafy do przechowywania blankietów obliczeniowych, różnych tabel i instrukcji, wykorzystywanych w czasie obliczeń. Ponadto należy mieć dwa - trzy stoły kreślarskie, dwa - trzy komplety przyborów kreślarskich, linijki, komplet szablonów /krzywków/ itp. niezbędnych dla sporządzania różnego rodzaju wykresów i nomogramów.

W krańcowych przypadkach dla pracy na maszynach do liczenia można wykorzystać zwykłe stoły kancelaryjne.

W warunkach polowych dla rozmieszczenia całego zestawu ośrodka obliczającego może być wykorzystany specjalny transport samochodowy.

Nie duże gabaryty i mały ciężar maszyn do liczenia zezwalają na urządzenie ośrodka obliczeniowego w standardowych samochodach sztabowych. W tym celu w samochodzie nieruchomo umocowuje się dwa - trzy stoły specjalne lub zwykłe kancelaryjne. W pobliżu każdego stołu, jak w warunkach stacjonarnych, montuje się dwa gniazdka wtykowe. Prace obliczające przy umieszczeniu maszyn do liczenia w samochodach mogą być wykonywane w czasie postojów, wykorzystując dla elektrycznego zasilania maszyn do liczenia różnego rodzaju ruchome agregaty zasilające o napięciu od 110 do 220 wolt prądu stałego lub zmiennego. Pożądanym jest, aby wahania napięć tych agregatów nie przewyższały  $\pm 10\%$  normalnego.

Przy scentralizowanym, a w oddzielnych wypadkach i zdecentralizowanym wykorzystaniu maszyn do liczenia w warunkach polowych, może być zorganizowane autonomiczne zasilanie maszyn od baterii akumulatorów.

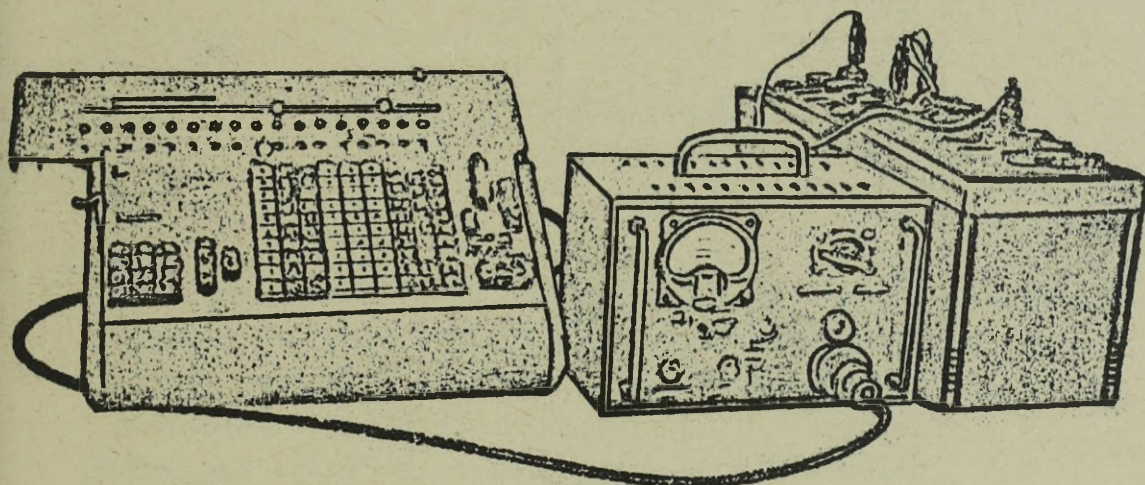
Daje to następujące zalety:

- zezwala na użytkowanie maszyn do liczenia niezależnie od rozwijania sieci elektrycznej na stanowisku dowodzenia;

- wyklucza wpływ zmian napięć występujących w sieci elektrycznej na pracę maszyn do liczenia;

- zezwala na użytkowanie maszyn do liczenia w dowolnym okresie doby, w tym i w dzień, gdy większa część elektrowni polowych nie pracuje. Ze względów zrozumiałych, wykorzystanie elektrowni polowych o mocy 10-20 kilowatów, tylko dla zasilania pięciu - sześciu maszyn do liczenia jest niewygodne i nieekonomiczne.

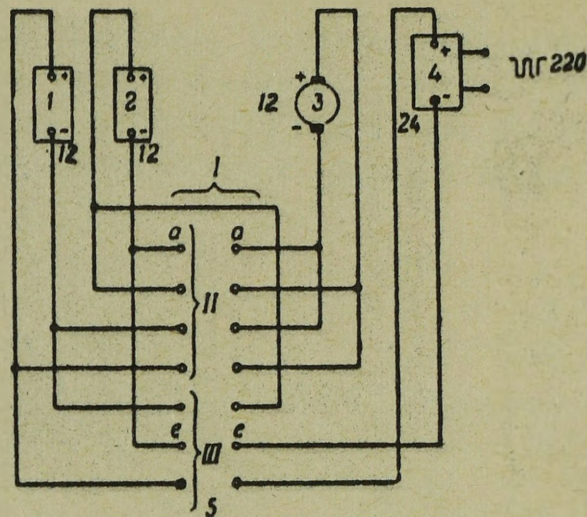
W celu zorganizowania autonomicznego zasilania maszyn do liczenia należy posiadać przetwornicę prądu stałego PPT-2, dającą na wyjściu 220 wolt prądu zmiennego, samochodowe lub samolotowe akumulatory o napięciu całkowitym 24 wolt /rys.2/.



Rys.2. Przetwornica PPT-2 dla autonomicznego zasilania maszyny do liczenia.

Czas pracy maszyny do liczenia zasilanej od akumulatora zależy od typu akumulatora, ilości maszyn i warunków ich użytkowania. Jeśli wykorzystuje się akumulator samolotowy o napięciu 24 wolt, to należy ustawić go w samochodzie i podłączyć do maszyny liczącej przez przetwornicę prądu stałego PPT-2.

W czasie organizowania autonomicznego zasilania od samochodowego akumulatora, w samochodzie należy dodatkowo ustawić jeszcze jeden 12-woltowy akumulator tego samego typu i podłączyć je według schematu, pokazanego na rys. 3, przez przełącznik z generatorem i przetwornicą prądu stałego PPT-2.



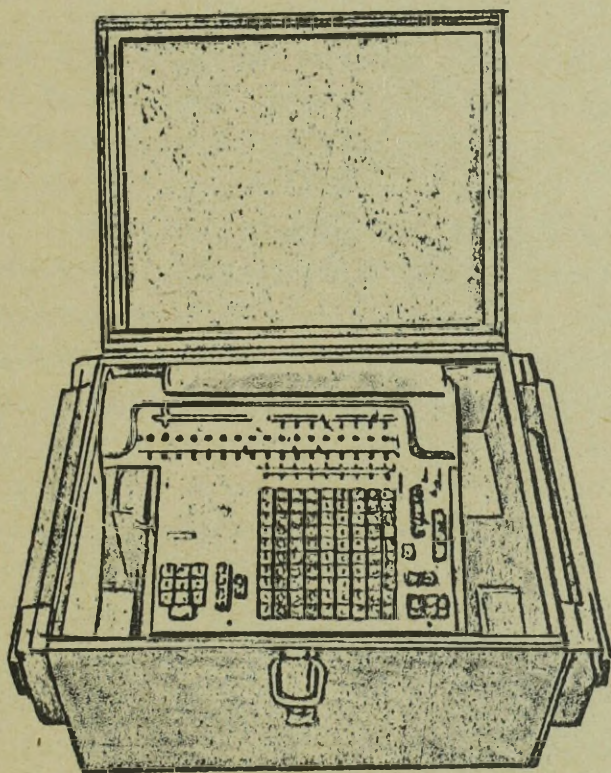
Rys. 3. Schemat podłączenia dodatkowego akumulatora i przetwornicy prądu stałego PPT-2 do elektrycznej sieci samochodu: 1 - tablicowy akumulator, 2 - dodatkowy akumulator, 3 - generator samochodu, 4 - przetwornica prądu stałego PPT-2, 5 - przełącznik.

U w a g a : I położenie - wszystkie zaciski rozwarte,  
II położenie - zaciski a-a, b-b, w-w, g-g  
zwarte,  
III położenie - zaciski d-d, e-e, z-z  
zwarte.

Przełącznik służy dla równoległego lub szeregowego włączenia akumulatora do sieci z generatorem samochodu i przetwornicą prądu stałego PPT-2. Zezwala to, przy szeregowym włączeniu zasilać maszyny do ładowania od akumulatora przez przetwornicę prądu stałego PPT-2, a przy równoległym włączeniu wykonywać doładowanie akumulatorów od generatora podczas jazdy samochodem.

Obliczenia i przeprowadzone doświadczenia wskazują, że zapas energii elektrycznej dwóch akumulatorów samochodowych typu 6 ST-68 wystarczy na zasilanie czterech - pięciu maszyn do ładowania w ciągu czterech - siedmiu dób przy ich normalnych warunkach pracy.

Samolotowe i lotniskowe akumulatory różnych typów posiadają dużą pojemność. Jako zasada, jeden samolotowy akumulator zapewnia normalną pracę czterech - pięciu maszyn do liczenia w ciągu pięciu - ośmiu dób. Doładowanie tych akumulatorów należy wykonywać w specjalnych stacjach ładowania akumulatorów. Transport maszyn liczących podczas przebazowania dokonywany jest w specjalnych skrzyniach /rys.4/, które umocowuje się w samochodach na amortyzatorach celem zabezpieczenia maszyn od uszkodzeń.



Rys.4. Maszyna do liczenia typu SAR-20 w skrzyni transportowej.

W okresach chłodnych pór roku samochody powinny być ogrzewane.

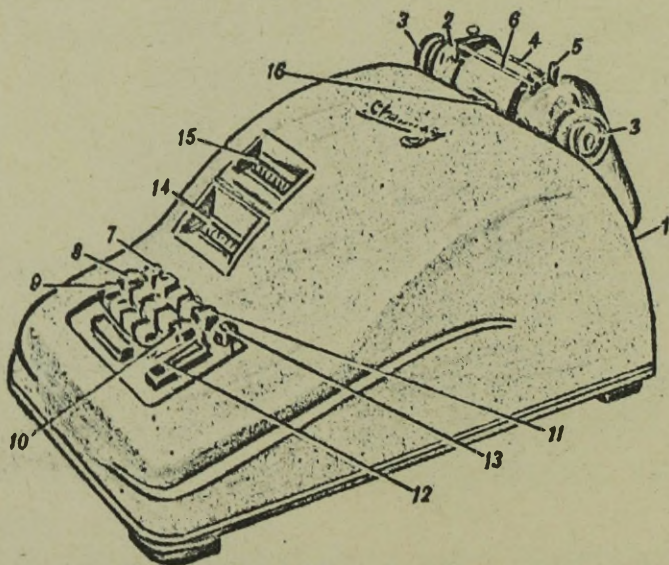
W obecnym czasie w wojskach lotniczych nie są stosowane wszystkie w/w maszyny do liczenia. Ze względu na to w dalszej części tego podręcznika będą rozpatrywane jedynie zagadnienia użycia tych maszyn, które są lub będą w związkach operacyjnych i taktycznych oraz oddziałach lotniczych /dziesięcioklawiszowe maszyny sumujące z zapisem liczb na taśmie AES i obliczające wieloklawiszowe maszyny bez zapisu typu SAR-20 i R-44sm/ i podane niektóre właściwości maszyn SDM-107 i WMM-2.

## § 2. ZASTOSOWANIE DZIESIECIOKLAWISZOWYCH MASZYN SUMUJACYCH

### DZIESIECIOKLAWISZOWA MASZYNA SUMUJACA TYPU AES Z ZAPISEM LICZB

/rys. 5/

Dziesięcioklawiszowa maszyna sumująca typu AES przedstawia sobą maszynę o dwóch okresach pracy: w pierwszym okresie wykonuje się nastawienie liczb na klawiaturze /tastatorze/, a w drugim - ruch roboczy, w ciągu którego liczby przekazywane są do mechanizmu liczącego i drukowane na taśmie papierowej. Właściwościami jej to łatwość przenoszenia i wygodne rozmieszczenie klawiatury. Maszyna służy przeważnie do sumowania i odejmowania liczb, które drukowane są w jednej kolumnie na taśmie papierowej.



Rys. 5. Dziesięcioklawiszowa maszyna sumująca typu

- AES:
- 1 - osłona maszyny;
  - 2 - gumowy wałek drukarski;
  - 3 - pokrętła do ręcznego obracania wałka drukarskiego;
  - 4 - dźwignia uwolnienia papieru;
  - 5 - dźwignia przełączenia odstępu;

- 6 - listewka do obrywania papieru;
- 7 - klawisz kasowania klawiatury i uwolnienia klawisza powtarzania;
- 8 - klawisz powtarzania;
- 9 - klawisz wyłączenia mechanizmu liczącego;
- 10 - klawisz pośrednich wyników;
- 11 - klawisz ostatecznych/ogólnych/wyników;
- 12 - klawisz dodawania;
- 13 - klawisz odejmowania;
- 14 - kontrolny mechanizm nastawiania liczb;
- 15 - licznik ostatecznych wyników;
- 16 - dźwignia wyłączenia druku.

W maszynie ustawiony jest dziesięciorzędowy licznik ostatecznych wyników /15/ z widocznymi kółkami cyfrowymi, zezwalający na wykonywanie odejmowania liczb prostych i otrzymanie ujemnej różnicy /saldo/ w postaci prostych, a nie dopełniających liczb. Dla ustawienia liczb, którymi wykonuje się działania arytmetyczne, maszyna posiada dziesięć cyfrowanych klawiszy, oznaczonych od 0 do 9. Dla sprawdzenia prawidłowego nastawienia liczb na klawiaturze, przeznaczony jest kontrolny mechanizm nastawiania liczb /14/, w okienkach którego w potrzebnych rzędach ukazują się cyfry po naciśnięciu odpowiednich cyfrowanych klawiszy. Nieprawidłowo ustawiona liczba, jeśli ona nie została przekazana jeszcze do mechanizmu liczącego, może być skasowana przez naciśnięcie klawisza /7/.

Aby nastawioną liczbę dodać do liczby, znajdującej się w liczniku ostatecznych wyników /15/, należy nacisnąć klawisz dodawania /12/, a dla odjęcia jej - klawisz odejmowania /13/. Przy naciśnięciu klawiszy /12/ /dodawanie/ i /13/ /odejmowanie/ przekazywane z mechanizmu nastawczego do mechanizmu liczącego liczby, drukowane są jednocześnie na taśmie papierowej, jeśli dźwignia wyłączenia druku /16/ znajduje się w lewym położeniu. Przy tym odejmowane liczby drukowane są ze znakiem "-" minus z prawej strony samej liczby. Gdy w czasie obliczeń potrzebny jest pośredni wynik, to należy nacisnąć na klawisz pośrednich wyników /10/.

W tym wypadku, jeżeli do maszyn założono dwubarwną taśmę, zsumowane wyniki pośrednie drukowane są czarnym kolorem ze znakiem "romb" z prawej strony liczby, a ujemne - ozerwonym kolorem z tym samym znakiem. W obu wypadkach zarejestrowana w liczniku ostatecznych wyników /15/ liczba nie zostaje skasowana. Nastawiając na klawiaturze kolejne liczby, można przedłużać rejestrację wzrastających wyników. Dla wydrukowania ostatecznego wyniku wszystkich wprowadzonych grup liczb należy nacisnąć na klawisz ostatecznych /ogólnych/ wyników /11/. Ogólne wyniki, dodatnie i ujemne, drukowane są ze znakiem "gwiazdka" z prawej strony liczb, przy czym dodatnie - czarnym kolorem, ujemne - ozerwonym, a wskazania licznika ostatecznych wyników /15/ zostają skasowane.

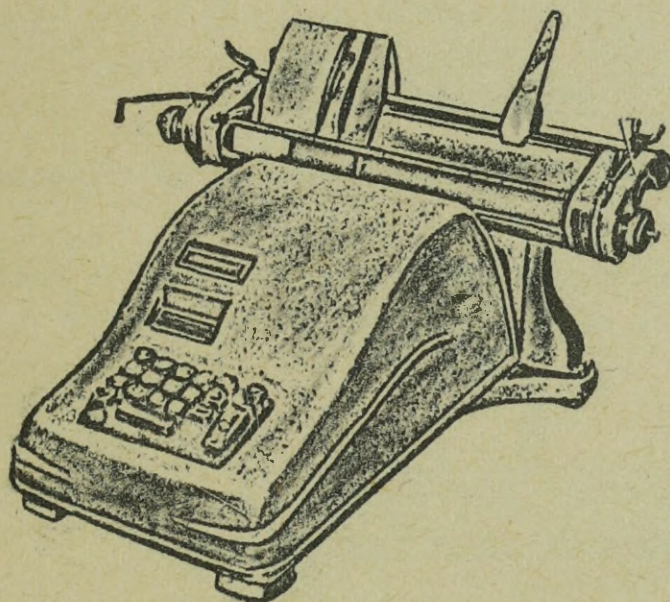
W razie potrzeby wielokrotnego wprowadzenia jednej i tej samej liczby do licznika wyników, to należy nastawić liczbę na cyfrowej klawiaturze i nastawienie jej utrwalić przez naciśnięcie klawisza powtarzania /8/, po czym nacisnąć klawisz dodawania /12/ lub odejmowania /13/ tyle razy, ile razy ta liczba powinna być przekazana do licznika wyników z potrzebnym znakiem. Po zakończeniu operacji klawisz powtarzania /8/ ustawić w położenie wyjściowe przez naciśnięcie klawisza /7/ kasowania klawiatury i uwolnienia klawisza powtarzania.

Jeśli liczba przeznaczona jest tylko do wydrukowania, będąc jedynie cechą grupy liczb, to po nastawieniu jej należy nacisnąć klawisz /9/ włączenia mechanizmu liczącego "nie liczyc", przy tym będzie ona wydrukowana ze znakiem #, bez przekazania do licznika ostatecznych wyników /15/.

Maszyna posiada wałek gumowy /2/, zezwalający na drukowanie liczb na taśmie papierowej o szerokości do 60mm. Po wydrukowaniu liczby wałek gumowy samoczynnie przekręca się i przesuwają papier o jeden odstęp. Skok odstępu ustawia się za pomocą dźwigni /5/ przełączenia odstępu, która posiada trzy położenia. Przy ustawieniu dźwigni w położenie zero przekręcenie wałka /2/ i podanie taśmy papierowej zostają wyłączone. Zazwyczaj wykorzystywane jest to wówczas, gdy podczas wykonywania obliczeń nie ma potrzeby drukowania liczb. Przesunięcie papieru do przodu lub do tyłu, w razie potrzeby, może być wykonane ręcznie, przez

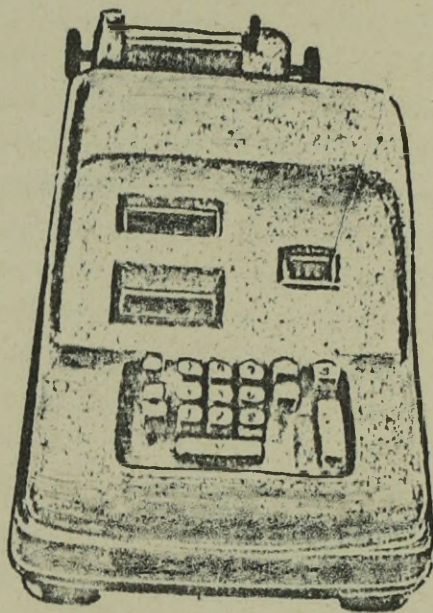
obracanie pokrętła /3/. Jeżeli trzeba poprawić taśmę papierową, uwalnia się ją, przesuwając dźwignię /4/ ku dołowi. Dla wygody obrywania papieru służy zębata listewka /6/.

Maszyna AES We analogiczna jest do maszyny AES, jedynie w miejsce drukarskiego wałka /2/ posiada szeroką karetkę ruchomą, podobną do karetki znajdującej się w maszynie do pisania /rys.6/.



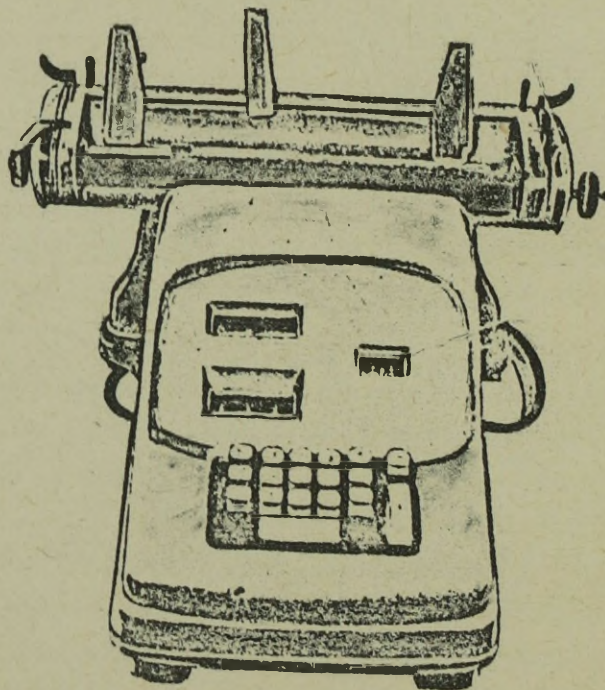
Rys.6. Dziesięcioklawiszowa maszyna do liczenia typu AES We.

Dziesięcioklawiszowa maszyna do liczenia SDM-107 /rys. 7/ w odróżnieniu od AES posiada pięciokienkowy licznik obrotów. Obecność tego licznika znacznie ułatwia wykonywanie mnożenia za pomocą tej maszyny.



Rys.7. Dziesięcioklawiszowa maszyna do liczenia typu SDM-107.

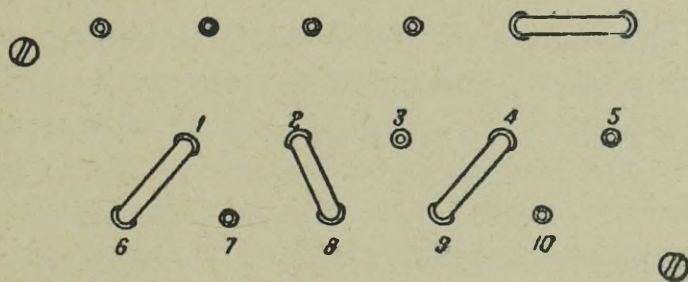
Maszyna do liczenia SDM 133 podobna jest do maszyny AES We 1 posiada szeroką kartkę ruhomą /rys.8/.



Rys.8. Dziesięcioklawiszowa maszyna do liczenia typu SDM-133.

PRZYGOTOWANIE MASZYNY TYPU AES DO PRACY

Napęd mechanizmów maszyny dokonywany jest za pomocą silnika elektrycznego o mocy 25 wat, który pracuje na prąd zmienny i stały od 110 do 220 wolt po uprzednim przełączeniu. Przed włączeniem maszyny do sieci, należy uprzednio sprawdzić rodzaj prądu i napięcia, na które ustawiony jest silnik elektryczny maszyny oraz rodzaj prądu i napięcie w sieci w miejscu pracy maszyny. W wypadku ich niezgodności należy wykonać odpowiednie przełączenie na tablicy rozdzielczej, umieszczonej pod osłoną maszyny do liczenia /rys.9/. Tablica rozdzielcza posiada gniazdzka mosiężne, które parami łączy się za pomocą sprzęgła łącznikowego zgodnie z tabelką /patrz tabelka/, umocowaną na wewnętrznej stronie osłony.



Rys.9. Przykład włączenia silnika elektrycznego na napięcie 220 V prądu zmiennego.

Tabela przełączeń silnika elektrycznego.

Napięcie sieci, wolt	Rodzaj prądu					
	zmienny / ~ /			stały / = /		
110	1-6	3-4	5-10	1-6	3-4	5-10
120	1-2	4-5	9-10	1-6	3-8	5-10
130	1-6	3-8	5-10	1-7	2-8	9-10
160	1-6	3-8	4-9	1-6	3-8	4-5
200	1-6	3-8	4-9	1-2	8-9	4-10
220	1-6	2-8	4-9	1-6	8-9	4-10

Po przełączeniu silnika elektrycznego należy sprawdzić ilość obrotów maszyny znajdującej się pod prądem. W tym celu włączyć maszynę do sieci elektrycznej i ustawić na cyfrowej klawiaturze cyfrę 1, utrwalając ją przez naciśnięcie klawisza /8/ powtarzania /patrz rys.5/. Następnie

naciśnąć klawisz /12/ dodawania i utrzymywać go w takim położeniu w ciągu 1 minuty. Po upływie tego czasu licznik /15/ ostatecznych wyników powinien wskazać liczbę obrotów wałka, obrotów maszyny, równą 130-140 na minutę. Przy znacznym odchyleniu wskazań licznika od podanego zakresu należy sprawdzić, czy prawidłowo wykonane jest przełączenie silnika elektrycznego.

Porządek zmiany taśmy papierowej i taśmy do drukowania liczb zazwyczaj podany jest w instrukcji fabrycznej dotyczącej technicznego użytkowania maszyny do liczenia.

#### SPRAWDZENIE PRAWIDŁOWOŚCI OBLICZEŃ WYKONYWANYCH PRZEZ MASZYNĘ

Przed przystąpieniem do sprawdzenia prawidłowości obliczeń wykonywanych przez maszynę należy wszystkie jej mechanizmy ustawić w położenie wyjściowe: skasować wskazania licznika i nastawienie liczb na ocyfrowanej klawiaturze /jeśli w okienkach licznika ostatecznych wyników /15/ i kontrolnego mechanizmu ustawiania liczb /14/ nie ma zer/; przy tym wszystkie klawisze sterowania maszyną powinny być w położeniu podniesionym.

Sprawdzanie przeprowadza się drogą wykonania na maszynie kontrolnych działań arytmetycznych. W tym celu na ocyfrowanej klawiaturze należy nastawić i utrwalić klawiszem powtarzania /8/ /patrz rys.5/ liczbę 37 037 037. Liczbę tę trzykrotnie przekazać do licznika /15/ ostatecznych wyników przez naciśnięcie klawisza dodawania /12/, następnie nastawioną wartość należy skasować klawiszem /7/ i za pomocą klawisza pośrednich wyników /10/ rezultat zostanie wydrukowany na taśmie papierowej, który powinien być równy 1 111 111,<sup>11</sup>

ze znakiem „rombik” z prawej strony liczby. Następnie, nie kasując licznika wyników, na klawiaturze ponownie nastawić liczbę 37 037 037, po czym w sposób analogiczny należy przekazać ją trzykrotnie do licznika wyników, z kolei nastawioną wartość skasować i maszyna wydrukuje drugi pośredni wynik równy 2 222 222, 22. W taki sam sposób trzykrotne przekazanie do licznika ostatecznych wyników liczby 37 037 037 powtarza się jeszcze 7 razy z zapisem pośrednich wyników;

klawisz /8/ powtarzania zwalnia się i za pomocą klawisza /10/ maszyna drukuje ostatni pośredni wynik, równy 9 999 999, 99, nie kasując tego wyniku z licznika, należy nastawić jedynkę na klawiaturze i przekazać ją do licznika, a następnie przez naciśnięcie klawisza /11/ wydrukować ogólny wynik - liczbę 10 000 000, 00 ze znakiem "gwiazdka" z prawej strony liczby.

Po wykonaniu powyższego na klawiaturze nastawić zapisany ogólny wynik 10 000 000, 00, przekazać go do licznika i w takiej samej kolejności, jak podczas dodawania, nastawiając liczbę 37 037 037, wykonuje się sprawdzenie pracy maszyny na odejmowanie, po zakończeniu którego ogólny wynik powinien być równy zeru.

#### METODYKA I TECHNIKA NASTAWIANIA LICZB NA KLAWIATURZE

Nastawianie liczb na klawiaturze dziesięcioklawiszowych maszyn do liczenia wykonuje się "ślepa" metodą, to jest nie patrząc na klawiaturę. Metoda ta przyjęła się w praktyce pracy i zezwala operatorowi na ześrodkowanie całej uwagi na opracowywanym materiale, dzięki czemu zmniejsza się możliwość błędu podczas obliczeń, znacznie wzrasta wydajność i zmniejsza się zmęczenie operatora. Opanowanie pracy "ślepa" metodą nie następuje specjalnych trudności.

Pracować na klawiaturze maszyny AES można tak prawą jak i lewą ręką. Z punktu widzenia wyrabiania nawyków w szybkiej i bezbłędnej pracy prawa i lewa ręka są równoważnościowe /trening lewą ręką nie przedstawia specjalnych trudności/. Lecz, o ile wyniki obliczeń, wykonywanych na maszynie, powinny być wpisywane do dokumentu, o tyle bardziej celowe będzie wykonywanie pracy lewą ręką. Lewa ręka wykonuje wszystkie czynności, związane z nastawianiem i obliczaniem liczb, a prawą ręką przesuwać należy w dokumencie po liczbach, podlegających nastawieniu i zapisuje otrzymane na maszynie wyniki obliczeń. Taki bardziej lub mniej równomierny podział roboczych funkcji rąk operatora zezwala w sposób istotny zwiększyć jego wydajność w czasie pracy na maszynie do liczenia.

Nastawianie liczb na dziesięcioklawiszowej klawiaturze cyfrowej wykonuje się trzema palcami z wyznaczeniem

dla nich odpowiednich pionowych rzędów klawiszy:

- klawisze 1, 4 i 7 naciska się serdecznym palcem;
- klawisze 0, 2, 5 i 8 - środkowym palcem;
- klawisze 3, 6 i 9 - wskazującym palcem.

Nastawianie liczb wykonuje się nie przez naciskanie klawiszy, a oderwanym lekkim uderzeniem po nich z góry w dół. Liczby nastawia się na klawiaturze maszyny, zaczynając z wyższych rzędów, to jest w takiej kolejności, jak i przy ich zapisie. Zera, stojące na początku liczby przed znaczącymi cyframi, nie są nastawiane i maszyna nie drukuje ich.

Przy zapisie liczb na taśmie papierowej maszyna samoczynnie oddziela przecinkiem /kropką/ dwa ostatnie znaki, niezależnie od tego, czy jest to liczba całkowita czy też ułamek zaś każde następne trzy rzędy oddziela kropką.

#### WYKONYWANIE OBLICZEŃ NA MASZYNE

Przed rozpoczęciem obliczeń należy sprawdzić czy skasowana została klawiatura maszyny i w razie potrzeby skasować nastawienie klawiszem /7/. Jeżeli licznik /15/ również nie został skasowany, należy nacisnąć klawisz ostatecznych wyników /11/ i dopiero po tym przystąpić do obliczeń.

**DODAWANIE.** Dla wykonania dodawania na klawiaturze najpierw należy nastawić pierwszy składnik, który przez naciśnięcie na klawisz dodawania /12/ przekazany zostaje do licznika wyników /15/, gdzie utrwalony jest w ten sposób, że niższy rząd liczby przypada na niższy rząd licznika. Jednocześnie liczba ta wydrukowana zostaje na taśmie papierowej. Następnie w takim samym porządku nastawić i przekazać do licznika drugi i wszystkie kolejne składniki. Po zakończeniu dodawania zadanej grupy liczb w zależności od tego, jaki potrzebny jest wynik pośredni czy ostateczny naciska się klawisz /10/ lub /11/.

Jeśli zostanie naciśnięty klawisz /10/ maszyna wydrukuje pośredni wynik ze znakiem "rombik" z prawej strony i licznik nie będzie skasowany, poczym można wykonywać dalsze obliczenia z gromadzeniem w liczniku zwiększającego się wyniku. Jeżeli w trakcie obliczeń zostanie naciśnięty klawisz /11/, to maszyna wydrukuje ostateczny wynik ze znakiem "gwiazdka" z prawej strony i jednocześnie

skasuje wskazania licznika /15/. Następnie należy nastawić na klawiaturze pierwszy składnik następnej grupy liczb i obliczenia przedłużyć w tej samej kolejności.

W razie konieczności każda grupa liczb może być zapatrzona w znak cyfrowy /nr rubryk lub wiersza dokumentu, datę zestawienia dokumentu itp/. W tym celu przed nastawieniem pierwszego składnika danej grupy liczb na klawiaturze nastawia się liczbę, będącą znakiem tej grupy i przez naciśnięcie klawisza /9/ maszyna drukuje go na taśmie papierowej bez przekazywania liczby do licznika.

Dodawanie liczb ułamkowych wykonuje się tak samo, jak i całkowitych, lecz z zachowaniem niektórych dodatkowych reguł.

1. Przy dodawaniu liczb ułamkowych z różną ilością ułamkowych rzędów dziesiętnych po przecinku należy w czasie nastawiania wyrównać liczbę miejsc po przecinku zerami, to jest sprowadzić wszystkie ułamki dziesiętne do wspólnego mianownika.

2. Jeśli w dokumencie są liczby z ułamkami zwykłymi, to należy je uprzednio zamienić na ułamki dziesiętne i sprowadzić do wspólnego mianownika, a następnie wykonać dodawanie w zwykłej kolejności. Przy tym można posługiwać się tabelą zamiany ułamków zwykłych na dziesiętne.

3. Ilość znaków po przecinku w wyniku będzie równa ich ilości w tym składniku, w którym była ona największą.

W praktyce często istnieje potrzeba dokonywania wyboru liczb według określonych znaków i ich sumowania z zapisem grupowych wyników, a następnie sumowanie grupowych wyników z zapisem ogólnego wyniku. Wykonuje się to w następujący sposób: Na wstępie za pomocą klawisza wyłączenia mechanizmu liczącego /9/ zapisuje się pierwszy według kolejności znak, następnie oblicza się wszystkie wchodzące w jego grupę składniki i po naciśnięciu na klawisz ostatecznych wyników /11/ otrzymuje się na taśmie papierowej pierwszy grupowy wynik. W taki sam sposób otrzymuje się pozostałe grupowe wyniki. Po wpisaniu do dokumentu ostatniego grupowego wyniku sumuje się wszystkie wyniki z zapisem ogólnego wyniku na taśmie papierowej. Przy sumowaniu liczb dla otrzymania grupowych wyników, tak samo jak i podczas sumowania grupowych wyników

dla otrzymania ogólnego, zapis na taśmie papierowej może być wyłączony. Zapis powinien być włączony jedynie przed zdjęciem odpowiednio grupowych lub ogólnego wyniku.

Niekiedy może wyniknąć konieczność wykonania dodania liczb, których liczba znaków /miejsce/ przewyższa pojemność klawiatury i licznika. Wówczas operację tę wykonuje się w dwóch częściach. Początkowo wykonuje się dodawanie, na przykład, ośmiu rzędów, rozpoczynając od niższych rzędów. Następnie z licznika zdejmuje się i zapisuje tylko osiem niższych rzędów sumy, a pozostałe wyższe rzędy /większe wielkości/ ponownie nastawia się na klawiaturze i wykonuje ich zsumowanie wspólnie z pozostałymi wyższymi rzędami składników. Otrzymaną sumę wyższych rzędów dopisuje się z lewej strony zapisanej już części sumy niższych rzędów. W wyniku tego otrzymuje się ostateczny rezultat.

W czasie dodawania na maszynie, powinna być prowadzona kontrola prawidłowości otrzymanych wyników. W zależności od wykonywanej pracy kontrola prawidłowości dodawania może być dokonana w oparciu o jedną z następujących metod:

- a/ powtórne przeliczenie;
- b/ sprawdzenie otrzymanego wyniku z wynikiem kontrolnym;
- c/ porównanie zapisanych przez maszynę danych z danymi pierwotnego dokumentu;
- d/ metodą bilansu.

Zgodność wyników przy powtórnym przeliczeniu potwierdza prawidłowość obliczenia. Jeśli w czasie powtórnej przeliczenia wyniki nie są zgodne należy po raz trzeci wykonać obliczenie. W razie zgodności wyniku trzeciego przeliczenia z jednym z otrzymanych poprzednio wyników, może on być przyjęty za prawidłowy. Jeśli i tym razem nie będzie zgodności, należy uciec się do sprawdzenia składników, zapisanych przez maszynę na taśmie, z liczbami pierwotnego dokumentu.

Jeśli w pierwotnym dokumencie jest końcowy wynik, to kontrolę wykonuje się przez porównanie z nim wyniku, otrzymanego na maszynie. W wypadku ich niezgodności należy wykonać powtórne przeliczenie, a jeśli one przy tym ponownie

nie pokrywają się, należy dokonać, jak i w pierwszym wypadku przeliczenia składników zapisanych przez maszynę z liczbami wyjściowego dokumentu.

Przy dodawaniu dużej ilości liczb zaleca się je podczas sprawdzania podzielić na kilka grup z otrzymaniem pośrednich wyników dla każdej grupy. Umożliwia to szybsze wykrycie błędów.

Podczas obliczania materiałów tabelarnych kontrolę dokonuje się metodą bilansowania wyniku kolumn pionowych /rubryk/ i wierszy poziomych. Wynik sum kolumn pionowych przy prawidłowych obliczeniach powinien zgadzać się z wynikiem sum wierszy poziomych.

Poprawienie wykrytych błędów operatora podczas dodawania liczb wykonuje się w następujący sposób.

Jeśli błąd zauważony został podczas nastawiania przed przekazaniem liczby do licznika, to nastawienie kasuje się i powtarza ponownie. Jeżeli natomiast błąd wykryty został po przekazaniu liczby do licznika, poprawia się go po odjęciu nieprawidłowo nastawionej liczby i przez ponowne nastawienie prawidłowej liczby. Przy tym błędnie nastawioną liczbę odejmuje się w całości i tak samo w całości nastawia prawidłową liczbę. Nie należy obliczać w pamięci i odejmować lub dodawać pamięciowo różnicy między prawidłowo i błędnie nastawioną liczbą, gdyż może to spowodować nowy błąd.

Jeżeli błąd został stwierdzony po otrzymaniu wyniku, to należy na klawiaturze nastawić wynik sumy, przekazać do licznika i odjąć od niego nieprawidłowo nastawioną liczbę, dodać prawidłową liczbę i następnie otrzyma się prawidłowy wynik.

**ODEJMOWANIE.** Po doprowadzeniu maszyny do położenia wyjściowego na cyfrowej klawiaturze w zwykłej kolejności należy nastawić odjemną, którą z kolei za pomocą klawisza dodawania /12/ przekazać do licznika i wydrukować na papierze. W sposób analogiczny nastawić odjemnik, przekazać go do licznika przez naciśnięcie klawisza odejmowania /13/ i wydrukować na taśmie papierowej ze znakiem "-" z prawej strony liczby. Przy założonej do maszyny taśmie dwukolorowej odjemnik wydrukowany zostanie kolorem czerwonym. Jeśli otrzymany w liczniku wynik jest ostateczny, to jego różni-

oę drukuje się na taśmie papierowej za pomocą klawisza ostatecznych wyników /11/, przy tym wynik w liczniku zostanie skasowany. Z prawej strony liczby będzie wydrukowany znak "gwiazdka". Natomiast jeśli otrzymana różnica potrzebna będzie do dalszych obliczeń, to może być ona wydrukowana przez naciśnięcie na klawisz pośrednich wyników /10/ ze znakiem "rombik" z prawej strony liczby. W tym wypadku licznik nie będzie skasowany.

Dzięki istnieniu saldującego licznika w maszynie można wykonywać odejmowanie liczby większej od mniejszej z otrzymaniem ujemnej różnicy w postaci liczby prostej, a nie jej arytmetycznego dopełnienia.

Licznik /15/ maszyny wskazuje ujemną różnicę w postaci arytmetycznego dopełnienia; podczas drukowania ujemnej liczby mechanizm saldujący zapewnia samoczynne dodanie jedności do jej niższego rzędu i dokonuje przestawienia dopełniającej liczby w prostą.<sup>x/</sup>

Tym samym, technika wykonania na maszynie AES dowolnych ilości kolejnych dodawań i odejmowań niczym nie różni się od odpowiednich metod pracy przy dodawaniu dużej ilości liczb dodatnich.

Kontrola prawidłowości odejmowania wykonywana jest bądź przez powtórzenie wykonanych czynności, bądź przez porównanie danych, zapisanych przez maszynę, z danymi pierwotnego dokumentu.

Jeżeli błąd wykryty został podczas nastawiania przed przekazaniem liczby do licznika, to tak samo, jak i w wypadku dodawania, należy skasować nastawienie i ponownie nastawić prawidłową liczbę. Natomiast, gdy błąd wykryto po przekazaniu liczby do licznika, to nieprawidłowo nastawiony i przekazany do licznika odjemnik należy ponownie nastawić na klawiaturze i przekazać do licznika ze znakiem "plus", a następnie nastawić prawidłowy odjemnik i zwykłym sposobem przekazać do licznika ze znakiem "-".

---

x/ Pod pojęciem arytmetycznego dopełnienia liczby należy rozumieć różnicę między tą liczbą i jednostką wyższego rzędu. Przy określaniu arytmetycznego dopełnienia liczby każdą cyfrę tej liczby dopełnia się do 9, a cyfrę niższego rzędu do 10.

**MNOŻENIE.** Przez zastosowanie metod kolejnych dodawań, na maszynie AES można wykonywać mnożenie liczb.

W celu wykonania mnożenia trzeba mnożną nastawić na klawiaturze i utrwalić klawiszem powtarzania /8/, po czym za pomocą klawisza dodawania /12/ przekazać ją do licznika tyle razy, ile jednostek znajduje się w cyfrze każdego rzędu mnożnika. Ze względu na to dla skrócenia procesu mnożenia za mnożnik należy przyjmować mniejszy z czynników.

Mnożenie rozpoczyna się z niższego rzędu mnożnika. Przy przejściu do wyższego rzędu mnożnika, do mnożnej na klawiaturze każdy raz z prawej strony dodaje się zero. Jeśli mnożnik zakończony jest zerami, to przed mnożeniem przez niższą znaczącą cyfrę naciska się klawisz 0 tyle razy, ile jest w mnożniku po mniejszej znaczącej cyfrze. Gdy mnożnik zawiera zera w środku, to po przemnożeniu na umieszczone z prawej strony znaczące cyfry należy nastawić na klawiaturze tyle zer, ile jest ich między znaczącymi cyframi mnożnika i dodatkowo jeszcze jedno zero, które zawsze dodaje się przy przejściu do wyższego rzędu.

Po ostatnim przekazaniu mnożnej do licznika klawiaturę kasuje się za pomocą klawisza /7/.

Aby wydrukować otrzymany iloczyn, należy nacisnąć klawisz ostatecznych wyników /11/ lub klawisz pośrednich wyników /10/ w zależności od tego, czy potrzebne będzie lub nie w trakcie dalszych obliczeń kasowanie licznika /15/.

Mnożenie liczb ułamkowych wykonuje się tak samo, jak i całkowitych. Miejsce przecinka w iloczynie określa się według znanych zasad /patrz § 3 tego rozdziału/.

Skrócenie procesu mnożenia na maszynie sumującej osiąga się przez zastosowanie, tak zwanego sposobu kolejnych dodatnich i ujemnych obrotów wałka liczącego maszyny, który sprowadza się do następującego.

Mnożenie przez cyfry mnożnika, mniejsze lub równe 5, wykonuje się w sposób podany powyżej. Podczas mnożenia przez cyfry 6, 7, 8 i 9 mnożną mnoży się przez 10, a następnie z otrzymanego iloczynu odejmuje się mnożną tyle razy, ile wynosi różnica między 10 i cyfrą, znajdującą się w danym rzędzie mnożnika. W całości taki proces mnożenia można przedstawić, jako sumowanie dodatnich i ujemnych liczb.

Na przykład, podczas mnożenia 453 przez 37 zamiast bezpośredniego mnożenia liczby 453 przez 7 niższego rzędu mnożnika można pomnożyć tę liczbę przez jedynkę następnego rzędu, zwiększając w ten sposób cyfrę 7 do 10, a cały mnożnik z 37 do 40. Po tym należy odjąć z otrzymanego iloczynu /18120/ mnożną /453/ trzy razy, w wyniku czego otrzyma się liczbę /16671/, co i przy bezpośrednim mnożeniu.

Wynik otrzyma się ten sam, jeśli początkowo wykonao trzykrotne odejmowanie mnożnej 453, a następnie pomnożyć przez 40.

Kontrolę prawidłowości mnożenia dokonuje się przez:  
a/ obserwację w procesie mnożenia zapisu na taśmie prawidłowego nastawienia mnożnej, przekazywanej do licznika i prawidłowości jej powtórzenia składnikiem w każdym rzędzie mnożnika.

b/ sprawdzenie ilości znaków iloczynu.

c/ powtórzenie mnożenia.

d/ obserwację cyfr nastawienia i cyfr iloczynu, ukazujących się w okienkach licznika wyników /15/ i kontrolnego mechanizmu ustawienia liczb /14/.

Poprawianie błędów, popełnionych podczas mnożenia wykonuje się w następujący sposób.

Jeśli błąd został wykryty przy nastawianiu mnożnej, nastawienie skasować i powtórzyć ponownie. Jeżeli nie prawidłowo nastawiona mnożna została przekazana do licznika jeden raz, należy skasować nastawienie i wskazania licznika, po czym powtórzyć nastawienie.

Jeżeli po zakończeniu mnożenia przez kolejny rząd mnożnika zostanie stwierdzone, że mnożną przekazano do licznika więcej lub mniej razy niż to było potrzebne, to należy odjąć mnożną odpowiednią ilość razy za pomocą klawisza /13/ lub dodać za pomocą klawisza /12/ w zależności od charakteru błędu.

U w a g a: Metodyka i technika wykonywania operacji na dziesięcioklawiszowej maszynie sumującej typu SDM-107 niczym nie różni się od podanych sposobów dla maszyny AES. Jednak obecność w SDM-107 licznika obrotów ułatwia wykonanie mnożenia i umożliwia w niektórych wypadkach zastosowanie maszyny do wykona-

nia niedużej ilości dzieleń. Sumująca maszyna SDM-133 posiada szeroką karetkę ruchomą co zezwala na użycie tej maszyny dla opracowywania dokumentów z samoczynnym zapisem materiału liczbowego na blankiecie.

### § 3. ZASTOSOWANIE WIELOKLAWISZOWYCH MASZYN DO LICZENIA

#### WIELOKLAWISZOWA MASZYNA DO LICZENIA TYPU SAR-20 BEZ ZAPISU LICZB / rys.10 /

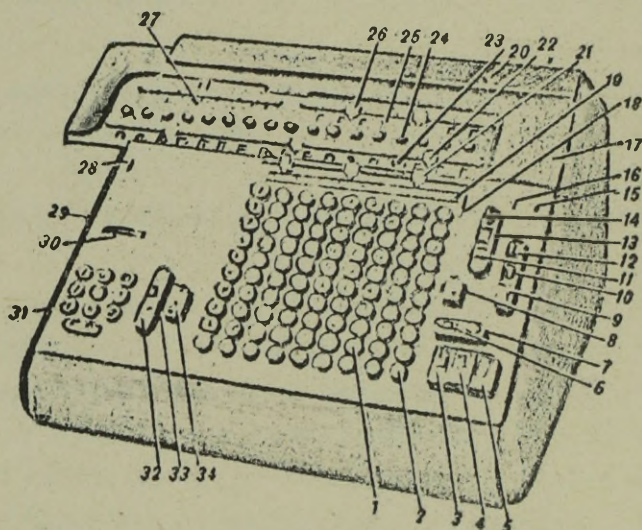
Samoczynna i wieloklawiszowa maszyna do liczenia typu SAR-20 zbudowana jest na zasadzie utrwalania cyfr za pomocą stopniowanego wałka i jest stosunkowo współczesnym modelem w swojej klasie maszyn. Wyróżnia się ona wygodnym rozmieszczeniem klawiszy podczas wykonywania wszystkich czterech działań arytmetycznych. Maszyna przeznaczona jest w głównej mierze do mnożenia i dzielenia liczb, jak również do wykonywania różnych kombinowanych obliczeń arytmetycznych.

Maszyna do liczenia typu SAR-20 posiada dziewięciorzędowną nastawozą klawiaturę cyfrową /1/ z kontrolnym mechanizmem /19/ prawidłowego nastawiania liczb /licznik nastawień/ i siedmiorzędowy licznik wyników /23/, gdzie otrzymuje się iloczyn podczas mnożenia i wszystkie wyniki obliczeń /za wyjątkiem ilorazu przy dzieleniu/; ósmiorzędowy licznik obrotów /25/, w którym otrzymuje się ilorazy podczas dzielenia. Suwaki przecinkowe /21/, /22/ i /26/ służą dla oddzielenia całkowitych części liczby od ułamkowych odpowiednio w kontrolnym mechanizmie /19/ nastawiania liczb i w licznikach /23/ i /25/.

Do ustawienia mnożników przy mnożeniu służą klawisze /31/, na których można nastawić liczby nie przekraczające ośmiu rzędów cyfr. Nastawiony na klawiaturze mnożnik ukazuje się w okienku kontrolnego mechanizmu /30/. Dźwignia /29/ służy do kasowania nieprawidłowo nastawionego mnożnika; w tym celu należy ją przesunąć w dół do oporu.

Całkowite skasowanie nastawczej klawiatury /1/ wykonuje się przez naciśnięcie klawisza /8/, a jej rzędowe kasowanie - przez naciśnięcie odpowiedniego klawisza /2/. Przy

naośnięciu na klawisz /6/ ruchoma karetkka /17/ przesuwa się w lewo a na klawisz /7/ - w prawo. Klawisze /9/ i /10/ służą odpowiednio do kasowania licznika wyników i licznika obrotów.



Rys.10. Maszyna do liczenia typu SAR-20.

Klawiatura nastawiania liczb:

- 1 - cyfrowe klawisze nastawcze /klawiatura/;
- 2 - klawisz zerowy i kasownik rzędów;
- 8 - kasownik całej klawiatury;
- 19 - kontrolny mechanizm nastawienia liczb na cyfrowej klawiaturze /licznik nastawień/;
- 21 - suwaki przecinkowe licznika nastawień;
- 29 - dźwignia kasowania mnożnika;
- 30 - kontrolny mechanizm nastawienia mnożnika;
- 31 - klawisze /klawiatura/ nastawienia mnożnika.

Karetkka obliczającego mechanizmu:

- 17 - ruchoma karetkka;
- 20 - nieruchomy wskaźnik położenia karetki /wskaźnik miejsce/;
- 22 - suwaki przecinkowe licznika wyników;
- 23 - licznik wyników;
- 24 - nastawiacze do ręcznego nastawienia liczb w liczniku wyników;
- 25 - licznik obrotów /przy dzieleniu jest licznikiem ilorazu/;
- 26 - suwaki przecinkowe licznika ilorazu /obrotów/.

Klawiatura sterowania /klawisze funkcyjne/:

- 3 - klawisz odejmowania;
- 4 - klawisz dodawania;
- 5 - klawisz samoczynnego dzielenia;
- 6 - klawisz przesunięcia karetki w lewo;
- 7 - klawisz przesunięcia karetki w prawo;
- 9 - klawisz kasowania /kasownik/ licznika iloczynów i wyników;
- 10 - klawisz kasowania /kasownik/ licznika obrotów;
- 11 - klawisz wstrzymania samoczynnego dzielenia;
- 12 - klawisz przeniesienia /zwrotnego/ liczby z licznika iloczynów i wyników do mechanizmu nastawczego;
- 13 - klawisz /powtarzania/ wyłączenia samoczynnego kasowania cyfrowej aparatury nastawczej;
- 14 - wyzwalacz klawisza wyłączenia samoczynnego kasowania /klawisz wyłączenia powtarzania/;
- 15 - dźwignia wyłączenia samoczynnego kasowania licznika obrotów;
- 16 - dźwignia wyłączenia samoczynnego kasowania licznika iloczynów i wyników;
- 18 - dźwignia przełączenia licznika obrotów;
- 27 - ruchomy ogranicznik ilości znaków ilorazu;
- 28 - dźwignia wyłączenia wstecznego biegu karetki po mnożeniu;
- 32 - klawisz mnożenia;
- 33 - klawisz mnożenia z jednoczesnym odejmowaniem iloczynu z liczby, znajdującej się w liczniku wyników /klawisz ujemnego mnożenia/;
- 34 - klawisz przekazania dzielnej z mechanizmu nastawienia do licznika wyników /klawisz wprowadzenia dzielnej/;

Do włączenia samoczynnego mnożenia po ustawieniu mnożnej na klawiaturze /1/ i mnożnika na klawiaturze /31/ służy klawisz /32/; a jeśli w trakcie rozwiązywania zadania istnieje potrzeba wykonania mnożenia dwóch liczb i w tym samym czasie ich iloczyn odjąć od liczby, już znajdującej się w liczniku wyników /23/, to należy nacisnąć klawisz /33/ mnożenia z jednoczesnym odejmowaniem.

Za pomocą klawisza /34/ dzielna, nastawiona na klawiaturze /1/, przekazana jest do licznika wyników /23/.

W maszynie do liczenia SAR-20 karetką /17/ po wykonaniu mnożenia samoczynnie powraca w położenie wyjściowe /krańcowa lewa/. A jeżeli po nastawieniu mnożnika przed naciśnięciem klawisza mnożenia /32/ dźwignię /28/ przesunąć w położenie dolne, to po zakończeniu działań mnożenia karetką /17/ nie powraca do położenia wyjściowego. Wykorzystuje się to wówczas, gdy w dalszych obliczeniach otrzymany iloczyn jest dzielny, w tym celu, aby nie nastawiać ponownie dzielnej za pomocą nastawczej klawiatury /1/. W tym wypadku nastawia się tylko dzielnik na klawiaturze /1/ tak, aby krańcowa lewa cyfra była pod lewą krańcową cyfrą dzielnej, która jest iloczynem otrzymanym w liczniku wyników /23/.

Przez naciśnięcie klawiszy /3/, /4/, /5/ dokonuje się włączenia wykonania odpowiednio: operacji odejmowania, dodawania i dzielenia. Przez naciśnięcie klawisza /12/ liczba, znajdująca się w liczniku wyników, jeśli nie przewyższa ośmiu rzędów, przekazana zostaje do mechanizmu /19/. Tym klawiszem należy posługiwać się, na przykład, przy wielokrotnym mnożeniu liczb, podniesionych do potęgi. Samoczynne dzielenie może być przerwane w dowolnym ruchu maszyny przez naciśnięcie na klawisz /11/.

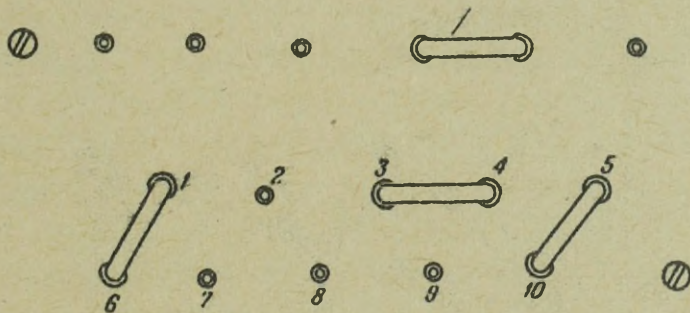
Klawisz /13/ służy do utrwalenia liczby, nastawionej na klawiaturze /1/. I tak, na przykład, podczas mnożenia kilku liczb przez jeden i ten sam czynnik /stały czynnik/ trzeba nastawić go na nastawczej klawiaturze /1/ i utrwalить przez naciśnięcie klawisza /13/. Przy tym po zakończeniu mnożenia zostaje wyłączone samoczynne kasowanie klawiatury /1/. Dla uwolnienia klawisza /13/ należy naciśnąć na klawisz /14/.

Jeśli dźwignia /18/ przesunięta jest w dół /położenie "+"/, to licznik obrotów pracuje w jednym kierunku z licznikiem wyników, a przy górnym jej położeniu /położenie "-"/ licznik obrotu będzie pracować w kierunku odwrotnym, to jest przy naciśnięciu na klawisz dodawania /4/ następuje odejmowanie liczby obrotów maszyny, a przy naciśnięciu na klawisz odejmowania /3/ - dodawanie liczby obrotów.

Dla wyłączenia samoczynnego kasowania licznika obrotów i licznika wyników służą odpowiednio dźwignie /15/ i /16/, które w tym wypadku powinny się znajdować w górnym położeniu.

## PRZYGOTOWANIE MASZINY TYPU SAR-20 DO PRACY

Napęd mechanizmów maszyny SAR-20 dokonywany jest za pomocą silnika elektrycznego o mocy 28 wat, który pracuje na prąd zmienny, jak i na prąd stały o napięciu od 110 do 220 wolt z przełączeniem. Przed włączeniem maszyny do sieci elektrycznej, należy sprawdzić, czy odpowiada napięcie i rodzaj prądu, na które ustawiony jest silnik elektryczny maszyny oraz napięcie i rodzaj prądu sieci elektrycznej w miejscu pracy maszyny. W wypadku ich niezgodności należy wykonać odpowiednie przełączenie. Dla przełączenia elektrycznego zasilania silnika odnośnie rodzaju prądu i napięcia jest specjalna tablica rozdzielcza, umieszczona pod osłoną dolnej części korpusu maszyny /rys.11/.



Rys.11. Przykład włączenia silnika elektrycznego maszyny SAR-20 na napięcie 110 wolt prądu zmiennego.

Na tablicy rozdzielczej są mosiężne ponumerowane gniazdka, które łączą się między sobą parami za pomocą sprzęgieł łącznikowych. Te sprzęgła łącznikowe podczas przełączania silnika elektrycznego wstawia się w gniazdko zgodnie z poniżej podaną tabelką, która umocowana jest na wewnętrznej stronie pokrywy tablicy rozdzielczej.

Tabelka przełączeń silnika elektrycznego.

Napięcie sieci, wolt	Rodzaj prądu					
	zmienny / ~ /			stały / = /		
110	1-6	3-4	5-10	1-6	3-4	5-10
120	1-2	4-5	9-10	1-6	3-8	5-10
130	1-6	3-8	5-10	1-7	2-8	9-10
160	1-6	3-8	4-5	1-6	3-8	4-9
200	1-6	3-8	4-9	1-2	8-9	4-10
220	1-6	2-8	4-9	1-6	8-9	4-10

Przełączenie silnika elektrycznego można wykonywać tylko po wyjęciu wtyczki z gniazdka sieci elektrycznej. Aby upewnić się o prawidłowym włączeniu silnika elektrycznego, należy sprawdzić ilość obrotów zasadniczego wałka maszyny, które dla maszyny SAR-20 powinny być równe 490-500 obrotów na minutę. Sprawdzenie ilości obrotów wykonuje się w następujący sposób: naciska się na klawisz "+" /dodawania/ i utrzymuje w położeniu naciśniętym w ciągu 1 minuty. Ilość obrotów stwierdza się w liczniku obrotów /25/. Przy tym należy mieć na uwadze, że silnik elektryczny w stanie zimnym daje nieco mniejszą ilość obrotów, a na jałowym biegu - nieco większą. Jeśli obroty są zbyt zwiększone lub obniżone, to należy dokonać nowego przełączenia.

Podczas blokowania maszyny, co stwierdza się na podstawie trzasków i innych niesprawności, należy natychmiast wyjąć wtyczkę z gniazdka w celu uniknięcia spalania uzwojeń silnika elektrycznego lub mechanicznych uszkodzeń maszyny.

Jeśli jakikolwiek klawisz lub dźwignia włączone są do pracy i nie poddają się naciskowi lub przesunięciu, to nie należy siłą starać się naciskać na nie lub wprawiać w ruch.

Opór klawiszy i dźwigni sterowania maszyną, zablokowanie ich wskazuje na to, że jakiś to mechanizm nie znajduje się w położeniu wyjściowym. W tym wypadku należy obejrzeć maszynę i dokonać powrotu zablokowanych klawiszy lub dźwigni do położenia wyjściowego.

Nie wolno naciskać jednocześnie na dwa lub kilka klawiszy, na dwie lub kilka dźwigni sterowania oprócz tych, które omówione są oddzielnie przy opisie wykonywania operacji. Jednoczesne naciśnięcie dwóch lub kilku klawiszy albo dźwigni sterowania prowadzi do zablokowania mechanizmów maszyny i jej unieruchomienia.

Nieprawidłowe naciśnięcie klawisza /niedoprowadzenie do krańcowego dolnego położenia lub utknięcia/ blokuje mechanizm klawiszy i dźwigni sterowania maszyną. Należy do oporu nacisnąć na ten klawisz.

Przed przystąpieniem do pracy, maszynę należy ustawić w położenie wyjściowe. Dla maszyny SAR-20 położenie wyjściowe będzie następujące:

a/ wskazania liczników skasowane /we wszystkich okienkach są zera/.

b/ klawiatura podniesiona /we wszystkich okienkach kontrolnego mechanizmu /19/ nastawień widać zera, a okienko kontrolnego mechanizmu ustalenia mnożnika /30/ zamknięte zasuwką/.

c/ karetki znajdują się w krańcowym lewym położeniu /nieruchomy wskaźnik położenia karetki /20/ wskazuje dokładnie na cyfrę pierwszego miejsca listwy licznika obrotów/.

d/ dźwignia przełączenia licznika obrotów /18/ znajduje się w położeniu "+".

e/ wszystkie inne klawisze sterowania maszyną znajdują się w położeniu wyjściowym.

f/ samoczynne kasowania wskazań liczników są włączone /dźwignie /15/ i /16/ znajdują się w dolnym położeniu/.

#### SPRAWDZENIE PRAWDŁOWOŚCI OBLICZEŃ WYKONYWANYCH PRZEZ MASZYNĘ TYPU SAR-20

Sprawdzenie pracy maszyny na prawidłowość obliczeń może być przeprowadzone drogą wykonania działań dodawania, odejmowania, mnożenia i dzielenia na dowolnych liczbach, dla których zawczasu obliczony jest wynik, to jest w tym celu wystarczającym jest mieć przykłady - wzorce ze znanymi ostatecznymi wynikami obliczeń.

Dla sprawdzenia prawidłowości wykonania dodawania i odejmowania przez maszynę SAR-20 można posłużyć się podanym poniżej sposobem.

Karetkę ruchomą przez naciśnięcie klawisza /6/ należy ustawić w krańcowe lewe położenie. Na klawiaturze /1/ nastawić, na przykład, liczbę 011 111 111 i utrwalić klawiszem /13/, po czym nacisnąć klawisz "+" /4/, który należy utrzymać w położeniu naciśniętym do czasu otrzymania w okienkach licznika obrotów liczby 10. W liczniku wyników w pierwszych dziesięciu rzędach powinna być liczba 111 111 110. Następnie nacisnąć na klawisz "-" /3/ i utrzymać go do tych pór, póki licznik obrotów nie wskaże "0". Przy tym, w tych samych dziesięciu rzędach licznika wyników również powinny być zera. W dalszym ciągu, kolejno nastawiając na klawiaturze /1/ liczby 022 222 222, 033 333 333,....., 099 999 999, wykonuje się te same operacje. W takim samym porządku sprawdzenie powtarza się dla wyższych rzędów licznika wyników przy krańcowym prawym położeniu karetki ruchomej. Zgodność wskazań licznika ze znanym wynikiem będzie wskazywało na prawidłowość wykonania przez maszynę operacji dodawania i odejmowania. Ponieważ takie sprawdzenie związane jest z kolejnym wykorzystaniem wszystkich klawiszy nastawień liczb, świadczyć to będzie o sprawnej pracy nastawowej klawiatury /1/ i kontrolnego mechanizmu /19/ nastawienie liczb.

Dla sprawdzenia prawidłowości wykonania przez maszynę SAR-20 operacji mnożenia i dzielenia wygodnie posługiwać się niżej podanym sposobem.

Za pomocą dźwigni /28/ należy wyłączyć wsteczny bieg karetki /17/ podczas mnożenia. Na klawiaturze /1/ nastawić liczbę 12 345 679, będącą mnożną i utrwalić ją za pomocą klawisza /13/. Na klawiaturze /31/ trzeba nastawić liczbę 099 999 999 i nacisnąć klawisz mnożenia /32/. Po zakończeniu mnożenia w liczniku wyników /23/ powinna być liczba 1 234 567 887 654 321. Przy tym w liczniku obrotów będzie mnożnik 099 999 999. Następnie przez naciśnięcie klawisza /10/ skasować wskazania licznika obrotów i nacisnąć klawisz dzielenia /5/. W wyniku dzielenia w liczniku obrotów ponownie powinno się otrzymać liczbę 099 999 999. Licznik wyników powinien wskazywać zera we wszystkich rzędach.

Zgodność wskazań liczników z zawczasu znanymi wynikami wskaże na prawidłową pracę maszyny przy wykonywaniu mnożenia i dzielenia.

Prawidłowość pracy mechanizmu nastawiania mnożnika sprawdza się oddzielnie. W tym celu na klawiaturze nastawczej mnożnika /31/ kolejno należy nastawić liczby składające się z ośmiu rzędów 011 111 111, 022 222 222, ..., 099 999 999, każdorazowo naciskając po nastawieniu liczby klawisz /32/.

W wyniku tego licznik obrotów powinien wskazywać nastawioną w każdym przypadku liczbę, a w liczniku wyników powinny być zera.

#### METODYKA I TECHNIKA NASTAWIANIA LICZB NA KLAWIATURZE

Nastawianie liczb na klawiaturze jest jednym z zasadniczych i najbardziej pracochłonnych procesów pracy na maszynie, dlatego też metody i technika nastawiania powinny być wykonywane w pełni zgodnie z ogólną zasadą całej pracy obliczeniowej: otrzymanie jakościowych wyników obliczeń przy minimalnej stracie czasu.

Zgodnie z tą zasadą powinny być rozwiązane następujące zagadnienia: którą ręką należy nastawiać liczby na klawiaturze, jaką metodę należy stosować, którymi palcami nastawiać klawisze cyfrowe, w jakim miejscu nastawiać liczby na klawiaturze i jaka powinna być technika nastawiania.

Maszyna do liczenia typu SAR-2c wykonuje obliczenia bez zapisu. Zapis wyników obliczeń do dokumentu wykonywany jest ręcznie przez operatora. Ogólne skrócenie czasu na obliczenia wspólnie z innymi czynnikami osiąga się przez

podział funkcji roboczych rąk operatora. Dlatego nastawianie liczb na klawiaturze tej maszyny do liczenia należy wykonywać lewą ręką, a wszystkie niezbędne zapisy w blankiecie obliczeniowym - prawą.

SAR-20 jest wieloklawiszową maszyną do liczenia i wymaga zastosowania najwygodniejszych i najbardziej ekonomicznych metod nastawień liczb.

Przy nastawianiu liczb na wieloklawiszowej maszynie do liczenia należy przede wszystkim zachować jednolitość postrzegania przez operatora nastawianej liczby. W związku z tym, wybór palców do naciskania potrzebnych cyfrowych klawiszy należy dokonywać odpowiednio do składu nastawianej liczby. Przy tym za podstawę przyjmuje się grupę /trzy miejsca arytmetyczne/, którą nastawia się trzema palcami lewej ręki.

Liczby, składające się z trzech, sześciu i dziewięciu znaków, nastawia się kolejno przez naciskanie odpowiednich klawiszy: wyższe rzędy grupy - serdecznym, średnie - środkowym i niższe - wskazującym palcem. Liczby, składające się z czterech całkowitych znaków nastawiane są: tysiące - serdecznym, setki - również serdecznym, dziesiątki - środkowym, jednostki - wskazującym palcem. W tym wypadku dla nastawienia sąsiedniej z grupą cyfry wykorzystuje się palec serdeczny, aby zachować jednolitość postrzegania liczby. Jeśli liczba składa się z trzech całkowitych znaków i jednego dziesiętnego, to całkowite znaki, przedstawiające pełną grupę nastawia się trzema palcami, a sąsiedni klawisz cyfry części dziesiętnych naciska się palcem wskazującym. Liczby całkowite składające się z pięciu znaków nastawia się: dwa wyższe rzędy - środkowym i wskazującym, a pozostałe rzędy trzema palcami, jak pełną grupę. Pięcioznaczące liczby z dwoma dziesiętnymi znakami nastawia się: wszystkie miejsca całkowite - trzema palcami, ułamkowe - środkowym i wskazującym palcem. Pięcioznaczące liczby z jednym znakiem dziesiętnym nastawia się: tysiące - serdecznym, setki, dziesiątki i jednostki - trzema palcami, a dziesiętne części - wskazującym palcem.

Jeśli nastawianie cyfr na klawiaturze należy wykonywać z góry w dół przy znacznym oddaleniu klawiszy jeden od dru-

giego w pionie, to dokonuje się akordem /jednoczesne naciśnię-  
cie dwóch - trzech klawiszy/. Akordem należy także nastawiać  
liczby składające się z jednakowych lub sąsiednich cyfr  
/77, 889/. W wieloznacznych liczbach akord może powtarzać  
się dwa - trzy razy.

Przy powyższej metodzie nastawiania liczb, nie ma po-  
trzeby "przywiązywania" palców do "swoich" rzędów klawiatury  
lub do cyfrowych klawiszy, na odwrót, należy pozostawić cał-  
kowitą możliwość swobodnego wyboru pola nastawiania dla da-  
nej liczby w zależności od jej składu i charakteru przewidy-  
wanych działań i dopiero na wybranym polu stawiać odpowied-  
nie palce lewej ręki. Stwarza to przesłanki do najwygodniej-  
szego wykonania danego lub następującego po nim działania  
arytmetycznego i otrzymania jego wyników w potrzebnej stre-  
fie licznika.

Znajdujące się w maszynach suwaki przecinkowe /21/  
i /26/, jak również oznaczenia barwne na klawiaturze należy  
wykorzystać jako środki dla lepszej orientacji operatora  
podczas nastawiania liczb na klawiaturze, celem uniknięcia  
dodatkowych ruchów roboczych. I tak, suwakami przecinkowymi  
nie należy posługiwać się przy nastawianiu całkowitych liczb;  
przy nastawianiu ułamkowych liczb posługiwać się nimi jedy-  
nie wtedy, gdy istnieje potrzeba ustalenia miejsca "stałej"  
granicy między całkowitymi i ułamkowymi częściami liczb.

Nastawienie liczb należy wykonywać rytmicznie, nie  
podnosić ręki nad klawiaturę, nie odchyłać jej na boki i nie  
wypreżać palców. Klawisze należy obowiązkowo naciskać do  
oporu w celu uniknięcia zablokowania maszyny. Jeśli przy  
nastawianiu liczby popełniony zostanie błąd /naciśnięty nie  
ten klawisz/, to naciska się potrzebny klawisz, przy tym  
błędnie naciśnięty klawisz powróci w położenie wyjściowe.

Opanowanie metodyki i techniki nastawiania liczb na  
klawiaturze maszyny, również jak i pewna praca operatora  
w całości, osiągane są doświadczeniem w procesie praktycz-  
nego wykonywania obliczeń. Z tego punktu widzenia operato-  
rami klawiszowych maszyn do liczenia powinny być osoby  
specjalnie wyszkolone. Jednak warunki te nie wykluczają  
możliwości dopuszczenia do pracy na maszynach i osób mniej  
wykwalifikowanych, lecz zapoznanych z regułami obchodzenia  
się i posiadających opanowaną metodykę i technikę wykonywa-  
nia obliczeń na danej maszynie.

## WYKONYWANIE OBLICZEŃ NA MASZYNIE TYPU SAR-20

Zastosowanie klawiszowych maszyn do liczenia dla wykonania obliczeń jest bardziej efektywnym i optymalnym, niż wykorzystanie do tych celów prostych zmechanizowanych środków. Jednak niewątpliwie ta sytuacja wymaga, aby proces obliczeń był jak najkrótszy przy maksymalnym ułatwieniu pracy operatora, a dokładność obliczeń byłaby nie niższa od zadanej.

Zmniejszenie strat czasu na wykonanie obliczeń osiąga się przez:

1. Usunięcie niektórych oddzielnych elementów z ogólnej pracy, na przykład, ustawianie suwaka przecinkowego.
2. Skrócenie roboczych ruchów operatora /na przykład, ilości naciśnień na cyfrowe klawisze, zamieniająco oalkowite nastawienie liczby przez korygowanie przedniego nastawienia/.
3. Skrócenie ilości roboczych operacji maszyny /na przykład, ilości obrotów wałka maszyny lub ilości ruchów karetki/.
4. Jednoczesne wykonywanie niektórych operacji przez operatora i maszynę /na przykład, zapis wyników wskazań licznika w czasie samoczynnej pracy maszyny/.
5. Pełne wykorzystanie możliwości eksploatacyjnych maszyny. I tak, na przykład, maszyna SAR-20 posiada ruchomy ogranicznik /27/, zezwalający na ograniczenie ruchu karetki w prawo do potrzebnego rzędu. Posługuje się nim przy mnożeniu z nastawieniem mnożnej w wyższych rzędach klawiatury /1/, przy dzieleniu - dla ustawienia karetki w rzędzie, z którego należy rozpocząć dzielenie. Klawisz /11/ zezwala na wstrzymanie samoczynnego dzielenia w dowolnym rzędzie. Klawisz /12/ zezwala na wykonanie przekazania wyniku z licznika do kontrolnego mechanizmu nastawienia /19/ dla jego wykorzystania w dalszych działaniach itp.
6. Wybór sposobu obliczenia, odpowiadającego charakterowi danej pracy i właściwości maszyny.

Pravidłowość i dokładność obliczeń na maszynie osiąga się przez opanowanie niektórych teoretycznych zasad wykonywania działań, przestrzeganie aksjomatów i reguł matematyki, systematyczne obowiązkowe sprawdzanie wyników obliczeń.

Spełnienie wyszczególnionych wyżej wymagań sprzyja zastosowaniu różnego rodzaju sposobu skrócenia procesu obliczeń i przybliżonym obliczeniom.

Przybliżone obliczenia na maszynach obliczających są środkiem walki o ekonomię roboczego czasu, ponieważ zezwala to zmniejszyć stratę czasu na nastawianie liczb przez operatora i wykonanie działań przez maszynę. Wspólnie z tym, reguły przybliżonych obliczeń są środkiem reglamentującym możliwości ograniczenia dokładności liczb i działań z nimi. W praktyce wykonywania obliczeń dość często popekniwane są błędy dwóch przeciwnych rodzajów: bądź wykonuje się zbyteczne obliczenia całkowicie niepotrzebne dla otrzymania prawidłowych wyników w granicach zadanej dokładności, bądź obliczenia przerywane są wczesniej, otrzymując przybliżone obliczenia z poważnymi błędami. Ścisłe zastosowanie podczas pracy na maszynach reguł obliczeń przybliżonych zezwala na uniknięcie wspomnianych błędów. Stąd wynika, że przy wykonywaniu działań z przybliżonymi wartościami liczb, szczególną uwagę należy zwracać na zagadnienie otrzymania prawidłowego wyniku w granicach zadanej dokładności.

**DODAWANIE.** Przed przystąpieniem do dodawania maszynę należy ustawić w położenie wyjściowe, w sposób opisany powyżej. Proces wykonywania operacji dodawania polega na kolejnym nastawianiu składników na klawiaturze /1/ i przekazaniu ich drogą naciśnięcia klawisza "+" do licznika wyników /23/, gdzie ustala się ich sumę, przy tym licznik obrotów /25/ po zakończeniu dodawania wskaże ogólną ilość składników.

Jeśli podczas dodawania w składnikach powtarzają się jednakowe cyfry, to należy utrwalić nastawienie za pomocą klawisza /13/ i od składnika do składnika stosować jego korekcję. Na przykład, jeśli potrzeba dodać liczby 846; 842; 845; 849; 859, to stosując zamiast nastawiania każdego składnika od nowa korekcję poprzedniego nastawienia, cyfry 8 i 4 nastawić tylko po jednym razie, a cyfry w ostatniej liczbie nie nastawiać.

Jeżeli w czasie nastawiania składnika cyfra była nastawiona nieprawidłowo, a następnie przekazana do licznika, to dla poprawienia błędu wystarczającym będzie ponownie nastawić tę cyfrę w tym samym miejscu i przekazać ją do licznika

ze znakiem "-", naciskając klawisz /3/, po czym nastawić prawidłową cyfrę i przekazać ją do licznika wyników ze znakiem "+".

Przed dodawaniem następnej grupy liczb wskazania obu liczników należy skasować przez jednoczesne naciśnięcie klawiszy /9/ i /10/.

Przy dodawaniu liczb ułamkowych należy uważać, aby w czasie nastawiania całkowite wartości umieszczone były nad całkowitymi, a ułamkowe – nad odpowiednimi ułamkowymi; w tych rzędach, gdzie nie ma wartości ułamkowych, cyfrowych klawiszy nie naciska się. Dlatego, aby ułatwić odczytanie wyniku w liczniku, przed rozpoczęciem działań w liczniku wyników należy oddzielić suwakiem przebiegowym /21/ z prawej strony na lewą ilość miejsc dziesiętnych według największej ich ilości w składnikach.

Niekiedy w praktyce można się spotkać z koniecznością dodawania liczb, których ilość rzędów przekracza pojemność klawiatury i kontrolnego mechanizmu nastawiania liczb. W tym wypadku składniki należy nastawić na klawiaturze i przekazać do licznika wyników w dwóch częściach: początkowo tę część niższych rzędów, która na podstawie ilości znaków może być umieszczona w dziewięciu rzędach klawiatury, a po tym jak w liczniku wyników otrzyma się sumę dziewięciu niższych rzędów wszystkich składników – drugą część, w tym celu karetkę przesuwa się w prawą stronę o ilość rzędów, równą największej ilości pozostałych nierozmieszczonych znaków składników i wykonać dodawanie wyższych rzędów. W wyniku tego otrzyma się całkowitą sumę wszystkich składników.

W sposób analogiczny wykonuje się dodawanie ułamkowych wieloznaczących liczb, a także jednoczesne sumowanie liczb dwóch kolumn dokumentu, jeśli klawiatura nie zezwala na rozmieszczenie wszystkich rzędów pary liczb.

Jeśli największa ilość znaków pary liczb, odnoszących się do dwóch różnych kolumn, nie przewyższa ośmiu rzędów, to jednoczesne ich sumowanie może być wykonywane wspólnie. W tym wypadku składniki jednej z kolumn należy nastawić z lewej strony, w wyższych rzędach klawiatury, a składniki drugiej kolumny – z prawej, w niższych rzędach. W liczniku z prawej strony niższych rzędów lewej kolumny ustalić jeden

z suwaków przecinkowych /21/, służących jako rozdzielnik między sumami liczb kolumn. Jeśli obie grupy liczb są ułamekami, to dla oddzielenia ułamkowych ich części od całości ustawić w odpowiednich miejscach pozostałe dwa inne suwaki przecinkowe /21/.

Po nastawieniu na klawiaturze każdej pary składników, przez naciśnięcie klawisza "+" przekazywane są one jednocześnie do licznika wyników. Po zakończeniu dodawania w rzędach licznika wyników, umieszczonych z lewej strony rozdzielającego suwaka, otrzyma się sumę liczb lewej kolumny, a z prawej od niej - sumę liczb prawej kolumny.

Wykonywanie dodawania liczb parami przy jednym powtarzającym się składniku, przeprowadzane jest w sposób podany poniżej. Na klawiaturze początkowo należy nastawić powtarzający się składnik i przekazać do licznika wyników. Następnie nastawić drugi składnik, który zostaje utrwalony przez naciśnięcie klawisza /13/ i przekazany do licznika wyników. Po zdjęciu z licznika otrzymanej sumy należy nacisnąć klawisz "-" i tym samym zostaje odjęty ze wskazań licznika ustalony na klawiaturze drugi składnik. Powtarzające się składniki pozostają w liczniku wyników. W sposób analogiczny sumuje się go z pozostałymi zmiennymi składnikami.

Jeżeli trzeba wykonać tylko przybliżone dodawanie liczb, to należy kierować się następującym. Przy przybliżonym dodawaniu nie więcej <sup>niż</sup> dwudziestu liczb należy w składniku o największej wartości pozostawić o jedną cyfrę więcej od wymaganych cyfr w sumie. W pozostałych składnikach wszystkie cyfry poniżej niższego rzędu, pozostawionego w składniku o największej wartości, odrzuca się przestrzegając reguł zaokrąglania. Jeśli ilość składników przekrocza 20, to dla otrzymania przybliżonej sumy należy pozostawić w składniku o największej wartości o dwie cyfry więcej od ilości dokładnych cyfr w sumie.

Zaokrąglony w pamięci do potrzebnego rzędu składnik o największej wartości należy nastawić na klawiaturze i przekazać do licznika wyników. Następnie w podobny sposób postępować z kolejnymi składnikami, zaokrąglając je z dokładnością do jednościs niższego rzędu przybliżonej wartości

pierwszego składnika. Jeśli otrzymana w liczniku wyników przybliżona suma posiada ilość znaków, większą od ilości wymaganych cyfr, to zaokrągla się ją do wymaganej dokładności.

**ODEJMOWANIE.** Położenie wyjściowe dla maszyny przy odejmowaniu jest takie samo, jak i przy dodawaniu. Proces odejmowania na maszynie SAR-20 polega na tym, że początkowo na klawiaturze /1/ należy nastawić odjemną, która przekazana będzie do licznika wyników ze znakiem "+" przez naciśnięcie dużym palcem lewej ręki klawisza /4/. Przy tym nastawienie klawiatury samoczynnie zostanie skasowane. Następnie należy nastawić na klawiaturze /1/ odjemnik i przekazać go do licznika wyników ze znakiem "-" analogicznym naciśnięciem na klawisz /3/. Licznik wyników wykona odejmowanie i pokaże różnicę. Jeśli podczas odejmowania z jednej odjemnej kilku odjemników, to po przekazaniu odjemnej do licznika wyników należy nacisnąć klawisz /10/ skasować jednoś w liczniku obrotów i przełączyć kierunek jego pracy na minus, przez przesunięcie dźwigni /18/ w położenie "-". Po przekazaniu do licznika /23/ ostatniego odjemnika, licznik obrotów /23/ pokaże ogólną ilość odjemników. Odejmowanie liczb ułamkowych wykonuje się tak samo, jak i całkowitych, przy tym technika nastawiania ich jest taka sama, jak i podczas dodawania.

Przy odejmowaniu od mniejszej liczby większej, należy początkowo nastawić na klawiaturze odjemnik /większą liczbę/ przekazać go do licznika wyników przez naciśnięcie klawisza "+", następnie nastawić odjemną /mniejszą liczbę/ i przekazać ją do licznika wyników przez naciśnięcie klawisza "-". Otrzymaną różnicę wpisać do blankietu obliczeń ze znakiem "-". Jeśli dodawanie przeplata się z odejmowaniem, to liczby podlegające podliczeniu, kolejno należy nastawić na klawiaturze i przekazać do licznika wyników przez naciśnięcie klawisza "+" lub "-", odpowiednio z algebraicznym znakiem liczby. Przy tym należy uważać na wskazania licznika obrotów, porównując je z kolejną liczbą podlegającą nastawieniu.

W razie konieczności zmienić kolejność przekazywania liczb do licznika nie dopuszczają do odejmowania od mniejszych liczb większych.

W tych wypadkach, gdy istnieje potrzeba wykonania równoległego odejmowania liczb przy jednym powtarzającym się odjemniku, pracę wykonuje się w takim porządku. Stały odjemnik należy nastawić na klawiaturze i przekazać do licznika wyników przez naciśnięcie klawisza "-", gdzie otrzyma się arytmetyczne dopełnienie do odjemnika. Następnie na klawiaturze nastawić i utwalić odjemną i przekazać ją do licznika wyników przez naciśnięcie klawisza "+". W liczniku wyników otrzyma się różnicę. Przez naciśnięcie klawisza "-", tym samym zdejmie się z licznika wyników nastawioną na klawiaturze odjemną. W liczniku wyników pozostaje arytmetyczne dopełnienie stałego odjemnika. Następnie nastawia się kolejne odjemne i powtarza działanie.

Przy wykonywaniu przybliżonego odejmowania liczb należy pozostawić w odjemnej o jedną cyfrę więcej, niż potrzeba cyfr w różnicy; w odjemniku wszystkie cyfry, znajdujące się poniżej niższego rzędu pozostawionego w odjemnej odrzucić posługując się regułą zaokrąglania. Przed wykonaniem działań należy określić potrzebną ilość dokładnych cyfr w odjemnej; zaokrąglając odjemną w pamięci do potrzebnego rzędu, nastawić na klawiaturze i przekazać do licznika wyników. Następnie znajdując przybliżoną wartość odjemnika, po zaokrągleniu jego odpowiednio do przybliżonej dokładności wartości odjemnej, nastawić na klawiaturze i przekazać do licznika wyników. Jeśli otrzymana różnica posiada większą ilość znaków, niż wymaga tego zadana dokładność, to należy ją również zaokrąglić.

W tych wypadkach, gdy wyższe rzędy odjemnej i odjemnika posiadają jednakowe cyfry, ilość dokładnych cyfr różnicy otrzyma się mniejszą od wymaganej.<sup>x/</sup>

**MNOŻENIE.** Położenie wyjściowe maszyny SAR-2c przy mnożeniu: karetki - w krańcowym lewym położeniu, wskazania liczników skasowane, klawiatura /1/ nastawiania liczb i mnożnika /31/ podniesione, klawisz utrwalania nastawień /13/ podniesiony, dźwignia przełączenia licznika obrotów /18/ znajduje się w położeniu "+", samoczynne kasowanie liczni-

---

x/ Przy odejmowaniu przybliżonych wartości możliwa jest strata dokładności, o czym będzie mowa w § 1 rozdz. II.

ków i samoczynny powrót karetki do położenia wyjściowego -  
włączone.

Proces wykonania mnożenia zawarty jest w następującym.  
mnożną trzeba nastawić na klawiaturze /1/, mnożnik - na  
klawiaturze /31/, następnie dużym palcem lewej ręki nacis-  
nąć na klawisz mnożenia /32/, po czym maszyna samoczynnie  
wykonuje działanie. Wynik wskazuje licznik /23/. Przy tym  
licznik obrotów ustala mnożnik.

Jako mnożnik na klawiaturze /31/ nastawia się ten  
z czynników, którego suma cyfr jest mniejsza; czyni się  
to dla skrócenia czasu na wykonanie mnożenia, ponieważ wa-  
żek liczący maszyny przy tym wykonuje mniejszą ilość obro-  
tów.

Po zakończeniu mnożenia karetki samoczynnie powraca  
do położenia wyjściowego.

Dla następnego mnożenia ponownie należy nastawić  
mnożną i mnożnik oraz nacisnąć klawisz /32/, po czym po-  
czątkowo samoczynnie zostaną skasowane oba liczniki, jeśli  
dźwignie /15/ i /16/ znajdują się w dolnym położeniu, a  
następnie maszyna wykona kolejne mnożenie.

Mnożenie liczb ułamkowych różni się jedynie tym od  
poprzedniego, że należy określić miejsce przecinka w ilo-  
oczynie według zasady: ilość znaków dziesiętnych w iloczynie  
nie równa się sumie dziesiętnych znaków czynników. Podczas  
pracy na maszynie SAR-20 miejsce przecinka w iloczynie  
określa się w czasie wykonywania przez maszynę samoczynnego  
mnożenia i po zakończeniu działania w potrzebnym miejscu  
ustawia się suwak przecinkowy /21/. Przy posiadaniu przez  
operatora odpowiednich nawyków można nie ustawiać suwaka,  
a przecinek stawiać bezpośrednio podczas zapisu wyników  
do blankietu obliczeń.

Jeśli praca związana jest z mnożeniem dużej ilości  
par czynników o różnej ilości znaków dziesiętnych, to nale-  
ży przed wykonywaniem działania ustalić za pomocą suwaka  
stałe miejsce przecinka w liczniku wyników na cały czas  
pracy maszyny. Ilość oddzielanych znaków dziesiętnych przez  
suwak powinna być równa sumie liczb znaków dziesiętnych  
tej mnożnej i mnożnika, w których jest ona największa.

Przy tym, nie stosuje się sposobu wyboru mnożnika z tych czynników, które posiadają najmniejszą sumę cyfr.

Przemnożenie kilku zadanych czynników dzięki istnieniu klawisza przeniesienia liczb /12/ wykonuje się w następującoy sposób. W zwykłym porządku należy wykonać mnożenie pierwszych dwóch czynników, po czym ich iloczyn przez naciśnięcie klawisza /12/ przekazać z licznika wyników /23/ do kontrolnego mechanizmu nastawiania /19/, przy tym wskazania liczników samoczynnie zostaną skasowane. Następnie pierwszy iloczyn ustalony w ten sposób w mechanizmie /liczniku/ nastawień, należy przemnożyć przez trzeci czynnik itd. Przy mnożeniu kilku liczb ułamkowych w ostatecznym iloczynie należy oddzielić suwakiem przecinkowym ilość dziesiętnych znaków, równą ich sumie we wszystkich czynnikach.

Taki porządek mnożenia możliwy jest tak długo, póki ilość znaków ostatniego z przekazywanych do mechanizmu nastawień iloczynu nie przewyższy ośmiu, ponieważ klawisz /12/ działa tylko w zakresie pierwszych ośmiu rzędów licznika wyników.

Jeżeli istnieje potrzeba otrzymania iloczynu w lewej strefie licznika wyników, mnożenie wykonuje się z niektórymi właściwościami:

1. Mnożną zawsze nastawia się w wyższych rzędach klawiatury /1/.
2. Nastawienie ułamkowych czynników dokonuje się z cyfry znaczącej.
3. Mnożniki ustala się w wyższych rzędach licznika obrotów.

Mnożenie z ustaleniem iloczynu w lewej strefie licznika wyników zazwyczaj stosuje się przy przybliżonych obliczeniach, w niektórych wypadkach zamiary dzielenia przez mnożenie, a także w kompleksowych obliczeniach, gdy iloczyn powinien pozostać w liczniku wyników jako dzielna.

Dla określenia miejsca przecinka w iloczynach należy się kierować następującym. Wiadomo z matematyki, że dziesiętny układ liczb, większych od jednośoi, określa się ilością znaków części całkowitej, a mniejszych od jednośoi - ilością zer po przecinku do pierwszej znaczącej cyfry.

W pierwszym wypadku układ liczb przyjmuje się za dodatni, a w drugim - ujemny. Przy mnożeniu dwóch liczb, dziesiętkowy układ otrzymanego iloczynu zawsze jest równy bądź sumie układu czynników, bądź o jeden od niej mniejszy.

Dla wykonania mnożenia celem otrzymania iloczynu w lewej strefie licznika, maszynę należy ustawić w zwykłe położenie wyjściowe niezbędne do samoczynnego mnożenia. Następnie wybrać mnożnik o największej ilości całkowitych znaków i mnożnik o największej ilości dziesiętnych znaków, po czym ogranicznik /27/ ruchu karetki ustawić na cyfrę tak, aby on z lewej strony na prawą oddzielał liczbę rzędów, równą sumie tych największych ilości. Przez naciśnięcie na klawisz /7/ karetkę przesunąć w prawo do samoczynnego zatrzymania się w położenie, kiedy wskaźnik /20/ będzie na cyfrze odpowiadającej okienku licznika obrotu, gdzie powinien być ustalony najniższy rząd mnożnika. Z kolei nastawić mnożną zaczynając od wyższego rzędu klawiatury /1/, a mnożnik na klawiaturze mnożnika i nacisnąć na klawisz mnożenia /32/, a maszyna wykona mnożenie rozpoczynając od niższego rzędu mnożnika z największą ilością znaków dziesiętnych. Otrzymany iloczyn będzie ustalony w wyższych rzędach licznika wyników, karetką powróci do położenia wyjściowego. Przed następnym mnożeniem przesunie się w prawo i zatrzyma na rzędzie, ustalonym przez ogranicznik /27/. Wskazania obu liczników zostaną samoczynnie skasowane. Naciśnięcie na klawisz /7/ należy wykonać przed nastawieniem kolejnej mnożnej, w przeciwnym wypadku nastawiona na klawiaturze mnożna samoczynnie będzie przekazana do licznika wyników.

Jeśli w niektórych z kolejnych mnożników ilość znaków dziesiętnych będzie mniejsza, aniżeli przewidziano dla nich za pomocą ogranicznika /27/, to podczas nastawiania mnożnika brakującą ilość znaków należy wyrównać zerami.

W czasie wykonywania przybliżonego mnożenia w każdym z czynników pozostawić o jedną dokładną cyfrę więcej niż ilość wymaganych cyfr w iloczynie, jeśli iloczyn czynników pierwszych znaczących cyfr jest mniejszy od 10.

A jeżeli natomiast iloczyn pierwszych znaczących cyfr czynników jest równy lub większy 10, to w jednym z czynników pozostawić ilość dokładnych cyfr zgodnie z ilością ich

zadanych w iloczynie, a w drugim - o jedną więcej. Pozostawić o jedną dokładną cyfrę więcej należy w tym czynniku, w którym pozostawiona ostatnia dokładna cyfra jest o jedną większej wartości. Jeżeli ilość dziesiętnych znaków mnożników jest jednakowa, to pozostawia się cyfrę o dużej wartości. Po zaokrągleniu w ten sposób mnożnej do potrzebnego rzędu należy nastawić ją na klawiaturze. W sposób analogiczny postąpić z mnożnikiem i następnie w zwykłym porządku wykonać mnożenie. Otrzymany w liczniku wynik przybliżony iloczyn należy wpisać do blankietu obliczeń, zaokrąglając ostatnią jego cyfrę.

Jeżeli jeden z czynników powtarza się w szeregu działaniach, to należy nastawić go na klawiaturze jako mnożną i utrwalić za pomocą klawisza /13/. Następnie na klawiaturze /31/ nastawić mnożniki i w zwykłej kolejności wykonać mnożenie.

Jeżeli wyniknie potrzeba pomnożenia dwóch liczb z niedużą ilością znaków przez jeden i ten sam mnożnik, można wykonać to jednym mnożeniem zamiast dwóch. W tym celu obie mnożne trzeba nastawić na klawiaturze i jednocześnie pomnożyć przez ogólny mnożnik.

Na maszynie można wykonywać mnożenia liczb z ilością znaków, przekraczających pojemność klawiatury, przy czym początkowo trzeba nastawić ilość znaków mnożnej odpowiadających ilości rzędów klawiatury i wykonać mnożenie przez drugi czynnik. Następnie karetkę przesunąć w prawo o ilość rzędów, równą ilości pozostałych nie nastawionych znaków mnożnej. Wskazania licznika obrotów i nastawienie klawiatury kasuje się. Pozostałe nie nastawione wyższe rzędy mnożnej należy nastawić na klawiaturze rozpoczynając od dziewiątego rzędu, po czym pomnożyć przez ten sam czynnik. Oba iloczyny sumują się w liczniku /23/, który ostatecznie wskaże całkowity iloczyn czynników.

**DZIELENIE.** Na maszynie SAR-2c dzielenie wykonywane jest samoczynnie. Położenie wyjściowe maszyny do dzielenia: karetkę - w krańcowym lewym położeniu, wskazania liczników skasowane, klawiatura podniesiona, dźwignia /18/ przełączenia pracy licznika obrotów znajduje się w położeniu "+", klawisz /13/ podniesiony, dźwignie /15/ i /16/ wyłączenia

samoczynnego kasowania wskazań liczników znajdują się w dolnym położeniu, dźwignia /28/ wyłączenia wstecznego biegu karetki znajduje się w górnym położeniu.

Dzielną należy nastawić na klawiaturze /1/ zaoznaczając od dziewiątego rzędu klawiszy i przez naciśnięcie klawisza /34/ przekazać ją do licznika wyników. Przy tym karetka samoczynnie przesunie się w prawo, a klawiatura zostanie skasowana. Następnie na tej samej klawiaturze tak nastawić dzielnik, aby wyższy jego rząd był umieszczony pod najwyższym rzędem dzielnej, następnie nacisnąć na klawisz dzielenia /5/ i maszyna samoczynnie wykona dzielenie. Po zakończeniu dzielenia karetką powraca w krańcowe lewe położenie, nastawiony na klawiaturze dzielnik samoczynnie zostanie skasowany. Iloraz pokazany będzie w okienkach licznika obrotów /25/. Licznik wyników wskazuje zera lub niepodzielną resztę.

W praktyce obliczeń wypadki dokładnego dzielenia /bez reszty/ spotykane są bardzo rzadko. Najczęściej dzielenie wykonuje się z przybliżeniem, z dokładnością do zadanego miejsca. Z tego względu należy dokładnie znać zasady odczytywania ilorazu, otrzymanego w liczniku obrotów, odzielenia w nim ułamkowej części liczby od całkowitej, to jest określenie układu ilorazu.

Istnieje kilka sposobów ustalenia miejsca przecinka w ilorazie podczas pracy na maszynie. Wszystkie one łatwe są do opanowania w miarę osiągania nawyków przez operatora, jeśli posługować się regułą: układ ilorazu równy algebraicznej różnicy układów dzielnej i dzielnika lub o jeden większy od niej.

Przybliżone dzielenie może być dwóch rodzajów:

1. Dzielenie dokładnych liczb z otrzymaniem przybliżonego ilorazu /dzielenie z zadaną dokładnością/.

2. Dzielenie przybliżonych wartości dzielnej i dzielnika. Przy zadanej dokładności ilorazu w granicach od 6 do 8 dokładnych cyfr, dzielenie i postawienie przecinka w ilorazie wykonuje się w zwykłym porządku. Jeśli zadana dokładność ilorazu zmienia się w granicach od 1 do 6 dokładnych cyfr, to dzielenie wykonuje się w poniższy sposób.

Przed dzieleniem dźwignię /27/ ograniczenia ruchu karetki należy ustawić o dwa rzędy wyżej, niż liczba zadanych dokładnych cyfr ilorazu. Następnie nastawić dzielną rozpoczynając od dziewiątego rzędu klawiatury i nacisnąć na klawisz /34/. Karetka przesunie się w prawo i zatrzyma na rzędzie, na który została ustawiona dźwignia /27/; dzielna przekazana jest do licznika wyników i ustalona w rzędach, odpowiadających położeniu karetki. Z kolei trzeba nastawić dzielnik i wykonać dzielenie zwykłym sposobem. Przy tym otrzymany iloraz ma o jeden - dwa rzędy więcej, niż ilość wymaganych dokładnych cyfr. Ustawienie przecinka w ilorazie dokonuje się według znanych zasad.

Podczas dzielenia przybliżonych wartości dzielnej i dzielnika należy pozostawić w dzielniku o jedną dokładną cyfrę więcej aniżeli liczba wymaganych dokładnych cyfr w ilorazie. W przybliżonej wartości dzielnej pozostawia się tę samą ogólną ilość cyfr co i w dzielniku. A jeśli przy tym cyfry wyższych rzędów dzielnej nie zawierają cyfr dzielnika, to ogólna ilość pozostawionych cyfr w dzielnej będzie o jedną więcej, niż ogólna ilość dokładnych cyfr dzielnika.

Przy wykonywaniu na maszynie dzielenia przybliżonych wartości liczb, przed rozpoczęciem obliczania należy określić ilość pozostawionych cyfr dzielnej i po zaokrągleniu w pamięci do potrzebnego rzędu, nastawić ją na klawiaturze. Następnie należy nastawić ilość dokładnych cyfr dzielnika i wykonać dzielenie z wykorzystaniem klawisza /11/ wstrzymania dzielenia na potrzebnym rzędzie. Nastawienie dzielnej i dzielnika wykonuje się rozpoczynając od wyższych rzędów.

Jeśli należy wykonać dzielenie z otrzymaniem ilorazu, którego ilość znaków przekracza pojemność licznika obrotów, to działanie wykonuje się w poniższy sposób. Początkowo zwykłym sposobem wykonać dzielenie z otrzymaniem wyższych rzędów ilorazu w granicach pojemności licznika obrotów.

W liczniku wyników będzie ustalona reszta z dzielenia.

Otrzymałą część ilorazu wpisać do blankietu obliczeń.

Resztę dzielnej za pomocą nastawiaczy /24/ nastawić w liczniku wyników jako dzielną i wykonać jej dzielenie przez nastawiony i utrwalony na klawiaturze dzielnik. Otrzymane

przy tym rzędy ilorazu powinny być dopisane do poprzednio wpisanej do blankietu obliczeń jego części.

Przy powtarzającym się dzielniku dzielenie wykonywane jest w następujący sposób. Na klawiaturze, rozpoczynając z wyższego rzędu, należy nastawić i utrwalić powtarzający się dzielnik. Karetkę przesunąć w krańcowe prawe położenie, za pomocą nastawiaczy /24/ nastawić pierwszą dzielną bezpośrednio w liczniku wyników, rozpoczynając od jego szesnastego rzędu, po czym wykonać dzielenie zwykłym sposobem. Następnie za pomocą nastawiaczy /24/ nastawić kolejną dzielną itd. Przy tym nie jest wymagane ręczne kasowanie liczników, ponieważ wykonuje się ono samoczynnie w czasie następnego dzielenia.

W tych wypadkach, gdy stały dzielnik powtarza się wiele razy lub istnieje potrzeba otrzymania dużej ilości dokładnych cyfr w ilorazie, należy uciec się do zamiany dzielenia na mnożenie. Przy tym jako jeden z czynników bierze się liczbę, odwrotną dzielnikowi /jedność, podzielona na dzielnik/.

Takie to są zasadnicze zagadnienia metodyki i techniki wykonywania arytmetycznych operacji za pomocą maszyny typu SAR-20. Wykonywanie różnego rodzaju kompleksowych obliczeń składa się z opisanych powyżej elementarnych operacji. Jednak wydaje się celowym rozpatrzeć oddzielnie metodykę wyciągania pierwiastków kwadratowych podczas pracy na maszynie. Dla wyciągania pierwiastków kwadratowych z zadaną dokładnością należy wykorzystać wzór iteracyjny.

$$x_{n+1} = \frac{1}{2} \left( \frac{A}{x_n} + x_n \right),$$

gdzie: A - liczba, z której należy wyciągnąć pierwiastek kwadratowy;

$x_n$  - pierwsza przybliżona wartość pierwiastka kwadratowego z liczby A, która może być wzięta z tabel lub w przybliżeniu obliczona w pamięci;

$x_{n+1}$  - kolejna udokładniona wartość pierwiastka kwadratowego z liczby A.

Kolejność pracy na maszynie w obliczaniu pierwiastka jest następująca. Skasować klawiaturę i liczniki, ustawić

w potrzebne położenie ogranicznik /27/ ilości znaków ilorazu. Nastawió na klawiaturze /1/ liczbę A i przez naciśnięcie klawisza /34/ przekazaó ją do licznika wyników. Nastawió na tej samej klawiaturze liczbę  $x_n$  i naciśnąó klawisz dzielenia /5/. Skasowaó licznik wyników przez naciśnięcie klawisza /9/ i przesunaó karetkę w prawo za pomocą klawisza /7/. Następnie wykonaó dodanie liczby  $x_n$  do liczby  $\frac{A}{x_n}$ , otrzymanej w liczniku obrotów i skasowaó licznik obrotów przez naciśnięcie klawisza /10/. Otrzymaną w liczniku wyników sumę  $\frac{A}{x_n} + x_n$  podzielió na liczbę 2. Po zakończeniu dzielenia licznik obrotów wskaże kolejną przybliżoną wartość pierwiastka  $x_{n+1}$ , którą należy zapisaó i porównać z wartością  $x_n$ . Jeśli  $x_{n+1}$  i  $x_n$  zgadzają się oo do wymaganej ilości znaczących cyfr, to  $x_{n+1}$  będzie szukaną wartością pierwiastka z zadanym stopniem dokładności. Przy ich nie pokryciu należy proces powtórzyć, to jest obliczyć  $x_{n+2}$  wykorzystując  $x_{n+1}$  jako początkową wartość pierwiastka.

PRZYKŁAD. Należy znaleźć  $x = \sqrt{2}$  z dokładnością do szóstej znaczącej cyfry. Wykonując kolejno proces, otrzymamy:

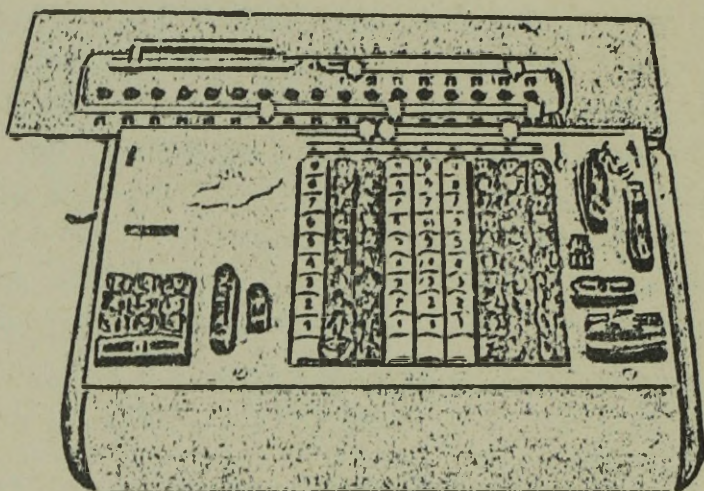
$$x_0 = 1,4;$$

$$x_1 = 1,414285;$$

$$x_2 = 1,414213;$$

$$x_3 = 1,414213.$$

Przy porównaniu wartości  $x_2$  i  $x_3$  stwierdzamy, że one zgadzają się z zadaną ilością znaczących cyfr. Odrzucając ostatnią cyfrę, otrzymamy  $x = 1,41421$  z wymaganą dokładnością.



Rys.12. Maszyna do liczenia typu WMM-2.

Uwaga: Metodyka i technika wykonywania obliczeń na maszynie WMM-2 /rys.12/ całkowicie są analogiczne do metodyki i techniki podanych dla maszyny typu SAR-20.

#### WIELOKLAWISZOWA MASZYNA DO LICZENIA TYPU R-44sm

/rys.13/.

Maszyna typu R-44sm pracuje na zasadzie proporcjonalnego przesunięcia zębatek /zasada dźwigni proporcjonalnej/. Posiada ona dużą pojemność mechanizmu nastawiania liczb i mechanizmów gromadzenia wyników, a także dużą ilość różnych urządzeń specjalnych, które zezwalają na wykonywanie obliczeń bez zapisu wyników pośrednich. Maszyna przeznaczona jest do wykonywania czterech arytmetycznych działań lecz w głównej mierze mnożenia, dzielenia i stosunkowo złożonych obliczeń kombinowanych.

Maszyna posiada dwudziestorzędową nastawczą klawiaturę /1/ po dziewięć klawiszy w każdym rzędzie pionowym, oznaczonych cyframi od 1 do 9. Dziesiąty rząd tych klawiszy z lewej strony zabarwiony jest na czerwony kolor. Przy mnożeniu z prawej strony tego rzędu nastawia się mnożną, a z lewej - mnożnik, przy tym "czerwony rząd" jest ostatnim

miejscem mnożnika. Podczas dzielenia liczb dzielną nastawia się, zaczynając od wyższych miejsc klawiatury, a dzielnik - od "ozerwonego rzędu" i w prawo. Do korpusu maszyny z przodu klawiatury przymocowana jest skala rzędów /10/ nastawiania liczb przy mnożeniu i dzieleniu. Klawiatura nastawcza zezwala na naciśnięcie w danym rzędzie tylko na jeden klawisz. Dlatego w przypadku błędu przy nastawianiu liczb w jakimkolwiek pionowym rzędzie, wystarczającym jest nacisnąć w tym rzędzie na dolny klawisz. Nieprawidłowo nastawiony klawisz zostanie przy tym skasowany. Z prawej strony klawiatury nastawczej umieszczone są trzy klawisze /7/, które mogą być naciskane wspólnie lub oddzielnie i służą:

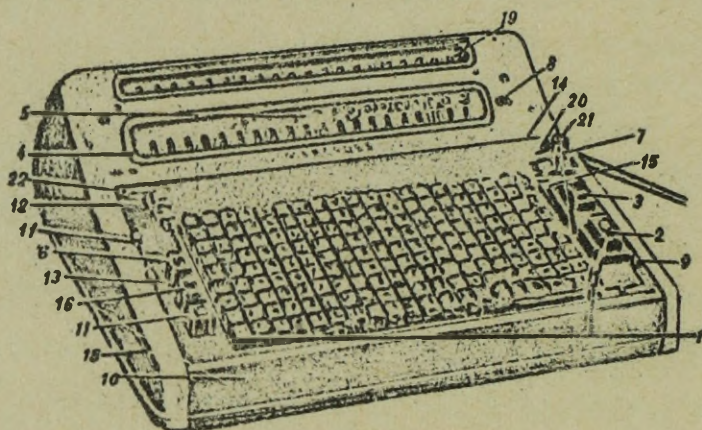
- I - do kasowania licznika obrotów /5/;
- II - do kasowania licznika wyników /4/;
- III - do kasowania klawiatury /1/.

Do włączenia dodawania i odejmowania przeznaczone są odpowiednio klawisze /2/ i /3/. Przy naciśnięciu każdego z nich włącza się silnik elektryczny i liczba, ustawiona na klawiaturze, zostaje przekazana do licznika wyników /4/ ze znakiem "+" lub "-".

Dźwignia powtórzenia /9/ posiada dwa położenia. Jeśli znajduje się ona w górnym położeniu, to po wykonaniu dodawania i odejmowania nastawiona liczba na klawiaturze zostanie zachowana. Przy dolnym jej położeniu po zakończeniu dodawania i odejmowania nastawiona na klawiaturze liczba samoczynnie zostanie skasowana. Na wykonanie mnożenia i dzielenia położenie dźwigni /9/ nie wywiera żadnego wpływu.

W ruchomej karetkie znajduje się dziesięciorzędowy licznik obrotów /5/, dwudziestorzędowy licznik wyników /4/ i dwudziestorzędowy licznik zbiorczy /19/. Na bębnach cyfrowych licznika wyników /4/ we wszystkich rzędach naniesione są dwa rzędy cyfr: dolne rzędy cyfr podają zasadnicze wartości, a górne rzędy - dopełnienia zasadniczych wartości do dziesięciu, oprócz niższego rzędu, gdzie naniesione są dopełnienia do dziesięciu. Jeśli przy wykonywaniu odejmowa-

nia odjemnik był większy od odjemnej, to w liczniku wyników otrzyma się ujemną różnicę, wskazywaną przez licznik w postaci dopełnienia do każdego rzędu różnicy do 9. Dlatego aby odczytać rzeczywistą wartość różnicy, należy przesunąć przycisk /8/ z lewego położenia w prawe i odczytać tę wartość różnicy w liczniku dopełniających wartości. Istnienie licznika zbiorczego /12/ zezwala na obliczanie na maszynie bez zapisu pośrednich wyników nie tylko sumy lub różnicy iloczynów i ilorazów, lecz i sumy lub różnicy wyników, otrzymanych w liczniku /4/.



Rys.13. Maszyna do liczenia typu R-44sm.

- 1 - cyfrowa klawiatura nastawcza;
- 2 - klawisz dodawania;
- 3 - klawisz odejmowania;
- 4 - licznik wyników;
- 5 - licznik obrotów;
- 6 - klawisz nawrotu licznika obrotów;
- 7 - I klawisz kasowania licznika obrotów;
- 7 - II klawisz kasowania licznika wyników;
- 7 - III klawisz kasowania cyfrowej klawiatury nastawczej,
- 8 - przycisk otwarcia licznika dopełniających wartości;

- 9 - dźwignia powtórzenia dla dodawania i odejmowania;
- 10 - skala rzędów nastawień liczb przy mnożeniu i dzieleniu;
- 11 - klawisz mnożenia;
- 12 - dźwignia wyłączenia rozdzielania klawiatury przy mnożeniu;
- 13 - dźwignia przełączenia na dodatnie lub ujemne mnożenie i dzielenie;
- 14 - klawisz przeniesienia /zwrotnego/ liczb z licznika wyników do mechanizmu mnożenia;
- 15 - dźwignia przełączenia na samoczynne kasowanie licznika obrotów;
- 16 - klawisz dzielenia;
- 17 - dźwignia przełączenia liczby rzędów ilorazu;
- 18 - dźwignia przerywania samoczynnego dzielenia;
- 19 - licznik zbiorczy;
- 20 - klawisz przeniesienia liczb z licznika wyników do licznika zbiorczego;
- 21 - klawisz przeniesienia liczb z licznika zbiorczego do licznika wyników z kasowaniem licznika zbiorczego;
- 22 - dźwignia połączenia klawiszy /7/, /14/, /20/, /21/ z klawiszem mnożenia.

Z lewej strony klawiatury nastawczej znajduje się klawisz mnożenia /11/, który przeznaczony jest do włączenia maszyny na samoczynne mnożenie, po zakończeniu którego lewa połowa klawiatury samoczynnie jest kasowana. Karetka przy tym powraca do położenia wyjściowego, klawisz /11/ podnosi się.

Klawisz /16/ służy do włączenia samoczynnego dzielenia. Przy naciśnięciu na niego karetka przesunie się w krańcowe prawe położenie i nastąpi samoczynne dzielenie. Po zakończeniu dzielenia karetka powraca do położenia wyjściowego. Jeśli trzeba przerwać proces samoczynnego dzielenia, to dźwignię /18/ należy przesunąć w dolne położenie. W tych wypadkach, gdy nie ma potrzeby posiadania w ilorazie więcej niż czterech lub sześciu znaków, należy dźwignię /17/ ustawić odpowiednio w położenie "4" lub "6". Wówczas iloraz

oblioza się z dokładnością do czterech lub sześciu znaczących cyfr, pozostałe znaki odpadają, a karetką powraca do położenia wyjściowego. Jeśli w trakcie działania okaże się, że dokładność, do czterech znaków nie jest wystarczająca, to po powrocie karetki dźwignię /17/ ustawia się w położeniu "6" lub "10" i ponownie naciska na klawisz /16/. Przy tym nie trzeba nastawiać nowej dzielnej.

Dźwignię /13/ wykorzystuje się przy mnożeniu i dzieleniu liczb. Jeśli dźwignia ustawiona jest w położenie "+", otrzymany iloczyn lub iloraz sumuje się ze wskazaniem licznika wyników, a jeśli w położeniu "-" - odejmuje się.

Klawisz /6/ służy dla przełączenia kierunku pracy licznika obrotów /5/ i może znajdować się w jednym z trzech położzeń. Jeśli znajduje się w górnym położeniu, licznik obrotów pracuje w tym samym kierunku co i licznik wyników. Przy krańcowym dolnym położeniu klawisza /6/ licznik obrotów pracuje w przeciwnym kierunku, niż licznik wyników. W pośrednim położeniu klawisza /6/ we wszystkich obliczeniowych operacjach, za wyjątkiem dodatniego dzielenia, licznik obrotów wyłącza się.

Dźwignią /12/ należy posługiwać się przy mnożeniu liczb gdy krotność mnożnej przekracza dziesięć rzędów lub przy jednoczesnym mnożeniu dwóch mnożnych przez ogólny mnożnik. W normalnym położeniu dźwignia ta znajduje się na znaczniku "1 - 10". Przy tym klawiatura jest rozdzielona, mnożną i mnożnik nastawia się obok siebie. Przy położeniu dźwigni /12/ na znaczniku "1 - 20" klawiatura nie jest rozdzielona. Potem mnożnik z mniejszą krotnością nastawia się w lewej części klawiatury i naciska klawisz mnożenia /11/. Karetką przesuwa się w prawo na zadaną liczbę rzędów i zatrzymuje, nastawiona na klawiaturze liczba zostaje skasowana. Potem na klawiaturze nastawia się wielorzędową mnożną /lub dwie różne mnożne/ mnożenie w tym wypadku włącza się przez ustawienie dźwigni /12/ w normalne położenie.

Klawisz /14/ przeznaczony jest dla przeniesienia dziesięciu wyższych rzędów z licznika wyników do mnożącego mechanizmu jako mnożnik. Jednocześnie następuje skasowanie licznika wyników i licznika obrotów. Za pomocą klawisza /20/ liczba z licznika wyników zostaje przeniesiona do licznika zbiorczego /19/, gdzie następuje sumowanie z liczbą,

znajdująca się w liczniku zbiorczym. Klawisz /21/ służy do zwrotnego przeniesienia liczby z licznika zbiorczego do licznika wyników /4/ z jednoczesnym kasowaniem licznika /19/. Dźwignia /15/ służy dla sterowania kasowaniem licznika obrotów /5/. Przy normalnym jej położeniu "I" w czasie naciśnięcia klawisza /14/ licznik obrotów /5/ zostaje skasowany. W tych wypadkach gdy licznik obrotów wykorzystuje się do zbioru, dźwignię /15/ przesuwa się w górne położenie, przy tym licznik obrotów nie zostaje skasowany.

Do kasowania licznika zbiorczego /19/ maszyna nie posiada specjalnego klawisza. Dlatego w celu jego skasowania należy znajdującą się tam liczbę przekazać do licznika wyników /4/ i następnie skasować przez naciśnięcie klawisza /7/.

Dźwignia /22/ przełączenia na uproszczony sposób mnożenia pozwala przy jej ustawieniu w prawą stronę samoczynnie włączyć mnożenie po zakończeniu operacji, włączonych klawiszami /7 - I/, /7 - II/, /14/ i /20/. Przy tym mnożeniem będzie liczba, znajdująca się w liczniku obrotów lub w liczniku wyników, a mnożną - liczba wcześniej nastawiona na klawiaturze /1/.

#### PRZYGOTOWANIE MASZINY TYPU R-44sm DO PRACY

Napęd maszyny dokonywany jest za pomocą silnika elektrycznego o mocy 24 wat, który pracuje na prąd zmienny o napięciu 120 lub 220 volt. Zanim włączy się maszynę do sieci należy porównać czy odpowiada rodzaj prądu i napięcia w sieci w miejscu pracy maszyny z odpowiednimi danymi jej silnika elektrycznego, podanymi w tabelce metrykowej. Sprawdzenie ilości obrotów maszyny wykonuje się w sposób analogiczny do tego, jaki był podany dla maszyny typu SAR-20. Normalna ilość obrotów obliczającego wałka maszyny wynosi 500 na minutę.

Przed rozpoczęciem pracy wszystkie mechanizmy maszyny należy ustawić w położenie wyjściowe: wskazania liczników skasowane, dźwignia powtórzenia /9/ - w przednim położeniu, dźwignia /12/ wyłączenia rozdzielania klawiatury - w położeniu "1 - 10", dźwignia /15/ włączenia samoczynnego kasowania licznika obrotów - w położeniu "1", dźwignia /17/ przełączenia liczby rzędów ilorazu - w położeniu "10", dźwignia

/13/ licznika obrotów i wyników - w położeniu "+". W procesie obliczeń w zależności od wykonywanego działania i oddzielnych jego sposobów do położenia wyjściowego można wprowadzać zmiany.

Po doprowadzeniu maszyny do położenia wyjściowego sprawdza się ją na prawidłowość obliczeń. Sprawdzenie prawidłowości dodawania i odejmowania na maszynie typu R-44sm wykonuje się tak samo, jak i na maszynie typu SAR-20. Przy tym należy wykonać operację przeniesienia wskazań licznika wyników /4/ do licznika zbiorczego /19/ za pomocą klawisza /20/ i odwrotnego przekazania za pomocą klawisza /21/.

Dla sprawdzenia prawidłowości mnożenia i dzielenia, należy nastawić liczbę 9 999 999 999 rozpoczynając z wyższego rzędu klawiatury po uprzednim włączeniu "czerwonego rzędu". W ośmiu wyższych z dziesięciu pozostałych rzędów klawiatury nastawić liczbę 12 345 679. Następnie nacisnąć na klawisz mnożenia /11/. Po wykonaniu działania w osiemnastu wyższych rzędach licznika wyników powinien być iloczyn 123 456 789 987 654 321, w dwóch niższych jego rzędach - zera i w liczniku obrotów - mnożnik 9 999 999 999. Pozostawiając wskazania licznika wyników i licznika obrotów, na klawiaturze należy nastawić, rozpoczynając od „czerwonego rzędu”, liczbę 12 345 679 i nacisnąć na klawisz dzielenia /16/. Po zakończeniu działań licznik wyników powinien wskazać zera. W liczniku obrotów powinna być liczba 9 999 999 999. To samo powtarza się, nastawiając mnożną w ośmiu niższych rzędach. Otrzymany przy tym iloczyn 123 456 789 987 654 321 będzie zajmował osiemnaście niższych rzędów licznika obrotów.

Dla maszyny typu R-44sm, jak i dla SAR-20 powinna być zastosowana najwygodniejsza i najbardziej ekonomiczna metoda nastawiania liczb na klawiaturze. Nastawianie należy wykonywać lewą ręką z takim samym jak dla SAR-20 podziałem funkcji palców, dostosowanym do dwudziestorzędowej klawiatury. Niekiedy stosuje się sposób nastawiania liczb na maszynie R-44sm dwoma rękoma. Przy tym dla każdej ręki na klawiaturze wyznacza się strefy nastawień i odpowiednie klawisze sterowania; granicą między strefami jest "czerwony rząd".

## WYKONYWANIE OBLICZEŃ NA MASZYNIE TYPU R-44sm

Metodyka wykonywania arytmetycznych działań na maszynie typu R-44sm jest analogiczna do metodyki wykonywania na maszynie SAR-20. Jednak technika wykonania oddzielnych działań na maszynie R-44sm, i w szczególności kompleksowych obliczeń, w szeregu wypadkach w sposób istotny różni się od podanych wyżej sposobów dla maszyny SAR-20. Rozpatrzmy wykonywanie każdego działania oddzielnie.

**DODAWANIE.** Dla wykonania dodawania pierwszy składnik należy nastawić na prawej połowie klawiatury i po naciśnięciu klawisza /2/ przekazać go do licznika wyników /4/, a nastawiona na klawiaturze liczba zostanie przy tym samoczynnie skasowana. W liczniku obrotów /5/ ukaże się jedynka. Następnie na klawiaturze kolejno trzeba nastawić następujące składniki - jednostki pod jednostkami, dziesiątki pod dziesiątkami itd., - i przekazać do licznika wyników za pomocą tego samego klawisza /2/. Po zakończeniu dodawania licznik wyników pokaże sumę wszystkich składników, a licznik obrotów - ogólną ilość składników. Dla skasowania liczb, utrwalonych w licznikach /4/ i /5/, należy nacisnąć na klawisze /7-I/ i /7-II/.

Przy sumowaniu ułamkowych liczb z różną ilością dziesiętnych znaków pożądanym jest jako pierwszą nastawić liczbę z największą ilością dziesiętnych znaków. W przeciwnym wypadku składnik powinien być nastawiony w takim miejscu na klawiaturze, aby można było rozmieścić w kolejności i składniki z największą ilością dziesiętnych znaków.

Dwudziestorzędowa klawiatura maszyny zezwala na dokonywanie nastawień dwóch lub kilku liczb jednocześnie przy równoległym dodawaniu liczb w dwóch lub kilku kolumnach odpowiednio. W tym wypadku na klawiaturze, rozpoczynając z wyższych jej rzędów, kolejno należy nastawić początkowo liczbę lewej kolumny dokumentu, a następnie kolejnych kolumn, po czym przez naciśnięcie klawisza /2/ przekazać je do licznika /4/, z kolei w sposób analogiczny nastawić następną grupę liczb i przekazać do tego samego licznika. Po zakończeniu dodawania w odpowiednich rzędach licznika wyników otrzyma się sumę liczb, z którymi wykonywane było działanie. Licznik

obrotów pokaże ogólną ilość grup składników /wierszy dokumentów/.

**ODEJMOWANIE.** Normalne odejmowanie liczb na maszynie /gdy odjemna większa od odjemnika/ wykonuje się dokładnie tak samo, jak i dodawanie, z tą tylko różnicą, że odjemnik przekazuje się do licznika wyników /4/ ze znakiem minus przez naciśnięcie klawisza /3/. W tym celu aby w liczniku obrotów /5/ utrwalić ogólną ilość odjemników, należy przed przekazaniem pierwszego odjemnika do licznika wyników /4/ przed pierwszym naciśnięciem klawisza /3/ skasować wskazania licznika obrotów przez naciśnięcie klawisza /7-T/, a klawisz nawrotu /6/ nacisnąć do oporu.

Przy odejmowaniu od mniejszej liczby większej, a także w szeregu wypadkach przy zachowaniu kolejności dodawania i odejmowania w liczniku wyników może być otrzymana liczba ujemna. W ostatnim wypadku trudno przewidzieć czy wynik będzie dodatni czy też ujemny, lecz nie ma potrzeby dokonywania tego, ponieważ przy istnieniu w liczniku /4/ ujemnego wyniku, wyższe rzędy będą wypełnione dziewiątkami. Dla odczytu ujemnego wyniku przycisk /8/ należy przesunąć w prawo, przy tym zostaną odsłonięte okienka licznika dopełniających wartości. Wskazania licznika dopełniających wartości przy zapisie wyników, już nie trzeba rzędów dopełniać do 9, a niższy rząd 10, lecz wziąć odczytaną liczbę ze znakiem "-".

**MNOŻENIE.** Mnożenie na maszynie R-44sm wykonuje się tak samo jak i na maszynie SAR-2c metodą kolejnych dodawań, dlatego zaleca się czynnik z dużą ilością znaków nastawić jako mnożną w prawej strefie klawiatury, a z mniejszą ilością znaków - jako mnożnik w lewej strefie klawiatury. Przy tym oba czynniki nastawia się tak, aby ich niższe rzędy były umieszczone w niższych rzędach stref klawiatury: w lewej strefie w "ozerwonym rzędzie", a w prawej strefie w pierwszym rzędzie. Dla włączenia samoczynnego mnożenia należy nacisnąć na klawisz /11/. Otrzymany iloczyn utrwała się w liczniku wyników, a mnożnik - w liczniku obrotów. Po wykonaniu mnożenia nastawienie mnożnika zostaje samoczynnie skasowane, mnożna pozostaje nie skasowaną i koryguje się celem ustawienia następnej mnożnej lub kasuje ręcznie wspólnie z kasowaniem liczników /4/ i /5/ przez jednoczesne

naciśnięcie na wszystkie trzy klawisze /7/.

W razie potrzeby otrzymania nie każdego iloczynu oddzielnie, a jedynie ich sumę po zakończeniu każdego mnożenia, skasować tylko licznik obrotów i klawiaturę przez jednoczesne naciśnięcie na klawisze /7 - I/ i /7 - III/.

Następnie nastawić kolejną parę czynników i wykonać ich mnożenie w sposób zwykły. Otrzymany iloczyn samoczynnie sumuje się z iloczynem, otrzymanym w liczniku wyników z poprzedniego mnożenia. Przed wykonaniem mnożenia z gromadzeniem iloczynów należy ustalić miejsce przecinka w liczniku wyników. Jeśli należy znać nie tylko sumę iloczynów lecz i każdy z nich, wykorzystuje się licznik zbiorczy /19/. W tym celu po zapisie każdego iloczynu do blankietu obliczeń należy iloczyn przekazać z licznika wyników /4/ do licznika zbiorczego /19/ przez naciśnięcie na klawisz /20/, a następnie wykonać kolejne mnożenie.

Jeśli w czasie obliczeń otrzymany iloczyn należy odjąć od iloczynu, otrzymanego wcześniej w liczniku wyników, to przed wykonywaniem tego mnożenia należy dźwignię /13/ przesunąć w położenie "-". Przy tym otrzymany iloczyn będzie odejmy od iloczynu wcześniej otrzymanego w liczniku wyników /4/. Odczyt tej różnicy, jeśli ona okaże się ujemną dokonuje się tak samo, jak i ujemnej różnicy podczas odejmowania.

W razie potrzeby otrzymania w liczniku obrotów różnicy czynników należy przed wykonaniem ujemnego mnożenia nacisnąć w dół do oporu klawisz /6/ nawrotu licznika obrotów, który w tym przypadku po zakończeniu mnożenia pokaże bezwzględną wartość tej różnicy.

Jak podane było wyżej, klawiatura maszyny R-44sm obliczona jest na mnożenie liczb z rzędami 10 x 10. Przez nastawienie dźwigni /12/ w położenie "1 - 20" osiąga się wyłączenie podziału dwudziestorzędowej klawiatury maszyny na dwie strefy. Przy tym może być wykonane mnożenie liczb z dowolną krotnością, jeśli sumaryczna ilość rzędów mnożnej i mnożnika nie przewyższa 20. Lecz w tym przypadku samoczynne mnożenie wykonuje się w dwóch częściach.

Początkowo w lewej strefie klawiatury w zwykły sposób należy nastawić czynnik z mniejszą ilością znaków, przełączyć dźwignię /12/ w położenie "1 - 20" i nacisnąć na klawisz mnożenia /11/. Przy tym karetką przesunie się w prawo o ilość

rzędów, równą ilości znaków mnożnika i samoczynnie zatrzyma się, a nastawienie w lewej strefie klawiatury zostanie skasowane. Klawisz mnożenia /11/ pozostaje w naciśniętym położeniu.

Następnie nastawić mnożną, posiadającą ilość znaków powyżej 10, tak by jej niższe rzędy były na niższych rzędach klawiatury i przez przestawienie dźwigni /12/ w położenie "1 - 10" włączyć samoczynne mnożenie. Po zakończeniu mnożenia w liczniku wyników otrzyma się iloczyn, a w liczniku obrotów ustalony zostanie czynnik z mniejszą ilością znaków, zaś czynnik z większą ilością znaków pozostaje nastawiony na klawiaturze i w razie potrzeby może być skasowany klawiszem /7 - III/. Przy tym dźwignia /12/ nie zajmuje położenia wyjściowego i dla włączenia następnego mnożenia wystarczającym będzie lekkie przesunięcie jej w położenie "1 - 10", po czym ona ponownie powraca do położenia "1 - 20".

Analogicznie do podanego sposobu wykonuje się mnożenie dwóch mnożnych przez jeden wspólny mnożnik. W tym przypadku jedną mnożną należy nastawić w lewej strefie klawiatury, a drugą - w prawej, przy czym ostatni znak lewej mnożnej powinien znajdować się w "ozerwonym rzędzie" klawiatury, a prawej - w krańcowym prawym położeniu /pierwszym rzędzie/. Takie mnożenie można wykonywać tylko w tych przypadkach, gdy suma rzędów wspólnego mnożnika i mnożnej z największą ilością znaków nie przewyższa 10, w przeciwnym razie w liczniku wyników będzie otrzymany nieprawidłowy zmieszany iloczyn z powodu przekroczenia pojemności mechanizmów obliczających.

Posługując się klawiszem /14/ zwrotnego przeniesienia liczb z mechanizmu wyników do mechanizmu mnożenia, na maszynie R-44sm można wykonywać mnożenie kilku czynników, lecz tylko w tych przypadkach, gdy ilość znaków w każdym z nich nie przewyższa 10, ponieważ klawiszem /14/ dokonuje się zwrotne przeniesienie tylko dziesięciu wyższych rzędów z licznika wyników. Kolejność pracy operatora w tych przypadkach będzie następująca:

Przed nastawieniem pierwszego czynnika należy nacisnąć na klawisz mnożenia /11/ i sprawdzić, czy wolny jest mechanizm mnożenia. Pierwszy czynnik należy nastawić w lewej

strefie klawiatury tak, aby jego niższy rząd przypadł na "ozerwony rząd". Przez naciśnięcie klawisza dodawania /2/ nastawiona liczba przekazana zostanie do licznika wyników. Następnie za pomocą klawisza zwrotnego przeniesienia /14/ liczbę tę należy przekazać do mechanizmu mnożenia; w okienku wzornikowym z lewej strony licznika obrotów ukaże się znak "M". Jednocześnie samoczynnie zostaną skasowane liczniki wyników i obrotów. W tym samym porządku nastawić w lewej strefie drugi czynnik. Następnie nacisnąć na klawisz mnożenia /11/ i w liczniku wyników otrzyma się iloczyn pierwszych dwóch czynników. Przez naciśnięcie klawisza /14/ iloczyn ten zostanie przekazany do mechanizmu mnożenia. W lewej strefie nastawić trzeci czynnik i po naciśnięciu na klawisz mnożenia otrzyma się iloczyn trzech czynników.

Jeśli przewiduje się, że ogólny iloczyn kilku liczb nie zmieści się w lewej strefie licznika wyników /w dziesięciu wyższych jego rzędach/, to ostatni czynnik w sposób zwykły należy nastawić w prawej strefie klawiatury, po czym nacisnąć na klawisz mnożenia. Iloczyn będzie ustalony w prawych rzędach licznika wyników, rozpoczynając z niższego.

Analogicznie do podanego sposobu mnożenia kilku liczb, może być wykonywane mnożenie przez jeden lub kilka mnożników liczb, otrzymanych w lewej połowie licznika /4/ w wyniku poprzednich działań dodawania i odejmowania.

Istnienie w maszynie R-44sm dźwigni /22/ zezwala w szeregu wypadkach na znaczne uproszczenie wykonania samoczynnego mnożenia. Przy ustawieniu dźwigni w prawe położenie dokonuje się połączenia funkcji klawisza mnożenia /11/ z funkcjami klawiszy /7 - I/, /7 - II/, /14/ i /20/ w ten sposób, że przy naciśnięciu jednego z klawiszy /7 - I/, /7 - II/, /14/ lub klawisza /20/ po wykonaniu odpowiedniej dla tego klawisza operacji włącza się następne samoczynne mnożenie. W tym celu wystarczającym jest przed naciśnięciem dowolnego z podanych klawiszy, który potrzebny jest w trakcie obliczania, nastawić na klawiaturze nowe oznaki.

Tak więc, przy mnożeniu kilku liczb przez stały mnożnik w lewej strefie klawiatury należy nastawić zmieniający się czynnik, a w prawej - stały mnożnik, pierwsze mnożenie wykonać przez naciśnięcie klawisza mnożenia /11/. W liczniku wyników otrzyma się ich iloczyn, a w liczniku obrotów - mnożną;

lewą strefę klawiatury należy skasować, a nastawiony mnożnik w prawej strefie zostaje zachowany. Po przestawieniu dźwigni /22/ w prawe położenie nastawić w lewej strefie klawiatury nową mnożną i nacisnąć klawisz kasowania /7 - I/, /7 - II/. W wyniku czego zostaną skasowane liczniki /4/ i /5/ i wykona się następne mnożenie. Jeśli przy tym trzeba otrzymać również sumę mnożnych, to należy nacisnąć tylko jeden klawisz /7 - II/, pozostawiając każdorazowo nie skasowany licznik obrotów /5/, gdzie będzie gromadziła się ich suma. Gdy w trakcie obliczeń trzeba otrzymać sumę oddzielnych iloczynów, to po kolejnym mnożeniu zamiast klawisza kasowania /7 - II/ należy nacisnąć klawisz /20/, który włącza następne mnożenie i po jego zakończeniu zgromadzona w liczniku wyników suma iloczynów zostanie przekazana do licznika zbiorczego /19/.

Przy mnożeniu kilku liczb wykorzystanie dźwigni /22/ również zezwala na uproszczenie procesu włączenia następnego mnożenia, ponieważ w tym wypadku ono wykonuje się samodzielnie po przeniesieniu liczby z licznika wyników do mechanizmu mnożenia przez naciśnięcie klawisza /14/, lecz przy tym należy kolejny czynnik nastawić w lewej strefie klawiatury przed naciśnięciem tego klawisza.

DZIELENIE. Podczas dzielenia "czerwony rząd" klawiatury odnosi się do prawej strefy /strefa dzielnika/, będąc jej wyższym rzędem. Przy normalnym dzieleniu dzielną nastawia się w strefie dziewięciu wyższych rzędów klawiatury, zaczynając z wyższego rzędu, a dzielnik - w jedenastu rzędach prawej strefy, rozpoczynając od "czerwonego rzędu". Jeśli wyższa strefa dzielnej jest mniejsza od wyższej cyfry dzielnika, to nastawienie dzielnika rozpoczyna się nie od „czerwonego rzędu” lecz od dziesiątego rzędu klawiatury, czym zapobiega się stracie jednego rzędu podczas dzielenia. Po nastawieniu dzielnej i dzielnika przez naciśnięcie klawisza dzielenia /16/ włącza się samoczynne dzielenie; w liczniku obrotów otrzyma się iloraz, dzielna samoczynnie zostanie skasowana, a nastawiony dzielnik w prawej strefie klawiatury zostanie zachowany i może być wykorzystany w dalszym ciągu, na przykład, przy dzieleniu przez stały dzielnik lub należy skasować go ręcznie za pomocą klawisza /7 - III/.

W tych wypadkach, kiedy ilość znaków dzielnej przekra-

oza dziewięć rzędów, dzielenie wykonuje się w sposób podany poniżej. Klawisz /6/ nawrotu licznika obrotów należy ustawić w położenie pośrednie, dźwignię powtórzenia /9/ - w dolne położenie. Dzielną, ilość znaków której może osiągać 20, trzeba nastawić na klawiaturze, rozpoczynając od jej wyższego rzędu i przekazać do licznika wyników /4/ przez naciśnięcie klawisza dodawania /2/. Następnie w zwykłym porządku nastawić dzielnik w prawej strefie klawiatury i przez naciśnięcie klawisza dzielenia /16/ włączyć samoczynne dzielenie, po zakończeniu którego w liczniku obrotów /5/ otrzyma się iloraz.

U w a g a : Ustawienie klawisza /6/ w pośrednie położenie niezbędne jest po to, aby wykluczyć możliwość ukazania się w liczniku obrotów jedności w czasie naciśnięcia klawisza dodawania /2/ dla przekazania dzielnej do licznika wyników. Klawisz może pozostać w tym położeniu do czasu zakończenia dzielenia, ponieważ nie odłącza on licznika obrotów podczas dzielenia dodatniego. Po zakończeniu dzielenia klawisz należy ustawić w położenie wyjściowe.

Jeśli przy dzieleniu dokładnej wartości dzielnej na dokładną wartość dzielnika należy otrzymać tylko przybliżoną wartość ilorazu z zadaną ilością dokładnych cyfr, to wykorzystuje się samoczynne przerwanie dzielenia za pomocą dźwigni /17/, która posiada trzy położenia - "4", "6", "10". W zależności od tego, ile dokładnych cyfr w ilorazie będzie potrzebnych, dźwignię /17/ ustawia się w jedno z trzech położen i tym samym włącza samoczynne przerwanie dzielenia po otrzymaniu 4, 6 lub 10 cyfr ilorazu. Jeśli otrzymanych znaczących cyfr jest za mało, dźwignię /17/ przesuwa się na znacznik z większą cyfrą i przedłuża się samodzielne dzielenie.

W wypadkach najrozmaitszych błędów przy nastawianiu dzielnika, rozpoczęty proces dzielenia lub ciągła praca maszyny mogą być przerwane przez krótkotrwałe naciśnięcie w dół dźwigni /18/. Przy tym karetkę zatrzymuje się natychmiast. Dla jej powrotu w położenie wyjściowe należy naciśnąć klawisz mnożenia, skasować liczniki i klawiaturę, a następnie powtórzyć nastawienie liczb.

W razie potrzeby otrzymania w liczniku obrotów dodatniej różnicy, na przykład dwóch ilorazów, należy przed powtórny dzieleniem dźwignię /13/ ustawić w położenie "-". Jeśli różnica ta okaże się ujemną, to licznik obrotów wskaże nie samą różnicę, a dopełnienie każdej jej cyfry do 9. Wobec tego, aby prawidłowo zapisać otrzymaną liczbę należy uprzednio znać znak wyniku.

Jeśli należy otrzymać iloraz z ilością znaków, przekraczającą pojemność licznika obrotów, najpierw dzielenie wykonać w zwykłym porządku otrzymując znak ilorazu w granicach pojemności licznika obrotów. Reszta z dzielenia będzie utrwalona w liczniku wyników, a w liczniku obrotów będzie utrwalonych pierwszych 10 cyfr ilorazu, które wpisuje się do blankietu obliczeń. Resztę z dzielenia nastawić na klawiaturze jako dzielną, skasować liczniki /4/ i /5/ i powtórzyć dzielenie przez ustalony na klawiaturze dzielnik. Z otrzymanych przy tym w liczniku obrotów pozostałych cyfr ilorazu wybiera się potrzebną ilość wyższych z nich i dopisuje z prawej strony, do wcześniejsz otrzymanej wartości, ilorazu.

Takie są zasadnicze właściwości techniki wykonywania czterech arytmetycznych działań na wieloklawiszowej maszynie do liczenia typu R-44sm. Różnego rodzaju kompleksowe obliczenia wykonuje się z zastosowaniem podanych sposobów przy całkowitym wykorzystaniu wszystkich możliwości maszyny, które opanowywane są w procesie pracy praktycznej operatora na maszynie tego typu.

## ROZDZIAŁ II

### WSKAZÓWKI METODYCZNE DO PRZYGOTOWYWANIA ZADAŃ I WYKONYWANIA OBLICZEŃ PRZY POMOCY KLAWISZOWYCH MASZYN LICZĄCYCH

#### § 1. NIEKTÓRE WIADOMOŚCI O OBLICZENIACH PRZYBLIŻONYCH

Przy wykonywaniu obliczeń duże znaczenie posiada zagadnienie dokładności wyników końcowych. Istnieje wiele przyczyn powodujących powstawanie błędów.

Po pierwsze, dość często dane wyjściowe do obliczeń otrzymujemy z doświadczenia. Każde doświadczenie daje wynik o ograniczonej dokładności.

Po drugie, jeżeli do rozwiązania zadania stosowana jest jedna z przybliżonych metod liczbowych, to otrzymujemy wynik z charakterystycznym dla tej metody błędem, a nie z dokładnością bezwzględną.

Po trzecie, w toku obliczeń zachodzi konieczność stosowania wielkości niewymiernych, na przykład,  $\pi$ ,  $e$ ,  $\sqrt{2}$ , itp. Przy wykonywaniu obliczeń na maszynach liczących wartości tych wielkości będą brane w przybliżeniu.

Po czwarte, już przy wykonywaniu takich prostych operacji jak mnożenie i dzielenie może w poważnym stopniu zwiększyć się ilość rzędów i wyniki mogą nie zmieścić się w licznikach lub innych urządzeniach maszyny. W tym wypadku zajdzie konieczność odrzucenia pewnej ilości rzędów.

I wreszcie, błędy wyjściowe będą stopniowo przechodzić przekształcając się od operacji do operacji i powodować nowe błędy.

Wpływ omówionych wyżej błędów na dokładność wyniku może być bardzo duże.

Przy stosowaniu do obliczeń wielkości przybliżonych zachodzi konieczność rozwiązywania następujących zadań:

- dawać charakterystykę matematyczną dokładności wielkości przybliżonych;
- oceniać dokładność wyniku w zależności od znanej dokładności danych wyjściowych;

- określać dokładność danych wyjściowych zabezpieczającą nakazaną dokładność wyniku;

- uzgadniać dokładność różnych danych wyjściowych, z takim wyliczeniem, żeby napróżno nie obliczać bardzo dokładnie jednych danych, jeżeli inne dane są brane z dużym przybliżeniem;

- w procesie obliczeń śledzić za dokładnością pośrednich wyników z takim wyliczeniem, żeby z jednej strony, zabezpieczyć niezbędną dokładność wyniku końcowego i z drugiej strony, w miarę możliwości uprościć obliczenia.

Rozpatrzmy pojęcie dokładności jakiegoś dowolnego wyniku. Liczbę przybliżoną „a” nazywamy liczbą nieznacznie różniącą się od dokładnej. Bezwzględną różnicę między wartością rzeczywistą i przybliżoną jakiejś dowolnej wielkości nazywamy błędem bezwzględnym tej wartości. Błąd bezwzględny nie zawsze w stopniu dostatecznym charakteryzuje dokładność obliczeń. Na przykład, jeśli powiemy, że błąd pomiaru pewnej długości wynosi 1 mm, to na danej podstawie nie można stwierdzić, że pomiar wykonany został dokładnie, ponieważ należy znać zmierzoną wartość danej wielkości. Jeżeli w tym wypadku mierzona długość jest rzędu kilku metrów, to dokładność jest dobra, ale jeżeli ta długość jest rzędu kilku milimetrów, to dokładność jest mała.

Dokładność pomiaru lub obliczenia o wiele lepiej jest charakteryzować podaniem tak zwanego błędu względnego.

Błędem względnym liczby przybliżonej nazywamy stosunek błędu bezwzględnego tej liczby do modułu odpowiedniej dokładnej jej wartości. Błąd względny jest liczbą oderwaną. Im mniejszy jest błąd względny, tym większa jest dokładność. Dlatego też błąd względny przyjmowany jest jako miara dokładności wyniku.

W zapisie liczby przybliżonej obowiązkowo należy podawać odpowiadający tej liczbie błąd bezwzględny lub względny /np. można zapisać liczbę przybliżoną „a” w postaci  $a \pm \Delta a$ , gdzie  $\Delta a$  - błąd bezwzględny/. Jednak jeżeli trzeba wpisać do tabeli dużą ilość liczb przybliżonych, to ten sposób jest niezbyt wygodny. Dlatego też, w praktyce obliczeniowej dość często stosuje się różnego rodzaju metody, zezwalające na ocenę dokładności liczby przybliżonej tylko

na podstawie zapisu samej liczby. Jedną z najbardziej rozpowszechnionych metod polega na tym, że jeśli błąd bezwzględny wielkości „a” nie przewyższa jednej jedności rzędu ostatniej cyfry liczby „a”, to uważamy, że w liczbie a wszystkie znaki są prawdziwe. Jeżeli liczba przybliżona zapisywana jest bez podania błędu, stawiane jest wymaganie, żeby wszystkie zapisane cyfry były prawdziwe. Na przykład, jeżeli błąd bezwzględny liczby 375000 jest nie większy od 1000, to liczbę należy zapisać w postaci  $375 \cdot 10^3$ . Natomiast jeżeli liczba wyjściowa posiada kilka wątpliwych cyfr i ohoemy wykorzystać ten sposób zapisu, liczbę należy wstępnie zaokrąglić. Zaokrąglenie jest stosowane i w tym wypadku, kiedy liczba rzędów jest zbyt duży. Przy zaokrągleniu znaki zbyt duże odrzuca się, albo jeżeli zachodzi potrzeba zachowania rzędów, odrzucone znaki zamienia się zerami, przy czym, jeżeli pierwsza odrzucona cyfra jest większa od 5, to do ostatniej cyfry dodajemy jedność. Jeżeli pierwsza odrzucona cyfra jest równa 5, to zaokrąglamy tak, żeby ostatnia cyfra była parzystą.

Rozpatrzmy, jaki wywierają wpływ na dokładność wyniku różnego rodzaju działania arytmetyczne na liczbach przybliżonych.

**DODAWANIE.** Błąd bezwzględny sumy algebraicznej kilku liczb przybliżonych jest nie większy od sumy błędów bezwzględnych tych liczb.

W celu dodania liczb należy:

1. Wydzielić liczby, zapis dziesiętnych których kończy się wcześniej od innych i pozostawić je bez zmian.

2. Pozostałe liczby zaokrąglić do ilości znaków dziesiętnych liczb wydzielonych, zachowując o jeden dziesiętny znak więcej.

3. Dodać liczby uwzględniając wszystkie zachowane znaki dziesiętne.

4. Otrzymany wynik zaokrąglić o jeden znak.

Przykład. Dodać liczby: 3485,4; 32, 145; 0,38143

$$\begin{array}{r} 3485,4 \\ + \quad 32,14 \\ \quad \quad 0,38 \\ \hline 3517,92 \quad 3517,9 \end{array}$$

**MNOŻENIE.** Błąd względny powstały przy mnożeniu kilku liczb przybliżonych różnych od zera nie przekracza sumy błędów względnych tych liczb. Dla obliczenia iloczynu kilku liczb przybliżonych należy:

1. Zaokrąglić liczby tak, żeby każda z liczb posiadała o jedną cyfrę znaczącą więcej, niż ilość prawdziwych cyfr w najmniej dokładnym z mnożników.

2. W iloczynie zachować tyle cyfr znaczących ile prawdziwych cyfr posiada najmniej dokładny mnożnik.

Przykład: Wykonać mnożenie następujących liczb przybliżonych:

$$x_1 = 32,5; \quad x_2 = 1,7537$$

Rozwiązanie:

$$x_1 = 32,5; \quad x_2 = 1,754; \quad x_1 \cdot x_2 \approx 57,00 = 57,0$$

**DZIELENIE.** Ponieważ dzielenie przez liczbę "y" jest równoznaczne mnożeniu przez liczbę  $\frac{1}{y}$ , to przy dzieleniu błąd względny ilorazu nie przekracza sumy błędów względnych dzielnej i dzielnika.

**POTĘGOWANIE.** Błąd względny n-tej potęgi jest n razy większy od błędu względnego potęgowanej liczby /zasada słuszna i dla potęg ułamkowych/.

**ODEJMOWANIE.** Odejmowanie liczb przybliżonych jest szczególnie niewygodne wtedy, kiedy liczby przybliżone są dość podobne, ponieważ w tym wypadku może mieć miejsce dość duża utrata dokładności.

Na przykład:  $x_1 = 13,126; \quad x_2 = 13,103$

$$y = x_1 - x_2 = 0,023$$

A więc różnica posiada tylko dwie cyfry znaczące, z których ostatnia jest wątpliwą, ponieważ błąd bezwzględny różnicy:

$$\Delta y = 0,0005 + 0,0005 = 0,001$$

a błędy względne

$$\delta x_1 = \frac{0,0005}{13,126} \approx 0,00004$$

$$\delta x_2 = \frac{0,0005}{13,103} \approx 0,00004$$

$$\delta y = \frac{0,001}{0,023} \approx 0,04$$

W danym przypadku błąd względny różnicy jest około 1000 razy większy od błędów względnych danych wyjściowych. Dlatego też, przy działaniach na liczbach przybliżonych należy unikać odejmowania dwóch prawie równych liczb przybliżonych. Jeżeli nie da się tego uniknąć, to należy mieć na uwadze, że błąd względny różnicy będzie tyle razy większy od błędu względnego odjemnej i odjemnika, ile razy otrzymana różnica jest mniejsza od każdego z nich.

### BŁĄD FUNKCJI

Ocena dokładności obliczenia dowolnej funkcji, wartość zmiennej niezależnej, której jest przybliżona, może być wykonana za pomocą różniczki tej funkcji.

Weźmy pod uwagę funkcję  $y = f / x /$ .

$\Delta x$  - błąd bezwzględny zmiennej niezależnej. Należy obliczyć błąd bezwzględny i względny funkcji:  $y = f / x /$ .

Błędem funkcji jest możliwy dodatni, lub ujemny przyrost funkcji, jaki ona osiągnie wtedy, kiedy założymy pewne przyrosty zmiennych niezależnych.

A więc

$$\Delta y = y - \bar{y} = [f / x + \Delta x / - f / x /]$$

gdzie  $\bar{y}$  = przybliżona wartość funkcji.

W związku z tym, że błędy są zazwyczaj dość małe, to praktycznie w pełni dopuszczalna jest zamienna przyrostów przez różniczki. W tym celu obliczamy pochodną

$$\frac{dy}{dx} = f' / x /$$

i zakładamy, że

$$\frac{dy}{dx} \approx \frac{\Delta y}{\Delta x}, \quad \text{skąd} \quad \Delta y \approx f' / x / \Delta x.$$

A zatem

$$\frac{\Delta y}{y} \approx \frac{f' / x / \Delta x}{y} \quad - \text{ błąd względny.}$$

Jeżeli nie znamy dokładnej wartości funkcji  $y = f / x /$ , to przy obliczeniu błędu względnego zamiast  $y$  możemy brać pod uwagę przybliżoną wartość  $\bar{y}$ .

W wypadku kiedy znamy tylko graniczne błędy bezwzględne zmiennych niezależnych, to przy obliczaniu różniczek

należy dla wszystkich pochodnych brać pod uwagę ich wartości bezwzględne.

Rozpatrzmy przykład oceny dokładności wyniku dla przypadku, kiedy znana jest dokładność danych wyjściowych.

Przy obliczaniu obwodu koła za pomocą wzoru  $L = 2\pi r$  liczbę  $\pi$  przyjęto z dokładnością do 0,05 %, to znaczy,  $\pi = 3,14$ ;  $\Delta\pi = 0,0016$ .

Promień  $r = 1$  - dokładna wartość.

Jaka jest dokładność obliczonej wartości obwodu koła.

Wykonując obliczenia otrzymamy

$$L = 2\pi_r = 6,28 \quad - \text{ przybliżona wartość;}$$

$$\frac{dL}{d\pi} = 2r = 2 \quad - \text{ wartość pochodnej;}$$

$$\Delta L = 2r \Delta\pi = 0,0032 \quad - \text{ błąd bezwzględny;}$$

$$\frac{\Delta L}{L} \cdot 100 = \frac{2r\Delta\pi}{2r\pi} \cdot 100 = \frac{0,0016}{3,14} \cdot 100 \quad - \text{ błąd względny funkcji w \%}$$

$$100 = 0,05 \%$$

W przytoczonym przykładzie dokładność wyniku jest współmierna z przyjętą dokładnością zmiennej niezależnej.

Przy wykonywaniu obliczeń masowych, kiedy nie uwzględnia się błędów każdego z osobna wyniku, zalecane jest kierowanie się następującymi zasadami obliczania cyfr.

1. Przy dodawaniu i odejmowaniu liczb przybliżonych najniższy, zachowany rząd dziesiętny wyniku powinien być największym spośród rzędów dziesiętnych, w których brane są pod uwagę ostatnie prawdziwe cyfry znaczące.

2. Przy mnożeniu i dzieleniu liczb przybliżonych należy zachować w wyniku tyle cyfr znaczących, ile ich posiada liczba przybliżona, posiadająca najmniejszą ilość prawdziwych cyfr znaczących.

3. Przy potęgowaniu liczb przybliżonych należy zachować w wyniku tyle cyfr znaczących, ile posiada prawdziwych cyfr znaczących liczba potęgowana.

4. Przy pierwiastkowaniu liczb przybliżonych w wyniku należy zachować tyle liczb znaczących, ile prawdziwych cyfr posiada liczba podpierwiastkowa.

5. We wszystkich pośrednich wynikach należy pozostawiać o jedną cyfrę więcej, niż to jest podane w zalecanych zasadach. W końcowym wyniku tę "zapasową" cyfrę odrzuca się.

6. Przy obliczeniach z wykorzystaniem logarytmów należy brać pod uwagę liczbę przybliżoną, która posiada najmniejszą ilość prawdziwych cyfr znaczących i korzystać z tabel z liczb znaków dziesiętnych o jeden więcej. W końcowym wyniku ostatnią cyfrę znaczącą odrzuca się.

7. Jeżeli dane wyjściowe przyjmowane są z dowolną dokładnością, to w celu otrzymania wyniku z K prawdziwymi cyframi znaczącymi, wyjściowe dane należy przyjmować z taką ilością cyfr, które zgodnie z poprzednimi zasadami zabezpieczają /k + 1/ prawdziwą cyfrą w wyniku.

Jeżeli niektóre dane wyjściowe posiadają zbędne niższe rzędy dziesiętne /przy dodawaniu i odejmowaniu/ albo więcej cyfr znaczących od innych /mnożenie, dzielenie, potęgowanie, pierwiastkowanie/ to należy wstępnie je zaokrąglić pozostawiając o jedną cyfrę więcej.

Dość często podczas obliczeń zachodzi konieczność wykorzystywania funkcji transcendentalnych. Wartości tych funkcji najlepiej brać z tablic.

#### OBLICZANIE ELEMENTARNYCH FUNKCJI TRANSCENDENTALNYCH<sup>x/</sup> BEZ WYKORZYSTANIA TABLIC

W przypadku braku tablic wartość poszukiwanej funkcji można określić sposobem rachunkowym. W tym celu należy funkcję przedstawić w postaci wielomianu z ilością wyrazów, zabezpieczającą obliczenie wartości funkcji z nakazaną dokładnością.

Niżej podane są sposoby obliczania najczęściej spotykanych funkcji.

#### Obliczenie $e^x$

Funkcję  $e^x$  oblicza się za pomocą wzoru:

$$e^x = 2^{\frac{x}{\ln 2}} = 2^{[z]} \left( 2^{\frac{\{z\}}{8}} \right)^8$$

---

x/ przestępnych.

gdzie:  $z = \frac{x}{\ln 2}$

$[z]$  - najbliższa do  $z$  liczba całkowita;

$\{z\} = z - [z]$  - część ułamkowa;

W celu obliczenia  $2^{\frac{\{z\}}{8}}$  wykorzystujemy wielomian:

$$2^{\frac{\{z\}}{8}} \approx 1 + 0,0866434 \{z\} + 0,0^2 37535 \{z\}^2 + 0,0^3 1084 \{z\}^3 + 0,0^5 23 \{z\}^4$$

Program obliczenia

1	$x$	5,1	- 0,8
2	$z = /1/ : 0,69314719$	7,3577445	- 1,1541560
3	$z =$ bliższa liczba całkowita $/2/$	7	- 1
4	$z = /2/ - /3/$	0,3577445	- 0,1541560
5	$0,0^5 23 \cdot /4/$	$0,0^6 822812$	- $0,0^6 354559$
6	$/5/ + 0,0^3 1084$	$0,0^2 109222912$	$0,0^3 108045441$
7	$/6/ \cdot /4/$	$0,0^4 3907386$	- $0,0^4 1665585$
8	$/7/ + 0,0^2 37535$	0,0037925739	0,00373684415
9	$/8/ \cdot /4/$	0,0013567724	- $0,0^3 57605695$
10	$/9/ + 0,0866434$	0,088000172	0,086067343
11	$/10/ \cdot /4/$	0,031481578	- 0,013267797
12	$/11/ + /1/$	1,03148158	0,98673220
13	$/12/ ^8$	1,2814211	0,89865791
14	$2^{/3/}$	128	0,5
15	$e^x = /13/ \cdot /14/$	164,021907	0,44932896

Obliczenie  $\ln x$

Przedstawimy  $\ln x$  w postaci:

$$x = 2^m z,$$

Gdzie  $m$  - liczba całkowita i  $\frac{1}{2} \leq z < 1$ .

Wówczas, zakładając, że  $\frac{1-z}{1+z} = y$ , gdzie  $0 < y < \frac{1-\frac{1}{2}}{1+\frac{1}{2}} = \frac{1}{3}$ ,

otrzymamy:

$$\ln x = m \ln 2 - 2/y + \frac{1}{3} y^3 + \frac{1}{5} y^5 + \frac{1}{7} y^7 + \dots /$$

Program obliczeń  $\ln x$

1	x	2,73	0,2
2	z	0,6825	0,8
3	m	2	- 2
4	$1-z = 1-/2/$	0,3175	0,2
5	$1+z = 1 +/2/$	1,6825	1,8
6	$y = /4/ : /5/$	0,18870728	0,1111111
7	$/6/ ^2$	0,035610438	0,012345679
8	$0,09090909 \cdot /7/ +$ $+ 0,111111$	0,114348429	0,112233445
9	$/8/ \cdot /7/+0,142857143$	0,146929140	0,014424274
10	$/9/ \cdot /7/ + 0,2$	0,205232211	0,20178078
11	$/10/ \cdot /7/+0,0333333$	0,340641742	0,33582446
12	$/11/ \cdot /7/ + 1$	1,012130402	1,00414598
13	$2 \cdot /12/ \cdot /6/$	0,38199275	0,22314355
14	$\ln x = /3/ \cdot$ $\cdot 0,69314719 - /13/$	1,00430163	0,22314355

U w a g a : Przedstawiając  $x = (1)$  w postaci  $x = 2^z$ , gdzie  $0,5 \leq z < 1$ , w wierszu /2/ piszemy z, a w wierszu /3/ - m.

Zamianę logarytmów dziesiętnych na logarytmy naturalne możemy wykonać za pomocą wzoru

$$\lg x = M \ln x,$$

gdzie:  $M = \lg e = 0,43429448 \dots$

#### Obliczenie $\sin x$

Funkcję  $\sin x$  oblicza się za pomocą wzoru:

$$\sin x = \frac{1}{N} z \cdot p/z^2,$$

gdzie:  $N = \left[ \frac{x}{\pi} \right]^x$  - najbliższa liczba całkowita do  $\frac{x}{\pi}$ ;

$$z = \frac{x}{\pi} - N ;$$

$$p / z^2 / = 3,14159165 - 5,16771274z^2 - 2,55016279z^4 - \\ - 0,59924739z^6 + 0,08203117z^8 - 0,007000417z^{10}$$

Program obliczeń sin x

1	x	0,7	- 4
2	/1/ : 3,14159265	0,22281692	- 1,2732395
3	N - najbliższa liczba całkowita do /2/	0,	1
4	z = /2/ - /3/	0,22281692	- 0,2732395
5	/4/²	0,04964738	0,074659824
6	-0,007000417 · /5/ + + 0,08203117	0,081683618	0,081508520
7	/6/ · /5/ - 0,59924739	-0,595192012	-0,593161978
8	/7/ · /5/ + 2,55016279	2,52061307	2,50587742
9	/8/ · /5/ - 5,16771274	- 5,04257091	- 4,98062437
10	/9/ · /5/ + 3,14159265	2,89124222	2,76974011
11	sin x = /-1/³/ · /4/ · · /10/	0,64421769	- 0,75680240

Dla obliczenia cos x stosujemy wzór

$$\cos x = \sin y$$

gdzie  $\sin y = \frac{\pi}{2} - x = 1,57079633 - x$

Obliczenie tg x

Dla obliczenia tg x stosujemy wzór:

$$\operatorname{tg} x = \operatorname{tg} /k/ \frac{\pi}{2} + \varphi \frac{\pi}{2} = \begin{cases} \frac{1}{\operatorname{ctg} \frac{\pi}{2}} & \text{przy } /k/ = 2r \\ - \operatorname{otg} \varphi \frac{\pi}{2} & \text{przy } /k/ = 2r + 1 \end{cases}$$

gdzie:  $-\operatorname{otg} \varphi \frac{\pi}{2} \approx 0,63661777^{-1} - 0,52359878x - \\ - 0,08612823x^3 - 0,02024633x^5 - 0,00493166x^7 - \\ - 0,00148441x^9$

Program obliczeń tg x

1	x	2,3	- 0,7
2	/1/:1,57079633	1,46422547	- 0,44563384
3	k - najbliższa liczba całkowita do /2/	1	0
4	/2/ - /3/	0,46422547	- 0,44563384
5	/4/ <sup>2</sup>	0,21550529	0,19858952
6	/4/ . /5/	0,02155980	- 0,01757482
7	/6/ . /5/	0,02155980	- 0,01757482
8	/7/ . /5/	0,02 <sup>2</sup> 464625	- 0,02 <sup>2</sup> 349018
9	/8/ . /5/	0,0 <sup>2</sup> 100129	- 0,0 <sup>3</sup> 69311
10	0,063661277:/4/	1,37134391	- 1,42855572
11	10 - 0,52359878./4/ - 0,08612823 . /6/- - 0,02024633 . /7/- - 0,00493166 . /8/- - 0,00148441 . /9/	1,1191986	- 1,18722612
12	- /11/, jeżeli /3/ nieparzysta	-1,1192142	-
13	1 : /11/, jeżeli /3/ parzysta	-	- 0,8422995

tg x

Do obliczenia otg x stosujemy wzór :

$$\text{otg } x = \frac{1}{\text{tg } x}$$

Obliczanie sh x, oh x, th x

Obliczenie sh x, oh x, th x wykonujemy za pomocą wzoru:

$$\text{sh } x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}; \quad \text{oh } x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}; \quad \text{th } x = 1 - \frac{2}{e^{2x} + 1}$$

U w a g a :

$$\text{sh } /-x/ = - \text{sh } /x/; \quad \text{oh } /-x/ = \text{oh } /x/; \quad \text{th } /-x/ = - \text{th } /x/$$

Obliczenie arc sin x

Za pomocą wielokrotnego przekształcania wzoru:

$$\operatorname{arcsin} x = 2 \operatorname{arcsin} \frac{x}{2},$$

gdzie:  $F(x) = \frac{x}{\sqrt{2} \sqrt{1 + \sqrt{1 + x^2}}}$

otrzymamy:

$$\operatorname{arcsin} x = 2^m \operatorname{arcsin} \frac{x}{2^m}$$

gdzie:  $F_n(x)$  - n-te kolejne przekształcenie  $F(x)$ ;

n - najmniejsza z liczb całkowitych dla których jest słuszna nierówność  $|F_n(x)| < 0,0625$ .

Obliczenie  $\operatorname{arcsin} x$  dla  $|x| \leq 1$  sprowadza się do obliczenia  $\operatorname{arcsin} z$  przy  $|z| < 0,0625$ .

Dla obliczania  $\operatorname{arcsin} \frac{x}{2^n}$  wykorzystuje się trzy pierwsze wyrazy z szeregu Taylora dla  $\operatorname{arcsin} z$ :

$$\operatorname{arcsin} z \approx z + \frac{z^3}{6} + \frac{3z^5}{40}$$

#### Obliczanie $\operatorname{arctg} x$

Drogą wielokrotnego przekształcania wzoru

$$\operatorname{arctg} x = 2 \operatorname{arctg} \frac{x}{1 + \sqrt{1 + x^2}}$$

gdzie -  $F(x) = \frac{x}{1 + \sqrt{1 + x^2}}$

otrzymamy

$$\operatorname{arctg} x = 2^n \operatorname{arctg} \frac{x}{2^n}$$

Gdzie:  $F_n(x)$  - n-te kolejne przekształcenie;

n - najmniejsza z liczb całkowitych dla której jest słuszna nierówność:  $|F_n(x)| < 2^{-4}$

Program obliczeń arc sin x

1	x	0,5				
2	$/1/n-1$	0,5	0,25881905	0,13052619	0,065403129	
3	$1 - /2/2$	0,75	0,933012699	0,982962914	0,9955722431	
4	$\sqrt{/3/}$	0,8660254	0,96592582	0,99144486	0,99785892	
5	$2 \cdot [ /4/ + 1 ]$	3,7320508	3,93185164	3,98288972	3,99571784	
6	$\sqrt{/5/}$	1,9318516	1,9828897	1,9957178	1,9989292	
7	$/2/ : /6/$	0,25881905	0,13052619	0,065403129	0,032719082	
8	$/8/n-1 + 1$	1	2	3	4	
9	Próba Jeżeli $/7/$ 0,0625, to obliczać od $/10/$ jeżeli $/7/$ 0,0625, to przejść do $/2/$					
10	$/7/2$					0,0010705383
11	$0,075 \cdot /10/ + 0,166666666$					0,167469571
12	$/11/ \cdot /10/ + 1$					1,00017928
13	$/12/ \cdot /7/$					0,032724946
14	$2/8/ \cdot /13/ = \text{arc sin } x$					0,52359913

U w a g i : 1. W wierszu  $/2/$  najpierw wpisuje się wartość wiersza  $/1/$ .

2. Dla obliczenia arc cos x stosuje się wzór:

$$\text{arc cos } x = \frac{\pi}{2} - \text{arc sin } x = 1,57079633 - \text{arc sin } x$$

Program obliczeń arc tg x

1.	x								
2	$1/5/n-1$	2	0,61803398	0,28407904	0,13928395	0,069307448			
3	$1 + 1/2^2$	5	1,38196600	1,08070090	1,01940002	1,00480352			
4	$\sqrt{137} + 1$	3,2360680	2,1755705	2,0395676	2,0096534	2,0023944			
5	$1/2 : 1/4$	0,61803398	0,28407904	0,13928395	0,069307448	0,034612286			
6	$1/6/n-1 + 1$	1	2	3	4	5			
7	Próba: jeżeli $1/5/0,0625$ , to przejście do $1/2/$ jeżeli $1/5/0,0625$ , to obliczać od $1/8/$								
8	$1/5/2$					0,0011980103			
9	$0,2 \cdot 1/8 - 0,33333333$					-0,33309373			
10	$1/9 \cdot 1/8 + 1$					0,99960095			
11	$1/10 \cdot 1/5/$					0,34598474			
12	$2/6/ \cdot 1/11/ = \text{arc tg } x$					1,10715117			

U w a g i : 1. W wierszu  $1/2/$  najpierw wpisuje się wartość wiersza  $1/1/$ .

2. Do obliczenia arc tg x stosuje się wzór:

$$\text{arc tg } x = \frac{\pi}{2} - \text{arc tg } x = 1,57079633 - \text{arc tg } x$$

Obliczanie  $\text{arctg } x$  sprowadza się do obliczenia  $\text{arctg } z$ , gdzie  $|z| < 2^{-4}$

Dla obliczenia  $\text{arctg } \frac{x}{n}$  wykorzystuje się trzy pierwsze wyrazy szeregu Taylora dla  $\text{arctg } z$

$$\text{arctg } z \approx z - \frac{z^3}{3} + \frac{z^5}{5}$$

Obliczanie  $\sqrt{x}$

Funkcję  $y = \sqrt{x}$  wygodnie jest obliczać przez zastosowanie metody iteracyjnej, za pomocą wzoru:

$$y_{n+1} = \frac{1}{2} \left( y_n + \frac{x}{y_n} \right)$$

Gdzie:  $n = 0, 1, 2, 4, \dots$

Jako  $y_0$  należy brać orientacyjną wartość  $\sqrt{x}$ . Im dokładniej jest wzięte  $y_0$ , tym szybciej można obliczyć  $\sqrt{x}$  z nakazaną dokładnością.

Przykład: Obliczyć  $\sqrt{3}$  z dokładnością do pięciu znaków dziesiętnych. Jako pierwsze przybliżenie wartości  $\sqrt{3}$  przyjmujemy  $y_0 = 1$ .

$$\text{Wówczas: } y_1 = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{3}{1} \right) = 2$$

$$y_2 = \frac{1}{2} \left( 2 + \frac{3}{2} \right) = \frac{7}{4} = 1,75$$

$$y_3 = \frac{1}{2} \left( 1,75 + \frac{3}{1,75} \right) = 1,73214$$

$$y_4 = \frac{1}{2} \left( 1,73214 + \frac{3}{1,73214} \right) = 1,73205$$

$$y_5 = \frac{1}{2} \left( 1,73205 + \frac{3}{1,73205} \right) = 1,73205$$

Ponieważ  $y_4$  i  $y_5$  są jednakowe, na tym obliczenie kończymy.

Jeżeli jako pierwsze przybliżenie  $\sqrt{3}$  przyjmujemy nie 1, a 1,7, to wartość  $\sqrt{3}$  z nakazaną dokładnością obliczymy o wiele szybciej.

$$y_0 = 1,7$$

$$y_1 = \frac{1}{2} \left( 1,7 + \frac{3}{1,7} \right) = 1,73235$$

$$y_2 = \frac{1}{2} \left( 1,73235 + \frac{3}{1,73235} \right) = 1,73205$$

$$y_3 = \frac{1}{2} \left( 1,73205 + \frac{3}{1,73205} \right) = 1,73205$$

### INTERPOLACJA

W praktyce obliczeniowej mamy dość często do czynienia z wartościami funkcji  $f/x/$  określonymi dla pewnych określonych wartości  $x$ :

$$f/x_0/, f/x_1/, f/x_2/.....f/x_n/$$

W toku obliczeń zachodzi konieczność korzystania z wartości funkcji  $f/x/$  dla pośrednich wartości zmiennej niezależnej, których w tablicach nie ma. W danym przypadku układamy dość nieskomplikowaną funkcję  $\varphi/x/$ , która w nakazanych punktach  $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$  przyjmuje wartości  $f/x_0/, f/x_1/.....f/x_n/$ . Ułożenie takiej funkcji nazywa się interpolacją. Najczęściej funkcja interpolacyjna posiada postać wielomianu algebraicznego.

### INTERPOLACJA LINIOWA

Założmy, że podane są wartości pewnej funkcji  $y = f/x/$  w punktach  $x_n$  i  $x_{n+1}$ . Należy ułożyć jednomian  $P/x/$  pierwszego stopnia, przyjmujący w punktach wartości  $y_n$  i  $y_{n+1}$ , to znaczy taki, że

$$P/x_n/ = y_n/x/; \quad P/x_{n+1}/ = y_{n+1}/x/$$

Taki jednomian można obliczyć za pomocą wzoru:

$$\frac{y - y_n}{y_{n+1} - y_n} = \frac{x - x_n}{x_{n+1} - x_n}$$

$$\text{Wówczas } y = y_n + \frac{x - x_n}{x_{n+1} - x_n} (y_{n+1} - y_n),$$

$$\text{gdzie } x_n \leq x \leq x_{n+1}$$

Wzór ten jest często stosowany do obliczenia elementarnych funkcji transcendentalnych za pomocą tablic.

Przykład: Obliczyć  $\sin 0,3967$

Rozwiązanie:

$$\sin 0,396 = 0,38573; \quad \sin 0,397 = 0,38665$$

$$\sin 0,3967 = 0,38573 + \frac{0,3967 - 0,396}{0,397 - 0,396} / 0,38665 -$$

$$- 0,38573 / = 0,38573 + 0,7 \cdot 0,00092 = 0,38637$$

Wzór Lagrange'a

Założmy, że podane są wartości pewnej funkcji  $y = f(x)$  w punktach  $x_0, x_1, \dots, x_n$ . Wartości te wygodnie jest zapisać w tabelicy:

$x_0$	$x_1$	$x_2$	.....	.....	.....	$x_n$
$y_0$	$y_1$	$y_2$	.....	.....	.....	$y_n$

Należy zbudować jednomian stopnia nie większego od  $n$ . Takim jednomianem jest wzór interpolacyjny Lagrange'a:

$$L_n(x) = \sum_{i=1}^n y_i \cdot x$$

$$x \frac{(x - x_0) / (x_1 - x_0) \cdot (x - x_1) / (x_2 - x_1) \cdot \dots \cdot (x - x_{i-1}) / (x_i - x_{i-1}) \cdot (x - x_{i+1}) / (x_{i+2} - x_{i+1}) \cdot \dots \cdot (x - x_n) / (x_{n-1} - x_n)}{(x_1 - x_0) / (x_1 - x_0) \cdot (x_1 - x_1) / (x_1 - x_1) \cdot \dots \cdot (x_1 - x_{i-1}) / (x_1 - x_{i-1}) \cdot (x_1 - x_{i+1}) / (x_1 - x_{i+1}) \cdot \dots \cdot (x_1 - x_n) / (x_1 - x_n)}$$

Na przykład: przy  $n = 1$  otrzymujemy wzór na interpolację liniową:  $y = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$

a przy  $n = 2$  wzór na interpolację paraboliczną:

$$y = y_0 \frac{(x - x_1) / (x_2 - x_1) \cdot (x - x_2) / (x_0 - x_2)}{(x - x_1) / (x_1 - x_1) \cdot (x - x_2) / (x_1 - x_2)} + y_1 \frac{(x - x_0) / (x_2 - x_0) \cdot (x - x_2) / (x_1 - x_2)}{(x - x_0) / (x_1 - x_0) \cdot (x - x_2) / (x_1 - x_2)} +$$

$$+ y_2 \frac{(x_1 - x_0) / (x_2 - x_0) \cdot (x - x_1) / (x_2 - x_1)}{(x_2 - x_0) / (x_2 - x_0) \cdot (x_2 - x_1) / (x_2 - x_1)}$$

§ 2. METODYKA PRZYGOTOWYWANIA I ROZWIĄZYWANIA ZADAŃ PRZY POMOCY KLAWISZOWYCH MASZYN LICZĄCYCH

Proces przygotowywania i rozwiązywania dowolnego zadania w najbardziej ogólnym wypadku składa się z następujących etapów:

- sformułowanie matematyczne zadania;
- kontrola zależności matematycznych i przygotowania danych wyjściowych;

- przygotowanie zadania do rozwiązania;
- wykonanie obliczeń i ich kontrola;
- kontrola wyników obliczeń.

Przy opracowywaniu modelu matematycznego konkretnego zadania należy wydzielić istotne czynniki zjawisk fizycznych lub ilościowe i jakościowe pojęcia od których zależy rozwiązanie. Inne czynniki i pojęcia, które nie łączą się z rozwiązaniem nie są brane pod uwagę. Przy znanych przybliżeniach niektóre czynniki i pojęcia, które w sposób zasadniczy nie wpływają na wynik rozwiązania można pominąć.

Na podstawie znanych twierdzeń fizycznych albo na podstawie stosunków ilościowych i jakościowych pojęć danego zjawiska opracowuje się zależności matematyczne, które zezwalają na przedstawienie jednych wielkości rozwiązywanego zadania za pomocą innych.

A więc w toku opracowywania modelu matematycznego zadania poszukiwane wielkości będą przedstawiane w postaci zależności funkcyjnych takich wielkości, które powinny być nam znane albo mogą być określone na podstawie innych znanych wielkości.

W łatwiejszych zadaniach poszukiwane wielkości mogą być przedstawione w postaci funkcji niuwikłanej innych wielkości, zwanych zmiennymi niezależnymi. Założone wartości zmiennych niezależnych nazywamy danymi wyjściowymi. Dla otrzymania ilościowych wartości poszukiwanych wielkości należy obliczyć funkcje dla założonych wartości danych wyjściowych.

Rozpatrzmy na prostych przykładach sposoby opracowania modelu matematycznego zadania.

Przykład 1. Określić drogę  $S$  przebytą przez samolot za czas  $t$ . Ruch samolotu jest jednostajny i prostoliniowy.

W założonych warunkach zadania istotnymi czynnikami są tylko czas i prędkość ruchu. Inne czynniki, takie jak, ciężar samolotu, wymiary geometryczne i inne, przy znanej prędkości lotu są nieistotne i nie wywierają żadnego wpływu na obciążenie przebytej drogi.

Wiadomo, że przy stałej prędkości droga jest wprost proporcjonalna do czasu. A więc możemy zapisać równanie

$$S = vt$$

Przy znanych wartościach  $v$  i  $t$  można obliczyć  $S$ .

Przykład 2. Obliczyć częstotliwość zmiany myśliwców podczas dyżurowania w jednej strefie na różnych wysokościach

W tym zadaniu należy obliczyć jednakowy czas dyżurowania myśliwców na różnych wysokościach z takim wyliczeniem, żeby zabezpieczyć stałe odstępy czasowe ich startu z lotniska.

Z danych taktyczno-technicznych danego typu myśliwca znany jest czas jego przebywania  $t_1, t_2, t_3 \dots$  w powietrzu na różnych wysokościach  $H_1, H_2, H_3 \dots$  /odpowiednio/.

Oznaczmy jednakowy czas dyżurowania myśliwca przez  $t_j$ .

Jeżeli dyżurowanie wykonywane jest na tej samej wysokości, to

$$t_j = t_1$$

Podczas dyżurowania na dwóch wysokościach równanie będzie posiadało następującą postać

$$t_j + (t_1 - t_j) \frac{t_2}{t_1} = 2 t_j; \quad t_j = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2}$$

Podczas dyżurowania na  $n$  wysokościach

$$t_j + (t_1 - t_j) \frac{t_2}{t_1} + (t_1 - 2 t_j) \frac{t_3}{t_1} + \dots + \left[ t_1 - \frac{(n-1)t_j}{t_1} \right] \frac{t_n}{t_1} = n t_j$$

po wykonaniu przekształceń otrzymamy

$$t_j = \frac{t_2 + t_3 + t_4 + \dots + t_n}{\frac{n-1}{t_1} + \frac{1}{t_2} + \frac{2}{t_3} + \frac{3}{t_n} + \dots + \frac{n-1}{t_n}} t_1,$$

Gdzie:  $t_n$  - graniczny czas przebywania myśliwca w powietrzu na danej wysokości;

$n$  - ilość wysokości.

Dość liczne zadania przedstawiane są przy pomocy bardziej skomplikowanych zależności matematycznych, niż przytoczone w przykładach. Oprócz tego, poszukiwane wielkości nie zawsze mogą być przedstawione w postaci niewykłanej w stosunku do swoich zmiennych niezależnych. Funkcyjne zależności w niektórych zadaniach mogą być przedstawiane w postaci układów liniowych i nieliniowych równań algebraicznych, różniczkowych i całkowych, rozwiązanie których wymaga stosowania specjalnych metod analizy liczbowej. Na przykład, ruch samolotu w przestrzeni opisywany jest przy pomocy układów równań różniczkowych, które w ogólnym przypadku rozwiązuje się w przybliżeniu metodą całkowania liczbowego.

W chwili obecnej w wojsku coraz częściej mamy do czynienia z zadaniami z dziedziny badań operacji, które są również rozwiązywane z zastosowaniem specjalnych metod matematycznych. Przykładem takiego zadania jest podział sił i środków na poszczególne cele.

Rozpatrzmy treść tego zadania.

Posiadamy dane odnośnie do celów i obiektów nieprzyjaciela, na które należy wykonać uderzenia. Cele w ogólnym przypadku mogą być różne i można je ponumerować w zależności od stopnia ich ważności. Posiadamy  $m$  różnego typu środków napadu powietrznego. Znamy również ilość środków każdego typu.

Postawione jest zadanie: rozdzielić posiadane w dyspozycji dowódcy środki napadu na obiekty nieprzyjaciela w ten sposób, aby zniszczyć w pierwszej kolejności maksymalną ilość najbardziej ważnych celów.

Przy rozwiązywaniu tego zadania zakłada się, że znane są następujące dane wyjściowe:

- ilość typów środków napadu powietrznego;
- ilość środków każdego typu;
- potrzebna ilość jednostek każdego typu środków napadu powietrznego na poszczególne cele dla uzyskania odpowiedniego stopnia rażenia tych celów z nakazanym prawdopodobieństwem;
- jakie typy środków i na jakie cele nie mogą być stosowane.

Oczywiście, to zadanie można rozwiązać na podstawie rozpatrzenia wszystkich możliwych wariantów. Lecz przy dużych wartościach  $m$  i  $n$  rozwiązanie zadania staje się bardzo trudne i praktyczne jego rozwiązanie wymaga dość długiego czasu.

W podobnym zadaniu trudno jest przedstawić zależność funkcyjną rozwiązania od danych wyjściowych w postaci prostych zależności matematycznych lub wzorów, przy pomocy których można by rozwiązać zadanie. Nie-mniej jednak, przy zastosowaniu specjalnej metody matematycznej to zadanie jest rozwiązalne.

W danym poradniku nie stawiano sobie celu rozpatrzenia wszystkich możliwych modeli matematycznych dla wszystkich możliwych zadań. Jednak podkreśla się znaczenie właściwego opracowania modelu matematycznego rozwiązania zadania. Rozwiązywać można tylko prawidłowo sformułowane zadania, kiedy przewidziane zostały wszystkie czynniki od których zależy rozwiązanie, i kiedy, określona została metoda rozwiązania lub kolejność operacji z danymi wyjściowymi. Większość zadań wojskowych, które są rozwiązywane podczas prowadzenia działań bojowych, na ówczesnościach i w toku przygotowania bojowego jest dość typowa i posiada opracowane modele matematyczne. Zadania te są opisane w niniejszym poradniku, a także w odpowiednich regulaminach, instrukcjach i podręcznikach. W praktyce może wyniknąć potrzeba rozwiązania nieskomplikowanego zadania, które w wyżej wskazanych źródłach nie jest opisane. W tym przypadku rzeczą pożądaną jest, żeby oficer specjalista sam mógł samodzielnie opracować model matematyczny zadania. Przy tym otrzymane zależności matematyczne należy przeanalizować w celu wyjaśnienia.

1. Czy możliwe jest w ogóle rozwiązanie danego zadania ?
2. Czy możliwe jest rozwiązanie zadania dla założonych danych wyjściowych ?

Na przykład, układ liniowy, niejednorodnych równań algebraicznych nie posiada rozwiązania wtedy, kiedy wyznacznik układu jest równy zeru; dla  $y = \frac{1}{\sin x}$  nie istnieje rozwiązanie przy  $x = 0$ , a dla  $y = \frac{1}{\sqrt{n^2-1}}$  nie istnieje rozwiązanie przy  $n = 1$ ; liczby ujemne nie posiadają loga-

rytmów; pierwiastek parzysty liczby ujemnej jest wielkością urojoną itp.

Etap kontroli zależności matematycznych i przygotowanie danych wyjściowych polega na tym, że najpierw dla nowo-sformułowanych zadań ustala się jednostki pomiaru wchodzących w skład tych zadań wielkości i końcowych wyników. Odpowiednio do tego ustala się jednostki pomiaru wszystkich danych wyjściowych. Należy zwracać uwagę na to, żeby każdy parametr danych wyjściowych posiadał jednakową jednostkę pomiaru we wszystkich wzorach roboczych. Na przykład, jeżeli jako jednostkę pomiaru wysokości przyjęto metr, to we wszystkich wzorach wysokość należy wyrażać w metrach. Jeżeli pewne dane wyjściowe posiadają inne jednostki pomiaru, nie odpowiadające wymiarowości obliczanych wielkości, należy je sprowadzić do żądanej we wzorach wymiarowości, albo we wzorach wprowadzić odpowiednie współczynniki przeliczeniowe. Należy również wskazać wymiarowość współczynników przeliczeniowych.

A więc, na tym etapie ustala się taki system pomiaru danych wyjściowych, który zezwala na otrzymanie wyników z potrzebną wymiarowością.

Na etapie przygotowania zadania do rozwiązania należy:

a/ w miarę możliwości jeszcze przed opracowaniem programu obliczeń uprościć i przekształcić wzory do postaci najbardziej wygodnej do obliczeń. W wielu wypadkach w ten sposób można znacznie zmniejszyć ilość operacji arytmetycznych, to znaczy szybko rozwiązać zadanie. Można stosować różne sposoby skracania wzorów: redukcja wyrazów podobnych, wyłączenie przed nawias ogólnych mnożników, zamiana dzielenia mnożeniem, potęgowanie itp. Przy czym należy uwzględniać wszystkie możliwości automatycznego liczenia klawiszowej maszyny liczącej i w pełni je wykorzystywać.

Przytoczymy przykład przekształcenia wzorów, kiedy osiąga się znaczne zmniejszenie ilości wykonywanych operacji. Załóżmy, że wykonaliśmy szereg obserwacji lub pomiarów dowolnych wielkości:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ . Należy określić średnią wartość

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad /1/$$

i wariancję statystyczną

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n /x_i - x/2}{n - 1} \quad /2/$$

Przekształćmy wzór /2/ w ten sposób, że podniesimy do drugiej potęgi wyraz znajdujący się w nawiasie.

Uwzględniając, że

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

otrzymamy:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}}{n - 1} \quad /3/$$

Przy wykonywaniu obliczeń za pomocą wzorów /1/ i /3/ kolejność operacji arytmetycznych jest następująca:

1. Obliczamy  $\sum_{i=1}^n x_i^2$  poprzez gromadzenie w liczniku wyników. Jednocześnie w liczniku obrotów otrzymujemy  $\sum_{i=1}^n x_i$

Na wykonanie tych obliczeń potrzeba  $n$  operacji mnożenia.

2. Po wykonaniu jeszcze pięciu operacji, obliczamy  $x_i \sigma^2$ . W sumie wykonujemy  $n + 5$  operacji.

W przypadku liczenia przy pomocy wzorów /1/ i /2/ będziemy musieli wykonać  $3n + 2$  operacje i oprócz tego zapisać  $n$  różnic  $x_i - \bar{x}$ .

A więc przy dość dużej wartości  $n$ , ilość operacji przy liczeniu za pomocą wzorów /1/ i /3/ zmniejsza się prawie trzykrotnie.

Przy skracaniu wzorów należy skracać i współczynniki. Współczynniki można skracać wtedy, kiedy kilka współczynników znajduje się jako mnożniki przed poszczególnymi wyrazami. W tym wypadku należy podstawiać do wzoru, jeżeli wartości współczynników przy różnych wartościach danych wyjściowych nie ulegają zmianie, iloczyn wartości tych współczynników.

b/ dla rozwiązania zadania należy opracować program obliczeń, określający szczegółowo kolejność operacji matematycznych i logicznych niezbędnych do otrzymania końcowych wyników. Program opracowuje się tak, żeby w sposób jak najbardziej racjonalny i wydajny, uwzględniając możliwości maszyny, wykonać obliczenia. Oprócz tego przewiduje się wykorzystanie specjalnych tablic.

Program obliczeń zapisuje się do specjalnego blankietu obliczeń, który posiada poziome i pionowe linie wrysowane w ten sposób, żeby w powstałych prostokątach można było wpisać do dziewięciu cyfr. Przykłady blankietów obliczeń podane są w załącznikach do niniejszego poradnika. Wiersze i kolumny blankietu podczas wypełniania numerowane są z góry na dół i z lewa na prawo.

Przy pewnym doświadczeniu opracowanie programu i jego zapis w blankiecie wykonuje się jednocześnie.

Dla większości zadań oznaczenia danych wyjściowych i kolejność wykonywania operacji wpisuje się w lewej kolumnie. W miarę możliwości oznaczenia danych wyjściowych z podaniem ich wymiarowości wpisuje się na początku tej kolumny. Niżej pod danymi wyjściowymi wpisuje się program obliczeń. Ustala się następujące symbole oznaczeń: liczba w nawiasie oznacza numer wiersza; liczba bez nawiasu - - zwykłą liczbę.

Działania arytmetyczne oznacza się tak:  $[+]$  - dodawanie;  $[-]$  - odejmowanie;  $[:]$  - dzielenie;  $[\cdot]$  - mnożenie.

Omówimy niektóre rodzaje zapisu:

- 1 : /2/ - jedność podzielić przez liczbę wpisaną w drugim wierszu ;
- /7/-/8/ - od liczby wpisanej w siódmym wierszu odjąć liczbę wpisaną w wierszu ósmym;
- cos /5/ - odczytać z tablic cosinus kąta i wpisać w wierszu piątym;
- /11/→ stop - liczbę wpisaną w wierszu jedenastym zamienić na stopnie;
- $\sqrt{/15/}$  - obliczyć pierwiastek liczby znajdującej się w wierszu piętnastym.

Rozpatrzmy na przykładzie zastosowanie tej symboliki logicznej.

Obliczyć

$$x = \begin{cases} a^2 - b^2, & \text{jeżeli } a \gg b \\ a^2 + b^2, & \text{jeżeli } a < b \end{cases}$$

Blankiet obliczeń można wypełnić następująco:

		I wariant	II wariant
1	a		
2	b		
3	$\sqrt{1}$		
4	$\sqrt{2}$		
5	$\sqrt{1} - \sqrt{2}$		
6	jeżeli $\frac{5}{3} - \frac{4}{4} \gg 0$ jeżeli $\frac{5}{3} + \frac{4}{4} < 0$		

Wynik obliczeń x podany jest w szóstym wierszu.

W zależności od potrzeb kolumny i wiersza blankietu obliczeń mogą zmieniać swoje role, to znaczy w kolumnach można wpisywać program obliczeń, a warianty obliczeń wpisywać do poszczególnych wierszy.

Możliwy jest wypadek wpisywania oznaczeń danych wyjściowych i kolejności wykonywania obliczeń, zarówno w kolumnach jak i w wierszach. Po wpisaniu programu do blankietu obliczeń w odpowiednich miejscach wpisuje się liczbowe wartości danych wyjściowych.

Blankiet obliczeniowy jest wobec tego, określonym systemem zapisu danych wyjściowych i kolejności wykonania operacji programu. Daje to możliwość liczącemu mechanicznie wykonywać program obliczeń i prowadzić zapis. Przy czym zasadniczą uwagę można poświęcić na kontrolę wyników obliczeń.

Należy zaznaczyć, że dla skomplikowanych zadań opracowanie programu jest dosyć trudne. Jednak bez opracowanego programu jeszcze trudniej jest rozwiązywać dobrze i szybko nawet dość łatwe zadanie. Program obliczeń i jego zapis do blankietu należy sprawdzić. W tym celu wykonuje się obliczenia jednego wariantu za pomocą programu i bezpośrednio przy pomocy wzorów. Wyniki powinny być jednakowe.

o/ opracowany i zapisany program należy przeanalizować z punktu widzenia wykonania obliczeń z nakazaną dokładnością.

Założmy, że błąd wyniku nie powinien przekraczać jednego procenta. Oznacza to, że wynik końcowy może być zaokrąglony do trzech cyfr znaczących.

Sprawdzając program stopniowo z góry do dołu, ustala się dokładność dla każdej pośredniej operacji, kierując się następującymi zasadami.

- w operacjach dodawania, mnożenia i dzielenia nie należy przekraczać dokładności wyniku więcej niż o jedną cyfrę znaczącą w porównaniu z wynikiem końcowym; niektóre składniki mogą posiadać mniejszą ilość cyfr znaczących tylko wtedy, kiedy układ ich jest niższy od układu maksymalnego składnika; na przykład, przy dodawaniu dwóch liczb  $/125,2 + 1,246/$  z dokładnością do czterech cyfr znaczących ostatnie dwie cyfry znaczące w drugim składniku można odrzucić / zaokrąglając w razie potrzeby zbędny znak/, ponieważ układ drugiego składnika jest o dwa rzędy mniejszy od pierwszego;

- mnożnik i mnożna, dzielnik i iloraz powinny posiadać o jedną cyfrę znaczącą więcej od wyniku końcowego;

- przy odejmowaniu może mieć miejsce zanik cyfr znaczących. Dlatego też, jeśli na przykład zanika  $k$  rzędów, dokładność odjemnej i odjemnika zwiększamy o  $k + 1$  cyfrę znaczącą w porównaniu z nakazaną ilością dokładnych cyfr znaczących wyniku końcowego.

I tak, w przykładzie  $y = 90 - 70x$  przy  $x = \sqrt{2}$  dla obliczenia  $y$  z błędem względnym nie przekraczającym 1% należy brać wartość  $\sqrt{2}$  z dokładnością nie do trzech a do siedmiu znaków, to znaczy  $\sqrt{2} = 1,414213$ . Jeżeli cyfry znaczące nie zanikają, to przy odejmowaniu postępujemy tak samo jak przy dodawaniu.

W ten sposób można ustalić czy dokładność danych wyjściowych odpowiada dokładności wyniku, lub z jaką dokładnością można obliczyć wynik przy założonej dokładności danych wyjściowych.

Przy rozwiązywaniu zadania, obliczenia należy wykonać stopniowo dla wszystkich wariantów jednocześnie, obliczając kolejno wiersz za wierszem. Zezwala to na skrócenie czasu obliczeń i jest wygodne dla prowadzenia kontroli.

Jeżeli dane wyjściowe w poszczególnych wariantach są założone w kolejności zwiększania się lub zmniejszania, to w tym przypadku wszystkie liczby w każdym wierszu będą posiadały jednakowy układ i zmiana znaku lub układu będą zachodziły monotonicznie.

Oprócz tego, w każdym konkretnym zadaniu, uwzględniając jego treść fizyczną, mogą być stosowane indywidualne zasady kontroli. Na przykład, pewne określone współczynniki, prawdopodobieństwa, sinus i cosinus kąta nie mogą być większe od jedności, inne wielkości nie mogą być ujemne, jeszcze inne wielkości nie mają przekraczać jakiejś określonej wartości itp.

W pewnych zadaniach mogą być stosowane pewne swoiste sposoby kontroli, które w danym przypadku zapisuje się do programu obliczeń. Na przykład: suma kątów trójkąta jest równa  $180^\circ$ ,  $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$ ,  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  itp.

Ostateczne wyniki obliczeń powinny być również sprawdzone. Przy obliczeniu dużej ilości wariantów wyniki ostateczne mogą być sprawdzane z zastosowaniem metody graficznej lub metody różnic skończonych.

Przy założeniu metody graficznej na osi odciętych odkłada się w odpowiedniej skali wartość zmieniającego się parametru, a na osi rzędnych - wyniki obliczeń. Otrzymane punkty łączy się łagodną linią krzywą. Punkty, które nie leżą na krzywej ciągłej są błędne.

Metoda różnic skończonych może być stosowana tylko wtedy, kiedy wartość parametru zmienia się ze stałym skokiem, to znaczy:

$$x_1 = x_0 + h; \quad x_2 = x_0 + 2h; \quad x_3 = x_0 + 3h \quad \text{itd.}$$

Przy zastosowaniu tej metody określony numer skończonych różnic wyników powinien być wartością stałą. Jeżeli otrzymamy różnice w pewnych różnicach o określonym numerze od stałej wartości, znaczy to, że powstał błąd w obliczeniach.

Wymienione sposoby zezwalają na wykrycie tylko niektórych błędów. Najbardziej dokładną jednak metodą jest rozwiązywanie zadań przez dwóch liczących niezależnie i następnie porównanie wyników.

### ROZDZIAŁ III

#### TYPOWE OBLICZENIA WYKONYWANE W OKRESIE PRZYGOTOWANIA I PROWADZENIA DZIAŁAŃ BOJOWYCH

Decyzje, które podejmuje dowódca oraz ich wykonanie poprzedzone są dokładnym poznaniem i analizą nie tylko własnego sprzętu i jego możliwości, ale również sprzętu i możliwości przeciwnika. Poznanie i analiza sprzętu i możliwości własnych oraz przeciwnika powinny być przeprowadzone nie tylko z punktu widzenia ilościowego i jakościowego, ale również powinny być poparte obliczeniami.

Przy wykonywaniu obliczeń bardzo duże znaczenie ma zastosowanie technicznych urządzeń liczących w tym również klawiszowych maszyn liczących. Zastosowanie klawiszowych maszyn liczących w znacznym stopniu pozwala skrócić czas potrzebny na wypracowanie i podjęcie uzasadnionej decyzji, ułatwiająco jednocześnie pracę oficerom sztabu. Wszystko to znacznie zwiększa jakość wykonywanej pracy, operatywność dowodzenia oddziałami i związkami taktycznymi.

Obliczenia za pomocą klawiszowych maszyn liczących wskazane jest wykonywać w okresie przygotowawczym do operacji. Na podstawie wykonywanych obliczeń zestawia się specjalne tabele, robi się wykresy i specjalne nomogramy w zależności od możliwości bojowych i sytuacji taktycznej własnych wojsk, wojsk i środków napadu powietrznego oraz przeciwdziałania ze strony nieprzyjaciela. Wykresy, tabele i nomogramy wykorzystuje się w czasie trwania działań bojowych, przy minimalnym wykonywaniu dodatkowych obliczeń.

W powyższym rozdziale przytoczone są typowe obliczenia: operacyjno-taktyczne, nawigacyjne, geodezyjne, radioprotivdziałania, inżynieryjno-operacyjne, tyłowe i inne. Obliczenia te zaleca się aby były wykonywane przez poszczególnych oficerów odpowiednich oddziałów i służb podczas przygotowania do działań bojowych i w trakcie ich prowadzenia.

## § 1 OBLICZENIA OPERACYJNO-TAKTYCZNE.

### 1.01. PODZIAŁ SIŁ I ŚRODKÓW ARMII LOTNICZEJ NA OBIEKTY PRZECIWNIKA W CZASIE JEDNEGO WYLOTU<sup>x/</sup>

Oblizenia wykonuje się w celu przygotowania danych do decyzji dowódcy armii lotniczej, dla przeprowadzenia ilościowej analizy możliwości AL przy wykonywaniu postawionego zadania bojowego w czasie jednego armlotu.

Jeżeli wiadomo z góry, że armii lotniczej wystarczy sił i środków dla wykonania postawionego zadania bojowego w trakcie jednego armlotu, wówczas w rezultacie obliczeń otrzymamy warianty najbardziej racjonalnego użycia wydzielonych sił i środków. Jeśli natomiast wiadomo z góry, że sił i środków armii lotniczej nie wystarczy dla rażenia wszystkich obiektów przeciwnika w zadanym stopniu i z nakazanym prawdopodobieństwem gwarantowanym, wówczas w rezultacie obliczeń otrzymamy wariant zastosowania środków napadu powietrznego, w którym podczas pierwszego uderzenia zabezpiecza się niszczenie maksymalnej ilości najbardziej ważnych obiektów /celów/.

Jeżeli natomiast z góry trudno ustalić czy AL wystarczy sił i środków, czy też nie, dla wykonania postawionego zadania, wówczas możliwy będzie jeden z poniższych przypadków:

1. Jeśli w rezultacie obliczeń ustalimy, że sił i środków wystarczy, to wówczas otrzymamy wariant najbardziej racjonalnego ich użycia.

2. Jeżeli natomiast w rezultacie obliczeń ustalimy, że ilość sił i środków jest niewystarczająca, to otrzymamy wariant na obliczenie możliwości rażenia największej ilości najbardziej ważnych celów.

Rezultaty obliczeń wykorzystywane są przez dowódcę i sztab AL podczas opracowywania rozkazu bojowego.

---

x/ Przy wykonywaniu tych obliczeń zakładamy, że znana nam jest ilość sił potrzebnych do zadania każdemu z celów nakazanych strat z zadanym gwarantowanym prawdopodobieństwem z równoczesnym uwzględnieniem oczekiwanych strat.

Dane wyjściowe i treść obliczeń.

W celu wykonania obliczeń na podstawie danych, którymi dysponuje szef AL, należy przygotować następujące dane wyjściowe:

1.  $C_i$  - ilość środków napadu powietrznego /SNP/ każdego  $i$  - tego typu, którymi dysponuje, względnie będzie dysponować AL w okresie wykonywania postawionego zadania bojowego /na przykład, ilość samolotów tego samego typu stosujących klasyczne środki rażenia, ilość samolotów tego samego typu stosujących bomby atomowe, ilość rakiet z klasycznym ładunkiem bojowym, ilość rakiet z głowicami atomowymi itd./gdzie  $i = 1, 2, 3, \dots, m$  - kolejny numer typu środków rażenia,  
 $m$  - ogólna ilość typów środków rażenia.
2.  $N_{ij}$  - potrzebna ilość środków napadu powietrznego  $i$  - tego typu dla zadania  $j$  - temu celowi zadanych strat z zadaniem gwarantowanym prawdopodobieństwem z równoczesnym uwzględnieniem oczekiwanych strat własnych, gdzie  $j = 1, 2, 3, \dots, n$  - kolejny numer obiektu /celu/ przy uwzględnieniu warunków, że czym ważniejszy cel to ma mniejszy numer /na przykład, pozycja startowa rakiet "Corporal" w rejonie wysokości  $H$  uważana jest za cel najbardziej ważny i ona otrzymuje nr 1, myśliwcom przeciwnika daje się nr 2 itd./.  
 $n$  - ogólna ilość celów.

Uwaga: Numerowanie obiektów /celów/, wg którego obiekty ustawione są w kolejności ich ważności, stosuje się w tym przypadku, kiedy ilość sił i środków do rażenia wszystkich obiektów jest niewystarczająca.

Dane wyjściowe z punktu 1 i 2 wpisywane są do tabeli środków napadu powietrznego, którymi dysponuje AL wraz z potrzebną ilością sił /tabela 1/.

Tabela 1.

Środki. AL	Potrzebna ilość sił na poszczególne obiekty /cele/							
	Ilość środków danego typu	Numery celów ustawione w kolejności zmniejszania się ich ważności.						
Typ		1	2	3	...	j	...	n
1	$C_1$	$N_{11}$	$N_{12}$	$N_{13}$	...	$N_{1j}$	...	$N_{1n}$
2	$C_2$	$N_{21}$	$N_{22}$	$N_{23}$	...	$N_{2j}$	...	$N_{2n}$
3	$C_3$	$N_{31}$	$N_{32}$	$N_{33}$	...	$N_{3j}$	...	$N_{3n}$
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	$C_1$	$N_{11}$	$N_{12}$	$N_{13}$	...	$N_{1j}$	...	$N_{1n}$
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
m	$C_m$	$N_{m1}$	$N_{m2}$	$N_{m3}$	...	$N_{mj}$	...	$N_{mn}$

W tabeli pokazane są potrzebne ilości sił każdego ze środków napadu powietrznego dla rażenia każdego z zadanych celów, na przykład:  $N_{11}$  - ilość SNP 1-go typu /na przykład/, samolot - nosiciel SU-7B z bombą 20 KT/, potrzebna do rażenia pierwszego celu w zadanym stopniu i z nakazanym gwarantowanym prawdopodobieństwem. W tabeli  $N_{1j}$  i  $C_1$  - nieujemne liczby całkowite. Niektóre z liczb  $N_{1j}$  mogą umownie przyjmować wartość  $+\infty$ .  $N_{1j} = +\infty$  znaczy, że środki typu 1 nie mogą być stosowane na cel numer j, to jest ilość posiadanych środków danego typu jest niewystarczająca dla rażenia danego celu, albo promień działania danego środka jest mniejszy aniżeli odległość od lotniska bazowania do celu. Wymagane jest przy tym, ażeby tak rozdzielić SNP na poszczególne obiekty przeciwnika, ażeby zabezpieczyć zadanie przeciwnikowi nakazanych strat, z zadanym gwarantowanym prawdopodobieństwem, wszystkim obiektom, albo największej

ilości najbardziej ważnym obiektem nieprzyjaciela.

Zadanie to matematycznie może być ujęte w sposób następujący. Trzeba dokonać "wyboru" albo podziału istniejących SNP AL  $C_j$  na obiekty nieprzyjaciela  $j$ , to jest każdy numer kolumny  $j$  wstawić do odpowiedniego wiersza  $i$ ,  $i = f/j$  i określić dla danego "wyboru" liczbę  $n_0$ , która jest największą z liczb  $n'$ , spełniających warunki

$$\sum_{j=1}^n N_{ij} \leq C_j$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m,$$

gdzie przy każdym  $i$  sumowanie przeprowadza się tylko na te  $j$ , dla których  $i = f/j$ .

Warunek ten oznacza, że dla rażenia obiektu nieprzyjaciela nie może być wykorzystana większa ilość SNP  $i$  - tego typu od ilości, która znajduje się w naszej dyspozycji.

Zadanie więc będzie polegało na wyszukaniu najbardziej wygodnego podziału t.j. takiego "wyboru" przy którym osiąga się największą wartość  $n_0$ .

W ten sposób w rezultacie rozwiązania zadania na podstawie znanych danych wyjściowych trzeba sporządzić tabelę podziału środków napadu na obiekty przeciwnika /tabela 2/ posiadającą największą ilość kolumn, ponieważ ilość kolumn w tej tabeli odpowiada ilości rażonych obiektów w danym wariantcie podziału środków napadu na obiekty przeciwnika. Z tego wynika, że tabela posiadająca największą ilość kolumn, będzie najwygodniejszym wariantem podziału środków napadu powietrznego na obiekty przeciwnika.

Tabela 2.

Typ środka rażenia	C e l /obiekt/						
	1	2	3	...	j	...	$n_0$ n
1	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	...	$a_{1j}$	...	$a_{1n_0}$
2	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	...	$a_{2j}$	...	$a_{2n_0}$
3	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	...	$a_{3j}$	...	$a_{3n_0}$
.	.	.	.	.	.	.	.
1	2	3	4	5	6	7	8

1	2	3	4	5	6	7	8
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
1	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{1j}$	...	$a_{1j}$	...	$a_{1n_0}$
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
m	$a_{m1}$	$a_{m2}$	$a_{mj}$	...	$a_{mj}$	...	$a_{mn_0}$

Uwaga:

1. Każdy z elementów  $a_{ij}$  może mieć tylko dwie wartości: albo zero, albo  $N_{ij}$  to jest potrzebną ilość sił.
2. W każdej kolumnie powinien być tylko jeden element różny od zera. Znaczący to, że każdy obiekt /cel/ powinien być rażony tylko środkami jednego typu. Taki element powinien być w każdej z  $n_0$  kolumn. Znaczący to, że przydzielenie sił na mniej ważny obiekt nie miało miejsca, jeśli nie zabezpieczyło się porażenia bardziej ważnych obiektów.
3. Dla każdego  $i$  - tego wiersza powinien być spełniony warunek.

$$c_i \geq \sum_{j=1}^{n_0} a_{ij}$$

Warunek ten jest tej samej wartości co  $i$  poprzednia nierówność i oznacza, że do działania na przeciwnika nie może być wyznaczona większa ilość sił, aniżeli ta którą posiadamy.

Matematyczna postać obliczeń.

1. Oblicza się elementy macierzy

$$\| \gamma_{ij} \| = \| \frac{N_{ij}}{c_i} \|$$

Jeżeli  $N_{ij} = +\infty$  to  $\gamma_{ij} = 0$

2. Oblicza się wartości sumy

$$\sum_j^{n_1} \gamma_{1j} = \varphi_1, \quad \gamma = \gamma_0, \gamma_{0+1}, \gamma_{0+2}, \dots, n_1,$$

gdzie  $n_1$  - ilość rozpatrywanych kolumn,

$\gamma_0$  - numer tej kolumny od której zaczynamy rozpatrywanie.

Jeżeli dla jakiegoś to wiersza  $i$  wartość  $\varphi_i \leq 1$  to należy  $C_1$  rozdzielić dla danego wiersza, z dalszego rozpatrywania wyłączyć te kolumny dla których rozdzielano  $C_1$ ; poprawić wartości  $\gamma_{1j}$  dla reszty  $\Delta C_1$  i wartości obliczonej sumy dla pozostałych kolumn /ze sprawdzeniem warunku  $\varphi_i \leq 1$ /. Jeżeli wszystkie wartości  $\varphi_i \leq 1$ , to przechodzimy do wykonania punktu 3.

3. Określa się macierz

$$A_{mn_1} = \|\gamma_{1j} \cdot k_j\|$$

gdzie  $k_j$  - fikcyjny "ciężar",  $j$  - tej kolumny

$$k_j = n - j + 1$$

4. Oblicza się sumę

$$\sum_j^{n_1} \gamma_{1j} k_j = \eta_1$$

gdzie  $j = j_0 + 1, \dots, n_1$

5. Określa się stosunek

$$\beta_i = \frac{\gamma_{1j_0} k_{j_0}}{\eta_1}$$

Powyższy stosunek określa się dla tych wierszy  $i$   $j$  - tej kolumny, dla których

$$\gamma_{1j_0} \neq 0$$

Dla tych wierszy brane są minimalne wartości z  $\beta_i$

6. Przeprowadza się "wybór" elementu  $N_{1j}$  tego wiersza  $i$ , dla którego  $\beta_i$  jest minimalne.

7. Przeprowadza się obliczenia pozostałej /reszty/ ilości SNP danego typu, będących w naszej dyspozycji /  $\Delta C_1 = C_1 - N_{1j_0}$  /, którą to w dalszych obliczeniach

przyjmujemy jako wartość początkową  $C_1$ . Dla tego wiersza poprawia się wartość  $\gamma_{ij}$  z uwzględnieniem poprawionej wartości  $C_1$ .

8. Dla następnych kolumn powtarza się cały proces obliczeń, zaczynając od punktu 2.

Proces obliczeń przeprowadza się zaczynając od pierwszej kolumny.

Powyższe obliczenia dokonuje się do momentu wybrania wszystkich nakazanych kolumn  $n$ , albo do momentu, kiedy w którejś to  $j$ -tej  $j_0 < n$  kolumnie wszystkie wartości  $\gamma_{ij_0} = 0$ .

W pierwszym przypadku zadanie zostanie rozwiązane całkowicie, środków napadu powietrznego wystarcza dla rażenia wszystkich zadanych celów  $n_0 = n$  przy czym SNP rozłożone są racjonalnie na wszystkie obiekty przeciwnika.

W drugim wypadku "zapamiętujemy" wartość  $n_0^{(1)}$  /ilość wybranych kolumn/ i prowadzimy rozpatrywanie /zaczynając cały proces od początku/ dla ilości kolumn  $\bar{n}^{(1)} = n_0^{(1)} + 1$  gdzie  $\bar{n}$  spełnia rolę początkowej danej  $n$ .

Jeżeli wybrane są wszystkie  $\bar{n}$  kolumn "zapamiętujemy" wartość  $n_0^{(2)} = \bar{n}_0^{(1)}$  i prowadzimy rozpatrywanie dla  $\bar{n}^{(2)} = n_0^{(2)} + 1$  itd do tego momentu kiedy w  $n^{(k)} = n_0^{(k)} + 1$  kolumnie wszystkie

$\gamma_{ij_0} = 0$  / $k$  - numer rozpatrywania kolumn iteracji/.

W tym wypadku maksymalna ilość wybranych kolumn równa jest  $n_0^{(k) \max} = \bar{n}^{(k)} - 1 + 1$ .

Wszystkie osiem punktów tych obliczeń opisane powyżej, nazywamy rozpatrywaniem prostym.

I tak w rezultacie rozpatrywania prostego możemy wybrać albo wszystkie kolumny  $n_0^{(k) \max} = n$ , albo część kolumn  $n_0^{(k) \max} < n$ .

Jeżeli  $n_0^{(k) \max} = n$  to zadanie uważamy za rozwiązane. Jeżeli  $n_0^{(k) \max} < n$  wtedy według wskazanej w punkcie 8 iteracji otrzymujemy  $n_0^{(k) \max} < n$ , i w tym przypadku należy przeprowadzić rozpatrywanie odwrotne, które opisane jest niżej.

Rozpatrywanie odwrotne.

Rozpatrywanie odwrotne jest zasadniczo analogiczne do rozpatrywania prostego. Różnica polega na tym, że rozpatrywanie przeprowadza się w odwrotnym kierunku do macierzy  $/N_{1j}/$  przy czym "ciężary" kolumn  $k_j = j_0$ .

Dla pierwszego rozpatrywania odwrotnego bierze się ilość kolumn równą

$$\bar{n}^{/1/} = n_0^{/k/} \max + 1$$

Skutkiem czego w charakterze pierwszej rozpatrywanej kolumny  $j_0$  bierze się kolumnę  $j_0 = \bar{n}^{/1/}$ . Jeżeli natomiast przy pierwszym rozpatrywaniu nie uda się wybrać wszystkich  $n^{/1/}$  kolumn, na tym rozwiązywanie zadania należy zakończyć. Jeżeli natomiast  $\bar{n}^{/1/}$  kolumn zostało wybranych, to "zapamiętujemy"  $n_0^{/1/} = \bar{n}^{/1/}$  rozpatrywanie przeprowadzamy dla ilości kolumn równej  $\bar{n}^{/2/} = n_0^{/1/} + 1$  itd. do tego momentu kiedy nie ma możliwości wybrać  $n^{/k/}$  kolumn.

Przekazać wyniki tego rozpatrzenia, przy którym jeszcze wybierają się wszystkie nakazane  $n^{/k/}$  kolumny /zawartość tych wyników jest analogiczna do zawartości wyników przy rozpatrywaniu prostym/.

Numeracja kolumn tak przy rozpatrywaniu prostym, jak i odwrotnym jest jednakowa to jest taka jak w danych wyjściowych macierzy  $//N_{1j}//$ .

Przykład. Niech tabela zadanych ilości środków, będących w naszym posiadaniu oraz potrzebnej ilości sił ma następującą postać:

Środki AL		Numery celów			
Typ	Ilość	1	2	3	4
1	6	3	5	$\infty$	$\infty$
2	4	2	3	2	4
3	3	2	$\infty$	3	3

Z tabeli wynika, że cel nr 1 może być rażony z zadaniem gwarantowanym prawdopodobieństwem trzema środkami pierwszego typu, albo dwoma środkami drugiego typu, albo dwoma środkami trzeciego typu; cel nr 2 może być rażony pięcioma

środkami pierwszego typu, albo trzeba środkami drugiego typu; trzeci typ środków nie zabezpiecza rażenia celu nr 2 z zadany gwarantowanym prawdopodobieństwem, względnie nie może do niego dotrzeć itd.

Nie zwracają uwagi na to, że przykład ten jest stosunkowo prosty, dla rozwinięcia zadania należy rozpatrzyć 24 warianty rozdziału środków napadu powietrznego tj. wyboru odpowiednich par  $i$  oraz  $j$  jako  $i = f/j$ , które będziemy oznaczali szeregiem  $f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_m$ , gdzie  $f_i$  - numer wiersza w którym znajduje się wybierany element  $j$  - tej kolumny. I tak dla naszego przykładu przy  $n = 4$  szereg liczb 1,1,2,2 /tj. pierwszy środek na cel nr 1, pierwszy środek na cel nr 2, drugi środek na cel nr 3, drugi środek na cel nr 4/ oznaczają, że wybranymi elementami są  $N_{11}, N_{12}, N_{23}, N_{24}$ . Jasnym jest, że przy opisanym wariantcie rozdziału środków napadu powietrznego nie możemy razić więcej aniżeli jeden obiekt. Rzeczywiście, po wyborze elementu  $N_{11}$  otrzymana różnica  $C_1 - N_{11} = 6 - 3 = 3 = \Delta C_1$  jest jeszcze dodatnia, a po wyborze  $N_{12}$  różnica  $\Delta C_1 - N_{12} = 3 - 5 < 0$  staje się już ujemną tj. nakazanego środka nie wystarcza dla rażenia celu nr 2. Ale w związku z tym, że dla danego wariantu na cel nr 2 można działać tylko przy użyciu pierwszego typu środka, a nie innych i tak, oprócz tego jest jeszcze warunek, że nie zezwala się działać na mniej ważny cel dopóki nie jest zniszczony bardziej ważny /tj. nie można działać na cel nr 3, albo na cel nr 4 przy użyciu drugiego typu środka ponieważ bardziej ważny cel nr 2 nie jest zniszczony przy użyciu środka pierwszego/, dlatego  $n_0 = 1$ .

Jeżeli rozpatrzymy wszystkie 24 warianty rozdziału środków, to dają one następujące ilości rażonych obiektów /wartości  $n_0$ /:

Wariant	Wartość $n_0$	Wariant	Wartość $n_0$	Wariant	Wartość $n_0$	Wariant	Wartość $n_0$
1122	1	1232	3	2222	1	3132	2
1123	1	1233	3	2223	1	3133	2
1132	1	2122	3	2232	1	3222	2
1133	1	2123	4	2233	1	3223	2
1222	2	2132	3	3122	3	3232	2
1223	2	2133	3	3123	3	3233	2

Z powyższej tabeli wynika, że z 24 wariantów tylko jeden wariant daje wartość  $n_0 = 4$  /przy  $f_1, f_2, f_3 = 2123$  tj. na pierwszy obiekt używamy dwa środki drugiego typu, na drugi obiekt używamy pięć środków pierwszego typu, na trzeci obiekt używamy dwa środki drugiego typu i wreszcie na czwarty obiekt używamy trzy środki trzeciego typu/.

Przy tym wariancie tabela rozdziału środków napadu powietrznego będzie następująca:

Środki AL		Numery celów			
Typ	Ilość	1	2	3	4
1	6	0	5	0	0
2	4	2	0	2	0
3	3	0	0	0	3

Zadania stojące przed AL zostaną wykonane i jeszcze w rezerwie pozostaje jeden środek napadu powietrznego pierwszego typu.

Rozwiązanie danego przykładu wg opisaney wyżej metody, pokazane jest w załącznikach na blankiecie obliczeniowym 1.01/a/. Bardziej skomplikowane obliczenia przy trzech typach środków i 20 celach pokazane są w załącznikach na blankiecie obliczeniowym 1.01 /b/.

#### 1.02. OKREŚLENIE POTRZEBNEJ ILOŚCI SAMOLOTÓW MYŚLIWSKICH DLA RAŻENIA SAMOLOTÓW PRZECIWNIA W CELU ZERWANIA ATAKU.

W warunkach prowadzenia działań bojowych przez lotnictwo frontowe, duże znaczenie posiada określenie potrzebnej ilości samolotów myśliwskich dla rażenia samolotów nieprzyjaciela, biorących udział w zmasowanym raketowo-jądrowym ataku w celu jego zerwania i zapewnienia najbardziej sprzyjających warunków wykonania uderzenia odwetowego.

Obliczenia pozwalają określić potrzebną ilość myśliwców danego typu i oczekiwane straty w zależności od ilości i typu samolotów bombowych nieprzyjaciela, wykonujących nalot, prawdopodobieństwa rażenia samolotu bombowego przez myśliwca i prawdopodobieństwa rażenia naszego myśliwca przez samolot bombowy.

Matematyczna postać obliczeń.

$$N_1 = \frac{n}{x} N_b ;$$

$$n = \frac{\lg/1-W_1/}{\lg /1-p/} ;$$

$$N_{st} = \frac{n}{x} /1 - /1 - W_2/^x /N_b ;$$

$x = 1$  - przy wykonaniu jednego ataku przez samolot myśliwski;

$x = W_2 + 2/1 - W_2/$  - przy dwóch możliwych atakach;

$x = W_2 + 2/1 - W_2/W_2 + 3/1 - W_2/^2$  - przy trzech możliwych atakach;

gdzie  $N_1$  - potrzebna ilość samolotów myśliwskich;

$n$  - konieczna ilość ataków przez jeden samolot myśliwski do rażenia samolotu bombowego nieprzyjaciela z zadaniem gwarantowanym prawdopodobieństwem;

$x$  - średnia oczekiwana ilość możliwych ataków z uwzględnieniem zużycia amunicji, możliwości manewru i możliwości rażenia samolotu myśliwskiego przez samolot bombowy;

$N_{st}$  - oczekiwana ilość strat samolotów myśliwskich.

Dane wyjściowe.

$N_b$  - ilość samolotów bombowych /samolotów-poisków/ wykonujących naloty;

$W_1$  - zadane gwarantowane prawdopodobieństwo rażenia samolotu bombowego;

$p$  - prawdopodobieństwo rażenia samolotu bombowego, podczas jednego ataku, przez samolot myśliwski, z uwzględnieniem ostrzału przez samolot bombowy;

$W_2$  - prawdopodobieństwo zestrzelenia samolotu myśliwskiego przez samolot bombowy.

Wartość  $p$  zależy od typu samolotu bombowego, którego będziemy atakować, od jego prędkości, od możliwości wykonania manewru, od prowadzenia przez niego ognia odwetowego, od typu myśliwoa, który wykonuje atak, jego lotno-taktycznych danych i uzbrojenia, sposobu naprowadzania i rodzaju ataku. /przy pomocy czego i jak prowadzimy ogień/, od niezawodności jego środków technicznych, pory doby, od zakłóceń oraz stopnia ich intensywności itp.

Obliczanie wartości  $x$  pokażemy na przykładzie.

Niech samoloty myśliwskie MiG-19pm i MiG-21f-13 będą rażone przez samolot bombowy typu B-47 z prawdopodobieństwem  $W_2 = 0,05$ .

Przy danych możliwościach manewru każdy samolot myśliwski ma możliwości wykonania dwóch ataków celu. Niech każdy samolot myśliwski przy każdym ataku odpala po dwie rakiety RS-2U/K-13/. Ponieważ MiG-21f-13 ma możliwość zabrać tylko dwie rakiety, może wykonać tylko jeden atak. W związku z czym dla samolotu MiG-21f-13  $x = 1$ .

MiG-19pm ma cztery rakiety PC-2U i może wykonać dwa ataki. Dla niego

$$x = W_2 + 2/1 - W_2/ = 0,05 + 2/1 - 0,05/ = 1,95$$

W interesach AL koniecznym jest wykonanie odpowiednich obliczeń z uwzględnieniem typów samolotów myśliwskich, znajdujących się na uzbrojeniu armii lotniczej z uwzględnieniem ich taktyczno-technicznych danych, uzbrojenia i warunków prowadzenia działań bojowych.

Wyniki uprzednio wykonanych obliczeń, wystarczająco dużej ilości wariantów, celowym jest zestawić w tabeli, względnie zrobić odpowiednie wykresy, które będzie można wykorzystać w okresie późniejszym dla określenia potrzebnej ilości konkretnych typów samolotów.

Powyższe i wszystkie następne obliczenia, mające w swoich matematycznych postaciach wartości prawdopodobieństw, należy wykonywać z dokładnością nie większą niż do 1 %.

Wszystkie jakościowe wartości określane na podstawie prawdopodobieństw, należy wykonywać z jednym dziesiętnym znakiem i następnie zaokrąglać do liczb całkowitych.

### 1.03. OKREŚLENIE PRAWDOPODOBIENSTWA PRZELOTU SAMOLOTÓW PRZEZ STREFĘ OSŁANIANĄ, PRZEZ LOTNICTWO MYŚLIWSKIE NIEPRZYJACIELA.

Podczas przygotowania i prowadzenia działań bojowych, dla dowódcy i sztabu, który je organizuje, ważnym elementem jest określenie możliwości przelotu przez nasze samoloty, podczas wykonywania działań bojowych, strefy obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela, osłanianej przez lotnictwo myśliwskie, w celu wyboru najwygodniejszego kierunku ataku.

Dane obliczenia pozwalają określić prawdopodobieństwo przelotu w zależności od rozmieszczenia lotnictwa myśliwskiego nieprzyjaciela, ilość własnych samolotów i prawdopodobieństwa ich rażenia.

#### Matematyczna postać obliczeń.

$$Q_{LM} = e^{-\frac{k/D \cdot W_w \cdot W_p}{N}}$$

gdzie  $Q_{LM}$  - prawdopodobieństwo przelotu przez samoloty strefy obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela, osłanianej przez lotnictwo myśliwskie.

#### Dane wyjściowe.

- $k/D/$  - ilość możliwych ataków przez samoloty myśliwskie nieprzyjaciela w zależności od odległości przenikania w głąb terytorium nieprzyjaciela;
- $W_w$  - prawdopodobieństwo wyjścia do ataku przez samolot myśliwski przeciwnika;
- $W_p$  - prawdopodobieństwo rażenia samolotu przy jednym ataku przez jeden samolot myśliwski;
- $N$  - ilość samolotów w szyku bojowym.

Ilość możliwych ataków przez samoloty myśliwskie nieprzyjaciela w zależności od odległości przenikania w głąb terytorium nieprzyjaciela przez nasze samoloty określa oficer rozpoznania armii lotniczej na podstawie danych o moż-

liwościach rozlokowania samolotów myśliwskich nieprzyjaciela z uwzględnieniem lotno-taktycznych danych naszych samolotów, ich tras i profilu lotu.

Prawdopodobieństwo wyjścia do ataku przez samolot myśliwski i rażenia go przy jednym ataku przez jeden samolot myśliwski, który z wynikiem pomyślnym wyszedł do ataku, jest nakazane względnie liczone wcześniej.

Według uprzednio wykonanych obliczeń wystarczająco dużej ilości wariantów, może być zrobiony wykres, którym można posługiwać się w konkretnych warunkach bojowych.

Po określeniu prawdopodobieństwa przelotu przez samolot strefy obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela, osłanianej przez lotnictwo myśliwskie można obliczyć ilość samolotów które przelecą przez tę strefę według wzoru

$$N_{LM} = N \cdot Q_{LM}$$

gdzie:  $N_{LM}$  - prawdopodobna ilość samolotów, pokonywujących strefę obrony przeciwlotniczej LM nieprzyjaciela.

Przy nakazanej ilości samolotów, które powinny pokonać strefę obrony przeciwlotniczej LM nieprzyjaciela, potrzebną ilość obliczymy przy pomocy wzoru

$$N = \frac{N_{LM}}{Q_{LM}}$$

#### 1.04. OKREŚLENIE PRAWDOPODOBIENSTWA PRZELOTU PRZEZ SAMOLOT LECAŁY W SZYKU BOJOWYM, STREFY OSŁANIANEJ PRZEZ PPK

Lot samolotu na wykonanie zadań bojowych we współczesnych warunkach połączony jest nie tylko z pokonaniem silnego przeciwdziałania w powietrzu /LM i zakłócenia ze strony przeciwnika/ dla i z przeciwdziałaniem artylerii przeciwlotniczej oraz PPK i z ziemi.

Uwzględnienie przeciwdziałania naziemnej obrony przeciwlotniczej, a w szczególności stref osłanianych przez PPK, daje możliwość określenia potrzebnej ilości samolotów w celu wykonania zadania bojowego z zadaniem gwarantowanym prawdopodobieństwem i z najwygodniejszego kierunku nalotu. Możemy to osiągnąć drogą szeregów obliczeń prawdopodobieństwa

przelotu przez grupy samolotów stref osłanianych przez PPK oraz analizy przeciwdziałania na wszystkich etapach lotu. Obliczenia pozwalają określić prawdopodobieństwo przelotu przez samoloty strefy osłanianej przez PPK, w zależności od ilości samolotów, ich szyku bojowego i prędkości lotu, ilości i rozmieszczenia oraz możliwości bojowych baterii PPK na danym odcinku lotu.

Matematyczna postać obliczeń.

$$Q_{PPK} = e^{-1,5\xi} \max \alpha W_1 f / D / B ;$$

$$B = \frac{1 + \frac{L_\xi}{2\xi} \max / T_0 + \frac{L_D}{V}}{N T_0}$$

Gdzie:  $Q_{PPK}$  - prawdopodobieństwo przelotu przez samolot strefy, osłanianej przez PPK

$$T_0 = T_0' : 3600$$

Dane wyjściowe.

- $L_\xi$  - szerokość ugrupowania bojowego w km;
- $L_D$  - głębokość ugrupowania bojowego w km;
- $f/D/$  - ilość baterii PPK w zależności od odległości lotu  $/D/$  na odcinku frontu o szerokości 1 km w 1/km;
- $2\xi_{\max}$  - szerokość strefy działania jednej baterii PPK w km;
- $a$  - prawdopodobieństwo wykrycia;
- $W_1$  - średnie prawdopodobieństwo rażenia samolotu ogniem jednej baterii w zależności od parametru kursowego;
- $T_0$  - czas cyklu strzelania jednej baterii w sek;
- $V$  - prędkość lotu celu w km/h;
- $N$  - ilość samolotów w szyku bojowym.

Dane wyjściowe o rozmieszczeniu baterii PPK nieprzyjaciela oraz ich taktyczno-techniczne charakterystyki otrzymywane są na podstawie danych z rozpoznania. Wartości danych wyjściowych o ilości samolotów własnych i ich szykach bojowych są podawane w różnych wariantach.

Prawdopodobną ilość samolotów, która pokona strefę ognia PPK nieprzyjaciela, określa się według wzoru.

$$N_{PPK} = N \cdot Q_{PPK}$$

Jeśli mamy nakazaną prawdopodobną ilość samolotów które powinny pokonać strefę ognia PPK nieprzyjaciela wówczas potrzebną ilość samolotów obliczamy przy pomocy wzoru

$$N = \frac{N_{PPK}}{Q_{PPK}}$$

#### 1.05. OKREŚLENIE PRAWDOPODOBIENSTWA POKONANIA PRZEZ SAMOŁOT SYSTEMU OPL NIEPRZYJACIELA, OSŁANIANEGO PRZEZ LOTNICTWO MYŚLIWSKIE I PPK

Obliczenia te łączą obliczenia 1.03 i 1.04 i pozwalają określić prawdopodobieństwo przelotu przez samolot systemu OPL nieprzyjaciela podczas wykonywania zadania bojowego w zależności od ilości własnych samolotów, ich szyku bojowego, ugrupowania i możliwości lotnictwa myśliwskiego oraz PPK nieprzyjaciela.

Matematyczna postać obliczeń.

$$Q_{OPL} = Q_{LM} \cdot Q_{PPK} \quad ;$$

$$Q_{LM} = e^{-\frac{k/D/W_w W_p}{N}} \quad ;$$

$$Q_{PPK} = e^{-1,5\xi_{\max} a W_1 f/D/B} \quad ;$$

$$B = \frac{1 + \frac{L\xi}{2\xi_{\max}} / / T_c + \frac{L_D}{V}}{N_{LM} \cdot T_c} \quad ;$$

$$N_{LM} = N Q_{LM} ; \quad T_o = T'_o : 3600 ,$$

- gdzie:  $Q_{LM}$  - prawdopodobieństwo przelotu przez samolot strefy osłanianej przez lotnictwo myśliwskie nieprzyjaciela;
- $Q_{PPK}$  - prawdopodobieństwo przelotu przez samolot strefy osłanianej przez PPK;
- $Q_{OPL}$  - prawdopodobieństwo przelotu przez samolot strefy OPL nieprzyjaciela.

Dane wyjściowe.

- $k/D/$  - ilość możliwych ataków przez samoloty myśliwskie nieprzyjaciela w zależności od odległości przenikania w głąb terytorium nieprzyjaciela  $/D/$ ;
- $W_w$  - prawdopodobieństwo wyjścia do ataku przez samolot myśliwski nieprzyjaciela;
- $W_p$  - prawdopodobieństwo rażenia samolotu przy jednym ataku przez jeden samolot myśliwski;
- $N$  - ilość samolotów w szyku bojowym;
- $L_g$  - szerokość ugrupowania bojowego w km;
- $L_D$  - głębokość ugrupowania bojowego w km;
- $f/D/$  - ilość baterii PPK w zależności od odległości lotu  $/D/$  na odcinku frontu o szerokości 1 km w 1/km;
- $2 \frac{a}{max}$  - szerokość strefy działania jednej baterii PPK w km;
- $a$  - prawdopodobieństwo wykrycia;
- $W_1$  - średnie prawdopodobieństwo rażenia samolotu ogniem jednej baterii w zależności od parametru kursowego;
- $T'_o$  - czas cyklu strzelania jednej baterii w sek;
- $v$  - prędkość lotu celu w km/h.

Prawdopodobna ilość samolotów, które pokonają strefę OPL nieprzyjaciela, osłanianą przez lotnictwo myśliwskie i PPK, można obliczyć przy pomocy następującego wzoru:

$$N_{OPL} = N \cdot Q_{OPL}$$

1.06. OBLICZANIE ŚREDNIEJ OCZEKIWANEJ ILOŚCI RAŻENIA  
SAMOLOTÓW PRZY ICH PRZELOCIE PRZEZ STREFY OGNI  
BATERII PPK NIEPRZYJACIELA

Przy dużej szybkostrzelności współczesnych PPK, które z zasady znajdują się na zasadniczych pozycjach w składzie jednej baterii, uwzględnianie ich przeciwdziałania stanie się koniecznością.

Określenie skuteczności baterii PPK pozwala stosować prawidłowy manewr przeciwlotniczy, wybrać najbardziej wygodny kierunek wyjścia na atakowany obiekt i zmniejszyć straty własnych samolotów. Obliczenia pozwalają określić skuteczność baterii PPK nieprzyjaciela w składzie grupy i możliwości PPK nieprzyjaciela z uwzględnieniem kierunku lotu.

Matematyczna postać obliczeń.

$$N_{\text{raż}} = NP_e / 1 - / 1 - W_1 / l \quad /;$$

$$P_1 = \frac{t n}{\tau} \quad , \quad \text{ale jeżeli } \frac{t n}{\tau} > 1 \text{ wówczas } P_1 = 1$$

$$l = \min \left\{ B ; \frac{m n}{P_1 N} ; \frac{m_0 / 1 + \frac{N_t}{\tau_1} / n}{P_1 N} \right\} ,$$

gdzie:  $N_{\text{raż}}$  - średnia oczekiwana ilość rażenia samolotów przy ich przelocie przez strefę ognia baterii PPK nieprzyjaciela;

$l$  - ilość PPK, którą jest w stanie jedna bateria wystrzelić do jednego samolotu w szyku bojowym przy racjonalnej organizacji strzelania /z trzech wartości bierzemy wartość minimalną/;

$N$  - ilość samolotów w grupie.

Dane wyjściowe.

$W_1$  - prawdopodobieństwo rażenia samolotu przez jeden PPK;

$t$  - odstęp czasowy między poszczególnymi samolotami w sekundach;

- n - ilość anten w baterii;
- $\tau_1$  - czas przeładowania jednej wyrzutni w sek;
- $m_0$  - ilość wyrzutni;
- m - maksymalny zapas pocisków wszystkich wyrzutni przypadających na jedną antenę;
- $\tau$  - czas cyklu anteny w sek;
- b - maksymalna możliwa ilość wyrzutni PPK do jednego samolotu;

Dane wyjściowe o rozmieszczeniu baterii PPK nieprzyjaciela i ich taktyczno-techniczne charakterystyki otrzymujemy na podstawie danych z rozpoznania.

Dane wyjściowe o ilości swoich samolotów i ich odstępach czasowych lotu należy wariantować.

#### 1.07. OKREŚLENIE ODLEGŁOŚCI RUBIEŻY WPROWADZENIA DO WALKI SAMOLOTÓW MYŚLIWSKICH OD LINII STYCZNOŚCI BOJOWEJ /LINII FRONTU/

Obliczanie rubieży wprowadzania do walki samolotów myśliwskich wykonuje się w celu określenia potrzebnego czasu startu samolotów myśliwskich i ich naprowadzania na cel, z tym, żeby nie tylko nie dać możliwości nieprzyjacielowi wykonać zadania bojowego, ale również nie dać możliwości przelecenia linii frontu.

Obliczenia dają możliwość określić odległość rubieży wprowadzenia do walki od linii styczności bojowej z uwzględnieniem od prędkości lotu samolotu myśliwskiego, przeciążeniem ognia przeciwlotniczej artylerii rakietowej, w zależności od prędkości lotu samolotu myśliwskiego, przeciążenia, prędkości lotu celu oraz dokładności naprowadzania z SD.

##### Matematyczna postać obliczeń.

$$S_{PRW} = J + R_p = L$$

$$J = \frac{kd}{1+k} ; \quad R_p = \frac{v_m^2}{g \sqrt{n^2 - 1}} ,$$

gdzie:  $S_{PRW}$  - odległość rubieży wprowadzenia do walki od linii styczności bojowej w km;

J - rozległość w płaszczyźnie poziomej przestrzeni walki powietrznej;

$R_p$  - rozległość w płaszczyźnie poziomej przestrzeni wyjścia samolotów myśliwskich z walki, która przyjmowana jest równą promieniowi skreću samolotu myśliwskiego podczas wyjścia z walki w km.

U w a g a : Przy określaniu J znak "+" bierze się w wypadku ataku na kursach przeciwnych, "-" na kursach zbieżnych.

Dane wyjściowe.

- L - odległość między linią styczności bojowej a granicą strefy ognia wojsk przeciwlotniczo-rakietowych w km.
- $V_m$  - prędkość lotu samolotu myśliwskiego w km/h;
- n - przeciążenie;
- d - dokładność naprowadzania w km;
- k - stosunek prędkości lotu celu do prędkości lotu samolotu myśliwskiego;
- g - przyspieszenie siły ciężkości /g = 127, 1 · 10<sup>3</sup> km/h/.

1.08. OBLICZANIE GŁĘBOKOŚCI STREFY PRZECHWYCENIA Z UWZGLĘDNIENIEM RUBIEŻY WPROWADZ. DO WALKI

Obliczenia przeprowadza się w celu określenia maksymalnej odległości samolotu myśliwskiego od rubieży wprowadzenia do walki przy której możliwe jest jeszcze spotkanie celu na rubieży.

Obliczenia pozwalają określić maksymalnie możliwą odległość samolotu myśliwskiego od rubieży wprowadzenia do walki w zależności od odległości celu do rubieży wprowadzenia do walki, prędkości lotu celu i samolotu myśliwskiego oraz czasu potrzebnego na podjęcie decyzji i na wykonanie manewru przez samolot myśliwski.

Matematyczna postać obliczeń.

$$S_{\max} = \frac{S_0}{k} - V_m / t_{\text{pas}} + t_{\text{man}} / \cdot \frac{1}{60} ,$$

gdzie:  $S_{\max}$  - maksymalna odległość samolotu myśliwskiego od rubieży wprowadzenia do walki, przy której jest możliwe spotkanie z celem na rubieży, km.

Dane wyjściowe.

- $S_0$  - odległość między celem a rubieżą wprowadzenia do walki w momencie wykrycia celu w km;  
 $V_m$  - prędkość lotu samolotu myśliwskiego w km/h;  
 $t_{\text{pas}}$  - czas, zużyty na ocenę sytuacji po wykryciu celu i podjęcie decyzji w min;  
 $t_{\text{man}}$  - czas, zużyty na wykonanie manewru przez samolot myśliwski;  
 $k$  - stosunek prędkości lotu celu do prędkości lotu samolotu myśliwskiego.

Obliczenia prowadzi się z dokładnością do 0,1, a następnie zaokrągla się wynik do liczb całkowitych.

1.09. OKREŚLENIE NAJWYGODNIEJSZEJ ODLEGŁOŚCI STREFY DYŻUROWANIA W POWIETRZU W STOSUNKU DO OSŁANIANEGO OBIEKTU

Podczas dyżurowania samolotów myśliwskich w powietrzu ważnym jest prawidłowe określenie rozmieszczenia stref dyżurowania w stosunku do osłanianego obiektu, z tym ażeby cel był zaatakowany we właściwym czasie.

Obliczenia pozwalają określić odległość środka strefy od osłanianego obiektu w zależności od położenia celu w momencie jego wykrycia przez stację radiolokacyjną, prędkości lotu celu i czasu, zużytego na podjęcie decyzji oraz wykonanie manewru przez samolot myśliwski.

Matematyczna postać obliczeń.

$$S_s = S_{\text{wykr}} - V_c / t_{\text{pas}} + t_{\text{man}} / \cdot \frac{1}{60} ,$$

gdzie:  $S_s$  - odległość środka strefy od osłanianego obiektu w km.

Dane wyjściowe.

$S_{\text{wykr}}$  - odległość celu od osłanianego obiektu w momencie wykrycia go przez stację radiolokacyjną w km;

- $V_c$  - prędkość lotu celu w km/h;  
 $t_{nas}$  - czas, zużyty na ocenę sytuacji oraz podjęcie decyzji w min;  
 $t_{man}$  - czas, zużyty przez samolot myśliwski na wykonanie manewru w min.

1.10. OBLICZENIA STAŁEGO ODSTĘPU CZASU ZMIANY SAMOLOTÓW MYŚLIWSKICH, PODCZAS ICH DYŻUROWANIA W POWIETRZU W JEDNEJ STREFIE NA RÓŻNYCH WYSOKOŚCIACH

Obliczenia przeprowadza się w celu organizowania wylotów samolotów myśliwskich z lotniska bazowania ze stałym odstępem czasowym na dyżurowanie w powietrzu.

Obliczenia pozwalają określić jednakowe czasy dyżurowania samolotów myśliwskich w powietrzu na różnych wysokościach w zależności od granicznego czasu przebywania na tych wysokościach.

Matematyczna postać obliczeń

Podczas dyżurowania w powietrzu na tej samej wysokości.

$$t_{og} = t_1$$

Podczas dyżurowania w powietrzu na dwóch wysokościach

$$t_{og} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2}$$

Podczas dyżurowania w powietrzu na n wysokościach  
/n = 2, 3, ...../

$$t_{og} = \frac{t_2 + t_3 + t_4 + \dots + t_n}{/n-1/t_1 + t_2 + 2t_3 + 3t_4 + \dots + /n-1/t_n} \cdot t_1,$$

gdzie:  $t_{og}$  - jednakowy czas dyżurowania samolotów myśliwskich w powietrzu na różnych wysokościach w min

Dane wlotowe

$t_1, t_2, \dots, t_n$  - graniczny czas przebywania samolotu myśliwskiego na odpowiednich wysokościach  $H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$   
/dane te są brane z charakterystyki lotnej danego typu samolotu/ w min.

n - ilość wysokości.

Wynik obliczeń zaokrąglony do 0,1.

### 1.11. OBLICZENIA MAKSYMALNEJ ODLEGŁOŚCI PRAWDOPODOBNEJ RUBIEŻY PRZECHWYCENIA CEŁU POWIETRZNEGO OD LOTNISKA STARTU PRZEZ SAMOŁOT MYŚLIWSKI

Obliczenia maksymalnej odległości prawdopodobnej rubieży przechwycenia celów powietrznych przeprowadza się w celu określenia możliwości przechwytywania celów powietrznych przez samoloty myśliwskie w warunkach aktualnego bazowania. Na podstawie obliczeń dowódca podejmuje decyzję na podział sił samolotów myśliwskich, działających z różnych lotnisk na odparcie środków napadu powietrznego w zależności od intensywności nalotów.

Obliczenia pozwalają określić odległości prawdopodobnej rubieży przechwycenia celów od lotniska startu w zależności od odległości wykrycia przez stację radiolokacyjną, prędkości lotu celu, prędkości samolotów myśliwskich oraz czasu, zużytego na podjęcie decyzji i wykonanie manewru przez samolot myśliwski.

#### Matematyczna postać obliczeń.

$$S_{rp} = \frac{S_{pocz} - v_c \cdot \frac{t_{og}}{60} + k \cdot S_H}{1 + k}$$

gdzie:  $k = \frac{v_c}{v_m}$  ;

$$t_{og} = t_{pas} + t_H + t_{man}$$

$S_{rp}$  - maksymalna odległość od lotniska do rubieży przechwycenia km

k - stosunek prędkości lotu celu do prędkości lotu samolotu myśliwskiego.

#### Dane wyjściowe

$S_{pocz}$  - początkowa odległość wykrycia przez stację radiolokacyjną w km;

$v_c$  - prędkość lotu celu w km/h;

$t_{pas}$  - czas od momentu wykrycia celu do momentu wyjścia samolotu myśliwskiego w początkowy punkt naboru

wysokości w min;

$t_{\text{man}}$  - czas skreću samolotu myśliwskiego o  $180^\circ$  w min,

$S_H$  - droga przebyta przez samolot myśliwski podczas naboru wysokości, km.

#### 1.12. OKRESLENIE POTRZEBNEJ ILOŚCI SIŁ SAMOLOTÓW WOJSKOWEGO LOTNICTWA TRANSPORTOWEGO DO PRZEWOZU WOJSK I SPRZĘTU PRZY NAKAZANEJ ILOŚCI REJSÓW

W warunkach współczesnej wojny manewrowej, wojskowe lotnictwo transportowe będzie jednym z podstawowych rodzajów transportu do przewozu wojsk i sprzętu, tak nad swoim terenem, jak też i na tyły przeciwnika.

Obliczenia pozwalają określić potrzebną ilość sił wojskowego lotnictwa transportowego do przerzutu wojsk i sprzętu przy nakazanej ilości rejsów, w zależności od wagi sprzętu, typu samolotów, prawdopodobieństwa sprawności samolotów oraz prawdopodobieństwa nieporażenia samolotów podczas jednego lotu.

#### Matematyczna postać obliczeń.

$$N = \frac{G}{E_{\text{max}} W} \cdot \frac{1 - Q_1}{1 - Q_1^n}$$

$$Q_1 = 1 - W - WQ = 1 - W/1 + Q,$$

gdzie:  $N$  - potrzebna ilość samolotów wojskowego lotnictwa transportowego.

#### DANE WYJSCIOWE

$G$  - waga sprzętu, t, szt;

$E_{\text{max}}$  - maksymalny udźwig samolotu wojskowego lotnictwa transportowego, t, szt;

$Q$  - prawdopodobieństwo nieporażenia samolotów podczas jednego lotu;

$W$  - prawdopodobieństwo sprawności samolotów transportowych,

$r$  - ilość rejsów, które należy wykonać.

Ilość rejsów zależy od ustalonego czasu wykonania zadania, prędkości lotu oraz czasu załadowania i wyładowania samolotów itp.

Obliczenia prowadzi się z dokładnością do 0,01 a następnie wyniki zaokrągla się do liczb całkowitych w stronę wartości większych.

### 1.13. OKREŚLENIE ILOŚCI LOTNISK, POTRZEBNYCH DLA PRZYJĘCIA SAMOLOTÓW WOJSKOWEGO LOTNICTWA TRANSPORTOWEGO

Obliczenia pozwalają określić potrzebną ilość lotnisk dla przyjęcia samolotów wojskowego lotnictwa transportowego w zależności od ilości jednocześnie przyjmowanych samolotów na jednym lotnisku, czasu funkcjonowania lotnisk oraz ich możliwości przyjmowania samolotów, wagi sprzętu i ciężaru transportowego samolotów.

Matematyczna postać obliczeń.

$$A = \frac{G}{0,8 g_{\max} m \left/ \frac{t}{\tau} + 1 \right. /}$$

gdzie: A - potrzebna ilość lotnisk.

#### Dane wyjściowe

- G - waga sprzętu, który należy przewieźć, t;
- $g_{\max}$  - maksymalny udźwig samolotu wojskowego lotnictwa transportowego, t;
- m - ilość jednocześnie przyjmowanych samolotów na lotnisku;
- t - czas funkcjonowania lotniska, godz;
- $\tau$  - czas, zużyty na lądowanie, wyładowanie, tankowanie itp. m samolotów, godz.

Wyniki obliczeń zaokrągla się do liczb całkowitych.

### 1.14. OKREŚLENIE STREFY NIEMOŻLIWYCH ATAKÓW NASZYCH SAMOLOTÓW BOMBOWYCH PRZEZ SAMOLOTY MYSLIWSKIE NIEPRZYJACIELA

Obliczenia przeprowadza się w celu niedopuszczenia do odpalenia niekierowanych rakiet przez samolot myśliwski

nieprzyjaciela do naszego samolotu bombowego.

Obliczenia pozwalają określić promień strefy niemożliwych ataków w zależności od prędkości lotu samolotu bombowego i samolotu myśliwskiego oraz granicznego przeciążenia samolotu myśliwskiego.

Matematyczna postać obliczeń.

$$r = \frac{V_b \cdot V_m}{2g \sqrt{n^2 - 1}} \cdot 10^3$$

gdzie: r - promień strefy niemożliwych ataków, m.

Dane wyjściowe

- $V_b$  - prędkość samolotu bombowego, km/h;
- $V_m$  - prędkość samolotu myśliwskiego, km/h;
- n - graniczne przeciążenie samolotu myśliwskiego;
- g - przyspieszenie siły ciężkości /g = 127,1 · 10<sup>3</sup> km/h<sup>2</sup>.

Obliczenia prowadzone są z dokładnością do pięciu liczb znaczących. Wynik obliczeń zaokrągla się do liczb całkowitych.

1.15. OKRESLENIE PRAWDOPODOBIEŃSTWA RAŻENIA CELU POWIETRZNEGO PRZY UŻYCIU UZBROJENIA ARTYLERYJSKIEGO LUB RAKIET NIEKIEROWANYCH PODCZAS JEDNEGO ATAKU WYKONANEGO PRZEZ SAMOLOT MYŚLIWSKI

Obliczenia pozwalają określić prawdopodobieństwo rażenia celu powietrznego pierwszą, drugą względnie n-tą serią.

Matematyczna postać obliczeń.

$$W = 1 - / 1 - W_1 / / 1 - W_2 / \dots \dots \dots / 1 - W_n /$$

gdzie: W - prawdopodobieństwo rażenia celu powietrznego podczas jednego ataku.

Dane wyjściowe.

- $W_1, W_2 \dots \dots \dots W_n$  - prawdopodobieństwo rażenia celu powietrznego pierwszą, drugą względnie n-tą serią.

Obliczanie prowadzi się z dokładnością do 0,01.

1.16. OKREŚLENIE PRAWDOPODOBIENSTWA RAŻENIA CELU NAZIEMNEGO  
PRZY UŻYCIU UZBROJENIA ARTYLERYJSKIEGO SAMOLOTU  
MYŚLIWSKIEGO.

Obliczenia przeprowadza się w celu określenia możliwości rażenia celu naziemnego jedną serią z samolotu myśliwskiego.

Matematyczna postać obliczeń

$$W = a^m + 1 - a / W_p$$

Gdzie: W - prawdopodobieństwo rażenia celu naziemnego jedną serią.

Dane wyjściowe

- $W_p$  - prawdopodobieństwo rażenia celu dla wystrzałów zależnych funkcjonalnie;
- $W_m$  - prawdopodobieństwo rażenia celu dla wystrzałów niezależnych;
- a - współczynnik uwzględniający wpływ zależności między wystrzałami w jednej serii na prawdopodobieństwo rażenia celu.

Obliczenia prowadzi się z dokładnością do 0,01.

1.17. OBLICZENIE MOŻLIWEGO SKŁADU LOTNICTWA PRZECIWNIKA  
WEDŁUG DNI OPERACJI

Obliczanie składu lotnictwa przeciwnika przeprowadza się w celu określenia możliwej intensywności nalotów lotnictwa przeciwnika w poszczególnych dniach operacji dla organizowania odpowiedniego przeciwdziałania przy osłonie własnych wojsk i obiektów.

Obliczenia pozwalają określić możliwy skład lotnictwa przeciwnika na poszczególne dni operacji w zależności od ilości i typów samolotów oraz od współczynników charakteryzujących gotowość bojową personelu latającego.

Matematyczna postać obliczeń.

$$B_1 = \alpha_1 \cdot A_1 ;$$

$$C_{1_1} = \beta_1 \cdot B_1 ;$$

$$C_{2_1} = C_{1_1} + \gamma_1 A_1 ;$$

$$\dots\dots\dots C_{ni} = \epsilon^{n-2} \delta C_{2_1} \dots\dots\dots$$

gdzie:  $B_1$  - ilość załóg bojowych lotnictwa przeciwnika  
1 - tego typu;

$C_{1_1}$  - możliwy skład bojowy na pierwszy dzień  
operacji;

$C_{2_1}$  - możliwy skład bojowy na drugi dzień operacji;

$C_{ni}$  - możliwy skład bojowy na trzeci, czwarty itd.  
dzień operacji.

Dane wyjściowe

$A_1$  - ilość lotnictwa przeciwnika 1 - tego typu;

$a_1$  - współczynnik charakteryzujący gotowość bojową składu  
1 - tego typu

$\beta_i$  - współczynnik udziału załóg bojowych lotnictwa danego  
typu w pierwszym dniu operacji;

$\gamma_i$  - współczynnik rezerwy na pierwszy dzień operacji,

$\delta_i$  - współczynnik udziału składu bojowego w drugim dniu  
operacji,

$\epsilon_i$  - współczynnik udziału składu bojowego w trzecim,  
czwartym itd dniu operacji.

Dokładność obliczeń 0,1. Wyniki obliczeń zaokrągla  
się do liczb całkowitych.

1.18. OB LICZENIA NIEZBEDNYCH DANYCH DO WYKONANIA LOTNICZEGO  
FOTOGRAFOWANIA.

Obliczenia przeprowadza się po otrzymaniu zadania na  
wykonanie lotniczego fotografowania w celu określenia  
niezbędnych danych do jego wykonania.

Matematyczna postać obliczeń.

$$H = f M_Z ;$$

$$A = a M_Z ;$$

$$N_{Z.zaj} = \frac{I_h}{A} ;$$

$$Q = q M_Z ;$$

$$Z = 2H + g / \alpha + \beta / ;$$

$$R + Z = Q ;$$

$$N_{zaj} = \frac{S}{R} ;$$

$$N_{Z.og.} = N_{zaj} \cdot N_{Z.zaj} ;$$

$$W_{maks dop} = \frac{A}{\tau_m} ;$$

gdzie: H - wysokość fotografowania w m;

A - objęcie stroną roboczą zdjęcia odległości w terenie w m;

$N_{Z.zaj}$  - ilość zdjęć podczas jednego zajścia;

Q - przykrycie między zajściami w m;

Z - objęcie stroną roboczą wahadłowego stanowiska aparatu fotograficznego odległości w terenie w czasie jednego zajścia w m;

R - robocza szerokość zdjęcia w czasie jednego zajścia ;

$N_Z$  - ilość zajść;

$N_{Z.og}$  - ogólna ilość zdjęć;

$W_{maks dop}$  - maksymalna dopuszczalna prędkość fotografowania w m/sek.

Dane wyjściowe

f - ogniskowa aparatu w om;

$M_Z$  - skala zdjęć w m/om;

a - robocza strona zdjęcia w cm;

L - długość trasy w m ;

- S - szerokość fotografowania terenu w m;
- n - ilość zdjęć;
- q - przykrycie między zdjęciami w cm;
- a - odchylenie osi optycznej od pionu w stopniach
- $\beta$  - połowa kąta obserwacji aparatu fotograficznego w stopn.
- m - cykl wahania
- $\tau$  - cykl pracy aparatu.

Obliczenia przeprowadza się z dokładnością do siedmiu znaków. Wyniki obliczeń zaokrągla się do liczb całkowitych.

### 1.19. OBLICZENIA DANYCH DLA ODPALENIA FRONTOWYCH RAKIET USKRZYDŁONYCH

Obliczenia przeprowadza się w celu otrzymania kąta kierunkowego antena - cel i odległości geodezyjnej strzelania według danych współrzędnych prostokątnych celu oraz współrzędnych prostokątnych wyrzutni raketowej.

Matematyczna postać obliczeń.

$$t_{g\ rc}^A = \frac{y_o - y_w}{x_o - x_w} ;$$

$$\delta_{rc} = 8,33 \cdot 10^{-10} / x_o - x_w / / 2y_w - y_o / ;$$

$$d = \frac{y_o - y_w}{\sin / \Lambda_{ro} + \delta_{rc} /} ;$$

$$\Delta S = 4,09 \cdot 10^{-15} d / y_w^2 + y_w y_o + y_o^2 / ;$$

$$S = d - \Delta S,$$

gdzie:  $\delta_{rc}$  - redukcja kierunku, w sek,

d - odległość antena - cel w m,

$\Delta S$  - poprawka na redukcję odległości w m,

$\Lambda_{ro}$  - szukany kąt kierunkowy antena - cel w sek,

S - szukana geodezyjna odległość strzelania w m.

Dane wyjściowe

$X_w, Y_w$  - współrzędne prostokątne wyrzutni raketowej  
w m;

$X_0, Y_0$  - współrzędne prostokątne celu w m,  
Współrzędne  $x$  i  $y$  są dawane z dokładnością do  
0,1 m.

Dokładność dla  $S \pm 1$  m , dla  $A_{rc} \pm 1''$ .

§. 2. OBLICZENIA NAWIGATORSKIE

2.01. OBLICZENIA BOMBARDIERSKIE

Obliczenia bombardierskie wykonuje się w okresie planowania uderzeń bombowych, w celu określenia ilości sił i środków potrzebnej do zniszczenia w celu w nakazanym stopniu.

Obliczenie I wykonuje się dla określenia względnego niszczenia celu w rezultacie pojedynczego strzału rakieta z ładunkiem jądrowym lub pojedynczego zrzutu bomby jądrowej. To obliczenie umożliwia określenie kalibru bomby lub rakiety potrzebnej dla uzyskania nakazanego względnego niszczenia celu.

Przy pomocy obliczenia II określamy względne niszczenie celu, powstałe w rezultacie  $N$  powtarzających się strzelań lub bombardowań.

W obliczeniu III określamy potrzebną ilość powtarzających się strzelań i bombardowań, w wyniku których stopień zniszczenia celu będzie równy wielkości nakazanej.

I. Obliczanie stopnia względnego niszczenia celu w rezultacie pojedynczego strzału rakieta z ładunkiem jądrowym lub pojedynczego zrzutu bomby jądrowej.

Stopień względnego niszczenia celu wyrażamy w postaci nadziei matematycznej stosunku rażonej w określonym stopniu powierzchni /objętości/ celu do całej powierzchni /objętości/ celu i nazywamy względną powierzchnią /względną objętością/ pokrycia się celu i stref wybuchów.

Matematyczna postać obliczenia

$$\alpha_{1; 1}(\alpha_x, \alpha_y) = \alpha_{1; 1x} \alpha_x \alpha_{1; 1y} \alpha_y,$$

gdzie:

$$\begin{aligned} \alpha_{1; 1x} \alpha_x = & \frac{1}{2C_x} \left\{ \left( \frac{C_x + L_x}{2} \left[ \hat{\phi} \left( \frac{C_x + L_x}{2} + \alpha_x \right) + \right. \right. \right. \\ & + \hat{\phi} \left( \frac{C_x + L_x}{2} - \alpha_x \right) \right] - \frac{C_x - L_x}{2} \left[ \hat{\phi} \left( \frac{C_x - L_x}{2} + \alpha_x \right) + \right. \\ & + \hat{\phi} \left( \frac{C_x - L_x}{2} - \alpha_x \right) \right] - \frac{1}{\rho\sqrt{\pi}} \left\{ \left[ e^{-\rho^2 \left( \frac{C_x - L_x}{2} + \alpha_x \right)^2} + \right. \right. \\ & + e^{-\rho^2 \left( \frac{C_x - L_x}{2} - \alpha_x \right)^2} \right] - \left[ e^{-\rho^2 \left( \frac{C_x + L_x}{2} + \alpha_x \right)^2} + \right. \\ & + e^{-\rho^2 \left( \frac{C_x + L_x}{2} - \alpha_x \right)^2} \right] \left. \right\} + \alpha_x \left\{ \left[ \hat{\phi} \left( \frac{C_x + L_x}{2} + \alpha_x \right) - \right. \right. \\ & - \hat{\phi} \left( \frac{C_x + L_x}{2} - \alpha_x \right) \right] - \left[ \hat{\phi} \left( \frac{C_x - L_x}{2} + \alpha_x \right) - \right. \\ & \left. \left. - \hat{\phi} \left( \frac{C_x - L_x}{2} - \alpha_x \right) \right] \right\} \end{aligned}$$

Analogiczną matematyczną postać będzie mieć również  $\alpha_1$  ly;  $\alpha_y$  z tym, że wszędzie należy zamienić wskaźnik "x" na "y". W przytoczonym wzorze  $\alpha_{1; 1}$   $1/\alpha_x$ ,  $\alpha_y/\cdot$  - stopień względnego niszczenia celu przez jedną bombę;  $\hat{\phi}$  - przytoczona funkcja Laplace'a; /liczbę  $\rho$  w potęgach należy brać z tablicy/;

$$\begin{aligned} L_x &= \frac{1,772\bar{R}}{E_x} ; L_y = \frac{1,772\bar{R}}{E_y} ; \\ \alpha_x &= \frac{\bar{a}_x}{E_x} ; \alpha_y = \frac{\bar{a}_y}{E_y} ; C_x = \frac{\bar{C}_x}{E_x} ; C_y = \frac{\bar{C}_y}{E_y} ; \end{aligned}$$

Dane wyjściowe

- $\rho = 0,4769$  - wielkość stała;
- $E_x, E_y$  - prawdopodobne odchylenia w odległości 1 w kierunku, w metrach.
- $\bar{C}_x, \bar{C}_y$  - boki prostokąta celu, w metrach;
- $\bar{R}$  - promień rażenia bomby, w metrach;

$\bar{a}_x, \bar{a}_y$  - współrzędne punktu celowania względem środka celu w metrach.

Przykład. Na bazę marynarki wojennej o wymiarach  $\bar{C}_x = \bar{C}_y = 2000$  m zrzucamy bombę atomową średniego kalibru w warunkach, przy których  $E_x = E_y = 200$  m.

Celujemy w środek celu  $\bar{a}_x = \bar{a}_y = 0$ .

Wybuch bomby powietrzny. Promień silnych zniszczeń  $\bar{R} = 1130$  m. Określić względne niszczenie/nadzieję matematyczną względnej powierzchni pokrycia się celu i strefy wybuchu/.

Obliczenia powyższego przykładu są podane na blankiecie obliczeniowym /patrz załączniki/.

Otrzymana wielkość rezultatu, która wynosi 0,78, jest to względne niszczenie, to jest średnio nie mniej, aniżeli 78% powierzchni celu będzie silnie zburzone.

## II. Obliczenie względnego niszczenia lub obezwładnienia celu, powstałego w wyniku N powtarzających się strzelań lub bombardowań.

Do wyjściowych danych poprzedniego zadania dodajemy liczbę N powtarzających się strzelań lub bombardowań.

### Matematyczna postać obliczenia

Na wstępie należy wykonać obliczenie I i znaleźć  $\alpha_1$ ;  $1/\alpha_x, \alpha_y$ , Jeżeli warunki strzelania lub bombardowania są stałe, to

$$\alpha_1; N \approx 1 - / 1 - \alpha_1; 1/N;$$

gdzie:  $\alpha_1$ ; N - sumaryczne względne niszczenie celu.

Jeżeli warunki są zmienne/i nakazane/ to dla określenia  $\alpha_1$ ; N trzeba znaleźć wartości  $\alpha_1$ ; 1 przy każdym j-ym strzelaniu lub bombardowaniu, a więc znaleźć

$$\alpha_1; N \approx 1 - \prod_{j=1}^N (1 - \alpha_1; 1)$$

gdzie:  $\alpha_1$ ; N - sumaryczne względne niszczenie celu.

## III. Obliczenie koniecznej ilości N powtarzających się strzelań lub bombardowań w nakazanych warunkach, przy której względne niszczenie celu będzie równe nakazanej wielkości $\alpha_1$ ; N.

### Matematyczna postać obliczenia

W przypadku stałych warunków

$$N = \frac{\lg/l - \alpha_1; N/}{\lg/l - \alpha_1; l/}$$

gdzie: N - ilość powtarzających się strzelań lub bombardowań, konieczna dla uzyskania nakazanego stopnia niszczenia celu,

$\alpha_1; N; l$  - otrzymano z obliczenia I.

W przypadku zmiennych warunków jest rzeczą ważną, w jakiej kolejności/według warunków/ należy wykonać uderzenia. Dla określenia kolejności uderzeń należy wykorzystać wzór obliczenia I dla zmiennych warunków i zakończyć obliczenia wtedy, kiedy  $\alpha_1; N$  według tego wzoru będzie najbardziej zbliżone do nakazanej wartości  $\alpha_1; N$ . Ta wartość N, przy której obliczenia zostały zakończone - stanowi właśnie szukaną odpowiedź.

Wszystkie podane obliczenia należy wykonywać z dokładnością do 1%.

2.02. OKREŚLENIE PROSTOKATNYCH WSPÓŁRZEDNYCH CELU PRZY  
POMOCY SAMOLOTU ROZPOZNAWCZEGO, KTÓRY W MOMENCIE  
PRZELOTU NAD CELEM ZMIERZYŁ I PRZEKAZAŁ DROGA  
RADIOWA NACHYLENIE ODLEGŁOŚCI DO DWÓCH NAZIEMNYCH STACJI  
RADIOLOKACYJNYCH

Matematyczna postać obliczenia

rys. 14

$$y_c = y_p + (x_l - x_p) \sqrt{\frac{R_p^2}{B^2} - 0,5^2 \left(1 + \frac{R_p^2 - R_l^2}{B^2}\right)^2} + (y_l - y_p) \left(1 + \frac{R_p^2 - R_l^2}{B^2}\right) \cdot 0,5;$$

$$x_c = x_p - (y_l - y_p) \sqrt{\frac{R_p^2}{B^2} - 0,5^2 \left(1 + \frac{R_p^2 - R_l^2}{B^2}\right)^2} + (x_l - x_p) \left(1 + \frac{R_p^2 - R_l^2}{B^2}\right) \cdot 0,5;$$

$$R_l = \sqrt{D_l^2 - H^2}; \quad R_p = \sqrt{D_p^2 - H^2}; \\ = \sqrt{(x_p - x_l)^2 + (y_p - y_l)^2},$$

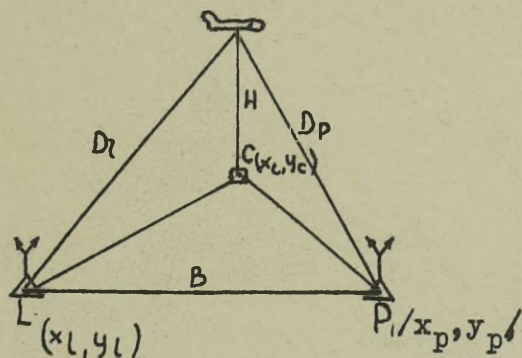
gdzie:  $x_c, y_c$  - szukane prostokątne współrzędne celu, w metrach;

B - baza między naziemnymi stacjami radiolokacyjnymi, w metrach;

Dane wyjściowe

- $x_p, y_p$  - współrzędne prawej naziemnej stacji radiolokacyjnej, w metrach;
- $x_l, y_l$  - współrzędne lewej naziemnej stacji radiolokacyjnej w metrach;
- H - wysokość lotu samolotu rozpoznawczego, w metrach;
- $D_l$  - nachylona odległość do lewej stacji radiolokacyjnej w momencie jej namiaru;
- $D_p$  - nachylona odległość do prawej stacji radiolokacyjnej w momencie jej namiaru.

Obliczenie wykonuje się z dokładnością do 1 m.



Rys. 14

2.03. OBLICZANIE WYJŚCIOWYCH DANYCH DLA RADIOTECHNICZNEGO SYSTEMU NAWIGACJI I BOMBARDOWANIA DBS-2 PRZY PRZECIELOWANIU

Celem obliczenia jest określenie danych potrzebnych dla przecelowania samolotu bombowego, znajdującego się w powietrzu i wyposażonego w system DBS -2, na nowy cel.

Wariant 1

Obliczenie pozwala określić peleng i odległość nachyloną od jednej z naziemnych stacji radiolokacyjnych do samolotu bombowego w zależności od nachylonych odległości, zmierzonych przez samolot rozpoznawczy.

Matematyczna postać obliczenia

/rys. 15/.

$$D = \sqrt{D_1^2 + \frac{H^2}{2} - H^2_0};$$

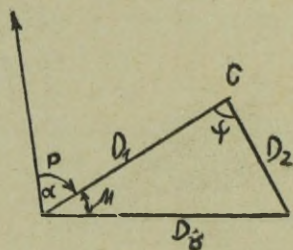
$$\cos \mu = \frac{D_1^2 + D_2^2 - D_0^2}{2 D_1 D_2}$$

$$\cos \mu = \frac{D_1^2 + D_0^2 - D_2^2}{2 D_1 D_0}$$

$$P = \alpha - \mu;$$

gdzie: D- odległość od naziemnej stacji radiolokacyjnej do samolotu bombowego w metrach;

P- peleng, w stopniach;



Rys.15

Dane wyjściowe

- $D_0$  - odległość między naziemnymi stacjami radiolokacyjnymi w metrach;
- $\alpha$  - kąt kierunkowy, w stopniach;
- $D_1$  - nachylona odległość do lewej naziemnej stacji radiolokacyjnej w momencie jej namiaru;
- $D_2$  - nachylona odległość do prawej stacji radiolokacyjnej w momencie jej namiaru;
- $H_0$  - wysokość lotu samolotu rozpoznawczego nad celem, w metrach;
- H - wysokość lotu samolotu bombowego nad celem, w metrach.

Wariant II

Obliczenie pozwala określić peleng i nachyloną odległość od dwóch naziemnych stacji radiolokaacyjnych do samolotu bombowego w momencie jego znajdowania się nad celem, w zależności od znanych współrzędnych celu, wysokości lotu samolotu bombowego nad celem, współrzędnych naziemnych stacji radiolokaacyjnych i ich kąta kierunkowego.

Matematyczna postać obliczenia

rys. 16

$$D_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + H^2};$$

$$D_2 = \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + H^2};$$

$$\cos \mu = \frac{D_1^2 + D_0^2 - D_2^2}{2D_1 D_0};$$

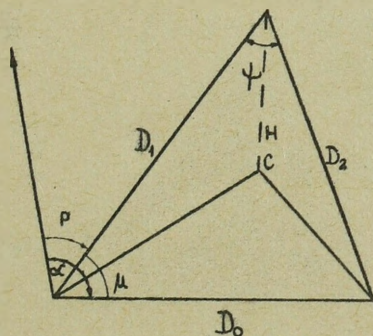
$$\cos \psi = \frac{D_1^2 + D_2^2 - D_0^2}{2 D_1 D_2};$$

$$P = \alpha - \mu;$$

gdzie: P - peleng, w stopniach;

$D_1$  - odległość od naziemnej stacji radiolokaacyjnej /A/ do samolotu bombowego, w metrach;

$D_2$  - odległość od naziemnej stacji radiolokaacyjnej /B/ do samolotu bombowego, w metrach;



Rys. 16

Dane wyjściowe

- $x_l, y_l$  - współrzędne lewej naziemnej stacji radiolokacyjnej w metrach;  
 $x_p, y_p$  - współrzędne prawej naziemnej stacji radiolokacyjnej w metrach;  
 $D_o$  - odległość między stacjami, w metrach;  
 $\alpha$  - kąt kierunkowy, w stopniach,  
 $H$  - wysokość lotu samolotu bombowego nad celem, w metrach.  
 $x, y$  - współrzędne celu, w metrach.

Wariant III

Obliczenie pozwala określić peleng i odległości nachylone od dwóch naziemnych stacji radiolokacyjnych, które będą wykonywały naprowadzanie, w zależności od zmierzonych przez samolot rozpoznawczy odległości nachylonych do dwóch <sup>innych</sup> naziemnych stacji radiolokacyjnych.

Matematyczna postać obliczenia

/rys.17/

$$D_l = \sqrt{(x_c - x_l)^2 + (y_c - y_l)^2 + H^2} ;$$

$$D_p = \sqrt{(x_c - x_p)^2 + (y_c - y_p)^2 + H^2} ;$$

$$\cos \varphi = \frac{D_l^2 - D_p^2 - D_o^2}{2D_l D_p} ;$$

$$\cos \mu = \frac{D_l^2 + D_o^2 - D_p^2}{2D_l D_o} ;$$

$$\rho = \alpha - \mu ;$$

$$x_c = x_p + (x_l - x_p) M - (y_l - y_p) N ;$$

$$y_c = y_p + (x_l - x_p) N + (y_l - y_p) M ;$$

$$M = 0,5 \left( \frac{D_p^2 - D_l^2}{D_o^2} + 1 \right) ;$$

$$N = \sqrt{\frac{D_p^2 - H^2}{D_o^2} - M^2} ;$$

gdzie :  $D_1'$  - odległość od naziemnej stacji radiolokacyjnej /C/ do samolotu bombowego, w metrach;

$D_p'$  - odległość od naziemnej stacji radiolokacyjnej /D/ do samolotu bombowego, w metrach;

P - peleng, w stopniach;

$x_0, y_0$  - współrzędne celu, w metrach;

Dane wyjściowe

$X_1, Y_1$  - współrzędne stacji radiolokacyjnej A, w metrach;

$X_p, Y_p$  - współrzędne stacji radiolokacyjnej B, w metrach;

$D_0$  - odległość między stacjami A i B, w metrach;

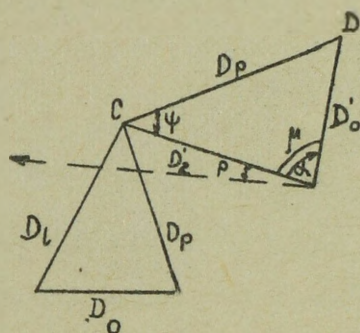
$X_1', Y_1'$  - współrzędne stacji radiolokacyjnej C, w metrach;

$X_p', Y_p'$  - współrzędne stacji radiolokacyjnej D, w metrach;

$D_0'$  - odległość między stacjami C i D, w metrach;

- $H_1$  - wysokość lotu samolotu rozpoznawczego nad celem, w metrach;
- $D_1$  - odległość nachylona do lewej stacji radiolokacyjnej A, w momencie jej namiaru, w metrach;
- $D_2$  - odległość nachylona do prawej stacji radiolokacyjnej B, w momencie jej namiaru, w metrach;
- $\alpha$  - kąt kierunkowy względem stacji C i D, w metrach;
- $H_2$  - wysokość lotu samolotu bombowego nad celem w metrach;

Obliczenia należy prowadzić do dziewięciu znaczących cyfr.



Rys.17.

2.04. OKREŚLENIE MINIMALNEJ BEZPIECZNEJ ODLEGŁOŚCI MIĘDZY CELEM I MYŚLIWCEM, PRZY JEDNOCZESNYM OGNIOWYM ZWALCZANIU CELU ZA POMOCĄ RAKIET Z ZIEMI I Z MYŚLIWCA

Obliczenie wykonujemy dla wykluczenia rażenia myśliwca, atakującego cel, ogniem przeciwlotniczych rakiet kierowanych. Obliczenie pozwala określić minimalną dopuszczalną odległość między myśliwcem i celem, w zależności od wysokości lotu i odległości nachylonej od naziemnej stacji radiolokacyjnej przeciwlotniczych rakiet kierowanych do celu.

Matematyczna postać obliczenia

$$D1 = 1 + \frac{H \sin \varphi}{\sin \lambda \sin (\lambda + \varphi) / 1}$$

gdzie:  $\sin \lambda = \frac{H}{D_N}$  ;

$D_1$  - minimalna dopuszczalna odległość między myśliwcem i celem, w kilometrach;

$\lambda$  - kąt nachylenia układu antenowego stacji radiolokacyjnej przeciwlotniczych rakiet kierowanych, w stopniach; Dane wyjściowe

$H$  - wysokość lotu, w kilometrach;

$D_N$  - odległość nachylona od celu do stacji radiolokacyjnej, w kilometrach,

$\varphi$  - szerokość wiązki promieniowania, w stopniach.

Wyliczenia należy prowadzić do czterech znaczących cyfr.

Rezultat obliczenia należy zaokrąglić do 0,01.

## 2.05. OBLICZANIE AZYMUTU ASTRONOMICZNEGO

Obliczenie wykonujemy w celu określenia azymutu astronomicznego, który jest konieczny dla zorientowania naziemnej aparatury lotniczych systemów radionawigacyjnych i innych obiektów.

Obliczenie można wykonać według jednego z dwóch wariantów.

### Wariant I

Obliczanie azymutu astronomicznego na podstawie kąta godzinnego gwiazdy Polarnej.

Obliczenie pozwala określić azymut astronomiczny na podstawie kąta godzinnego gwiazdy Polarnej, odległości biegunowej i szerokości miejsca. Ten sposób jest bardziej dokładny, aniżeli sposób opisany w wariantie II. Obserwacji gwiazdy Polarnej można dokonywać w ciągu całej nocy.

### Matematyczna postać obliczenia

$$a = \frac{\Delta \sin t}{\cos \varphi + \Delta \cos t/}$$

gdzie:  $a$  - szukany azymut astronomiczny,

Przedziały zmiany argumentów:

$t$  - od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ ;

$\varphi$  - od  $+20^\circ$  do  $+70^\circ$ ;

$\Delta$  - od  $60'$  do  $50'$  / w okresie najbliższych 5-10 lat/;

$a$  - od  $0^\circ$  do  $1-2^\circ, 5$ ;

Dane wyjściowe

- t - kąt godzinny gwiazdy Polarniej /bierzemy z dokładnością do 0,1/;
- $\Delta$  - odległość biegunowa /bierzemy z tablic astronomicznych/;
- $\varphi$  - szerokość miejsca /bierzemy z dokładnością do 0,1/;

Wariant II

Obliczenie azymutu astronomicznego na podstawie pomiaru wysokości Słońca.

Obliczenie pozwala określić azymut astronomiczny na podstawie deklinacji Słońca, wysokości Słońca nad horyzontem i szerokości miejsca. Azymut astronomiczny, na podstawie pomiaru wysokości Słońca, określamy w godzinach rannych i wieczornych.

Matematyczna postać wzoru

$$\cos a := \frac{\sin \delta - \sin \varphi \sin h}{\cos h \cos \varphi}$$

gdzie: a - szukany azymut astronomiczny;

Przedziały zmiany argumentów:

$\delta$  - od  $-23^{\circ}, 5$  do  $+23^{\circ}, 5$ ;

$\varphi$  - od  $0^{\circ}$  do  $\pm 75^{\circ}$ ,

h - od  $10^{\circ}$  do  $70^{\circ}$ ;

a - od  $0^{\circ}$  do 360.

W zależności od czasu obserwacji /rano czy wieczorem/ oraz od znaku  $\cos a$ , azymut Słońca będziemy określali w następujący sposób:

$\cos a$	rano	wieczorem
+	I ówiarotka	IV ówiarotka
-	II ówiarotka	III ówiarotka

Dane wyjściowe

$\delta$  - deklinacja Słońca /bierzemy z tablic astronomicznych z dokładnością do 0',1/;

$\varphi$  - szerokość miejsca /mierzymy na podstawie mapy z dokładnością do 0',1/;

$h$  - wysokość Słońca nad horyzontem /mierzymy z dokładnością do 1"/,

Obliczenie należy wykonywać z dokładnością do 1".

2.06. OBLICZANIE ORTODROMY NA ODCINKU MIĘDZY DWOMA NAKAZANYMI PUNKTAMI.

Obliczenie wykonujemy w celu określenia odległości ortodromicznej między dwoma punktami, na podstawie nakazanych współrzędnych geodezyjnych tych punktów.

Matematyczna postać obliczenia

$$\text{otg } \alpha = \cos B_1 \tan B_2 \operatorname{cosec} /L_2 - L_1/ - \sin B_1 \text{ otg} /L_2 - L_1/, \\ S = 1,852 S_0;$$

gdzie:  $S_0$  w minutach.

$$\sin S_0 = \frac{\sin /L_2 - L_1/ \cos B_2}{\sin \alpha}$$

gdzie:  $\alpha$  - kąt drogi ortodromy w punkcie początkowym,

$S$  - długość ortodromy między nakazanymi punktami, w kilometrach.

Dane wyjściowe

$B_1, B_2$  - szerokości nakazanych punktów, w stopniach;

$L_1, L_2$  - długości nakazanych punktów, w stopniach;

$B$  i  $L$  - podaje się z dokładnością do 1".

Dokładność obliczenia 0,1 km.

2.07. OBLICZANIE LOKSODROMY NA ODCINKU MIĘDZY DWOMA NAKAZANYMI PUNKTAMI

Obliczenia wykonujemy w celu określenia loksodromy między dwoma nakazanymi punktami, na podstawie nakazanych współrzędnych geodezyjnych tych punktów.

Matematyczna postać obliczenia

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L_2 - L_1}{D_2 - D_1}$$

$$S = 1,852 \frac{B_2 - B_1}{\cos \alpha}$$

gdzie: S - długość loksodromy, w kilometrach,  
 $\alpha$  - kąt drogi loksodromy, w stopniach  
 $D_1$  i  $D_2$  - dane odnośnie południków, które bierzemy z tablic. Przy braku tablic możemy obliczyć  $D_1$

$$D_1 = 7915,705 \lg \operatorname{tg} / 45^\circ + \frac{B_1}{2} / ;$$

Przy obliczaniu różnic  $L_2 - L_1$  i  $B_2 - B_1$ , bierzemy w minutach.

Dane wyjściowe

$B_1, B_2$  - szerokości nakazanych punktów, w stopniach;

$L_1, L_2$  - długości nakazanych punktów, w stopniach;

B i L - podaje się z dokładnością do 1".

Dokładność obliczenia 0,1 km.

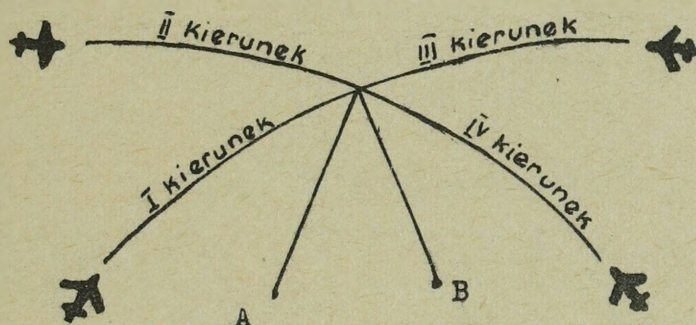
2.08. OBLICZANIE DANYCH NASTAWCZYCH DLA BOMBARDOWANIA  
Z ZASTOSOWANIEM PRZYRZĄDU OBLICZAJĄCO-ROZWIĄZUJĄCEGO

/POR/

Obliczenie pozwala określić:

- wielkości, nastawiane na licznikach POR "Odległość od celu do stacji znoszenia" i "Odległość od celu do stacji prędkości";
- wartość kąta stacji w punkcie zrzutu bomb;
- wartość bojowego kąta drogi magnetycznego w punkcie zrzutu;
- ilość obrotów pokrętła "Prędkość" od położenia wyjściowego, dla ustawienia potrzebnej prędkości obrotów mechanizmu prędkości przyrządu obliczająco-rozwiązującego;
- położenie wskaźnika zrzutu według skali zgrubnego odczytu dalmierza stacji prędkości wskaźnika;
- nastawowe położenie skali zgrubnego odczytu dalmierza stacji znoszenia wskaźnika.

Wyjście na cel przy bombardowaniu z zastosowaniem systemu "Rym" może być wykonane z jednego z czterech kierunków, pokrywających się z orbitami naziemnych stacji "Rym-B", przechodzących przez nakazany cel. Przyjęto następującą stałą numerację kierunków zejścia na cel / rys. 18/.



Rys. 18

Numery kierunków zejścia na cel	Stacja znoszenia przy tym zejściu oraz jej położenie w stosunku do samolotu na drodze bojowej.	Stacja prędkości przy tym zejściu oraz jej położenie w stosunku do samolotu na drodze bojowej.
I	Stacja B, z prawa	Stacja A, z tyłu
II	Stacja A, z prawa	Stacja B, z przodu
III	Stacja B, z lewa	Stacja A, z przodu
IV	Stacja A, z lewa	Stacja B, z tyłu

Ponieważ obliczanie wartości danych nastawowych dla przyrządu obliczającego - rozwiązującego stacji "Rym-S" dla każdego kierunku zejścia na cel jest różne, należy dokładnie przestrzegać przyjętego oznaczania kierunków zejścia na cel.

Matematyczna postać obliczenia

$$R_{AC} = M_{AC} + 10^{-3} N_A;$$

$$R_{BC} = M_{BC} + 10^{-3} N_B;$$

gdzie:  $N_A$  i  $N_B$  - poprawki

$$N_A = 0,66 \cdot 10^{-4} (H_{bwz9} - h_{Abwz9}) M_{AC} +$$

$$+ 5 \cdot 10^{-4} \frac{(H_{bwz9} - h_{Abwz9})^2}{M_{AC}} - 0,7 \cdot 10^{-6} M_{AC}^3 ;$$

$$N_b = 0,66 \cdot 10^{-4} (H_{bwz9} + h_{Abwz9}) M_{BC} +$$

$$+ 5 \cdot 10^{-4} \frac{(H_{bwz9} - h_{Bbwz9})^2}{M_{BC}} - 0,7 \cdot 10^{-6} M_{BC}^3 ;$$

$$H_{bwz9} = H_{rz} + h_{cbwz9} ;$$

$$A_0 = U_{rz} T - \Delta ;$$

$$\Psi_C = MP_{AC} - MP_{BC}$$

Wartość  $R_{ZN}$

Nr.kierunku zajścia na oel	Stacja znoszenia przy tym kierunku zajścia	Wzory na obliczenie $R_{ZN}$ dla każde- go kierunku zajścia.
I	B	$R_{ZN} = R_{BC} - \frac{A_0^2}{2R_{BC}} - 20K_B$
II	A	$R_{ZN} = R_{AC} - \frac{A_0^2}{2R_{AC}} - 20K_A$
III	B	$R_{ZN} = 20 - (R_{BC} - \frac{A_0^2}{2R_{BC}} - 20K_B)$
IV	A	$R_{ZN} = 20 - (R_{AC} - \frac{A_0^2}{2R_{AC}} - 20K_A)$

gdzie:  $R_{AC}$  i  $R_{BC}$  - nachylone odległości do oelu, odpowiednio od stacji A i stacji B, w kilometrach;

- $A_0$  - donośność bomby w ciszy, w kilometrach,  
 $K_A$  - całkowita część ilorazu, otrzymanego w wyniku podzielenia wielkości  $R_{AC}$  przez liczbę 20, w kilometrach;  
 $K_B$  - całkowita część ilorazu, otrzymanego w wyniku podzielenia wielkości  $R_{AC}$  przez liczbę 20, w kilometrach,  
 $R_{ZN}$  - wielkość, ustawiana na liczniku "Odległość od celu do stacji znoszenia".

Wartość  $R_V$

Nr kierunku zajścia na cel	Stacja prędkości przy tym kierunku zajścia	Wzory na obliczenie $R$ dla każdego kierunku zajścia
I	A	$R_V = R_{AC} - \frac{A_0^2 \cos^2 \psi_c}{2R_{AC}} - 20K_A$
II	B	$R_V = 20 - \left( R_{BC} - \frac{A_0^2 \cos^2 \psi_c}{2R_{BC}} - 20K_B \right)$
III	A	$R_V = 20 - \left( R_{AC} - \frac{A_0^2 \cos^2 \psi_c}{2R_{AC}} - 20K_A \right)$
IV	B	$R_V = R_{BC} - \frac{A_0^2 \cos^2 \psi_c}{2R_{BC}} - 20K_B$

gdzie:  $\psi$  - kąt stacji dla środka celu, w stopniach;  
 $R_V$  - wielkość, ustawiana na liczniku "Odległość od celu do stacji prędkości".

Uwaga: Przy obliczaniu wartości  $R_V$  dla bombardowania serią, należy obliczone według wzorów wartości  $R_V$  poprawić o wielkość poprawki na serię  $\frac{1}{r} \cdot \sin \psi_c$ . Dla wszystkich kierunków zajścia na cel należy tę poprawkę odjąć od obliczonej wartości  $R_V$ .

$\psi$  nastawcze

Nr kierunku zajścia na cel	Wzory na obliczenie wartości $\psi_N$ dla każdego kierunku zajścia
I	$\psi_N = \psi_0 \frac{57,3A_0}{R_{BC}} - \frac{57,3A_0}{R_{AC}} \cdot \cos \psi_0$
II	$\psi_N = 180^\circ - \psi_0 + \frac{57,3A_0}{R_{AC}} - \frac{57,3A_0}{R_{BC}} \cdot \cos \psi_0$
III	$\psi_N = \psi_0 - \frac{57,3A_0}{R_{BC}} + \frac{57,3A_0}{R_{AC}} \cdot \cos \psi_0$
IV	$\psi_N = 180^\circ - \psi_0 - \frac{57,3A_0}{R_{AC}} + \frac{57,3A_0}{R_{BC}} \cdot \cos \psi_0$

gdzie:  $\psi_N$  - wartość kąta stacji w punkcie zrzutu bomb.

BKDM nastawcze

Nr kierunku zajścia na cel	Wzory na obliczenie wartości BKDM <sub>N</sub> dla każdego kierunku zajścia
I	$BKDM_N = PM_{BC} + 90^\circ - \frac{57,3A_0}{R_{BC}} - \frac{230}{R_{BC} \sin \psi_0}$
II	$BKDM_N = PM_{AC} + 90^\circ - \frac{57,3A_0}{R_{AC}} - \frac{230}{R_{AC} \sin \psi_0}$
III	$BKDM_N = PM_{BC} - 90^\circ + \frac{57,3A_0}{R_{BC}} + \frac{230}{R_{BC} \sin \psi_0}$
IV	$BKDM_N = PM_{AC} - 90^\circ + \frac{57,3A_0}{R_{AC}} + \frac{230}{R_{AC} \sin \psi_0}$

gdzie:  $BKDM_N$  - wartość bojowego kąta drogi magnetycznego w punkcie zrzutu.

Ilość obrotów pokrętkła "Prędkość" na przyrządzie obliczająco - rozwiązującym.

$$n = 10 V_{RZ} \cdot T \sin \alpha ;$$

gdzie:  $V_{RZ} \cdot T$  w kilometrach.

Położenie wskaźnika zrzutu na skali zgrubnego odczytu dalmierza stacji prędkości.

Nr kierunku zajścia na oel	Wzory na obliczenie położenia wskaźnika zrzutu dla każdego kierunku zajścia
I	$R_{AC} - A_0 \sin \alpha - 200 K_{AC};$
II	$R_{BC} + A_0 \sin \alpha - 200 K_{BC};$
III	$R_{AC} + A_0 \sin \alpha - 200 K_{AC};$
IV	$R_{BC} - A_0 \sin \alpha - 200 K_{BC};$

Obliczone wartości wyrażone w km.

gdzie:  $K_{AC}$  - całkowita część z podzielenia  $R_{AC}$  przez 200 ;

$K_{BC}$  - całkowita część z podzielenia  $R_{BC}$  przez 200 ;

Wartości  $K_{AC}$  i  $K_{BC}$  obliczamy tak, jak i wartości  $K_A$  oraz  $K_B$  przy określaniu wielkości  $R_{ZN}$ .

Położenie skali zgrubnego odczytu dalmierza stacji znoszenia.

Nr kierunku zajścia na oel	Wzory na obliczanie położenia skali dalmierza stacji znoszenia dla każdego z kierunków zajścia
I i III	$R_{BC} - 200 K_{BC}$
II i IV	$R_{AC} - 200 K_{AC}$

Dane wyjściowe

$H_{rz}$  - wysokość lotu samolotu przy bombardowaniu, w metrach;

$h_0$  b.wzg - wysokość bezwzględna / wysokość nad poziomem morza /,  
w metrach

$h_A$  b.wzg -  $h_B$  b.wzg - bezwzględne wysokości punktów stania  
stacji A i B, w metrach;

$M_{AC}$ ,  $M_{BC}$  - odległości geodezyjne od stacji A i B do celu,  
w kilometrach;

$V_{rz}$  - prędkość rzeczywista samolotu, w metrach na  
sekundę,

$PM_{AC}$ ,  $PM_{BC}$  - pelengi magnetyczne od stacji A i B do celu,  
w stopniach;

I - długość serii, w kilometrach;

Wysokość podaje się z dokładnością do 1m, odległości geode-  
zyjne - z dokładnością 2-3 m, pelengi magnetyczne - z dokła-  
dnością do  $0^{\circ} 5$ ;

$R_{zn}$  i  $R_v$  - oblicza się z dokładnością do 0,001 km;

$\psi_N$  i  $BKDM_N$  - oblicza się z dokładnością do  $0^{\circ},5$ .

2.09. OBLICZANIE DANYCH NASTAWCZYCH DLA BOMBARDOWANIA BEZ  
PRZYRZADU OBLICZAJĄCO - ROZWIĄZUJĄCEGO /POR/

Bombardowanie bez POR wykonuje się przymusowo, kiedy nie  
ma możliwości, z jakiegokolwiek przyczyn, wykorzystania POR,  
jak na przykład w przypadku jego zepsucia. W takim przypa-  
dku odległości od stacji znoszenia i prędkości do punktu  
zrzutu określamy przy pomocy uprzednio zestawionej tablicy.  
Obliczanie tablicy wykonujemy przed startem równocześnie  
z obliczaniem danych nastawczych dla bombardowania z  
zastosowaniem POR. Wyniki tego obliczenia wpisujemy do  
tablicy danych nastawczych na wskaźniku dla bombardowania  
bez POR, którą nawigator zabiera do lotu. Danymi wyjściowymi  
są te same dane, co i dla bombardowania z zastosowaniem POR.

Matematyczna postać obliczenia

$$BKD = BKDM - KZ_{b_1}$$

gdzie wielkość BKDM bierzemy z blankietu obliczeń danych nastawczych dla POR.

$$R_{AK} = R_{AC} - \frac{A_0^2}{2R_{AC}} - \Delta \sin KZ_b;$$

$$R_{BK} = R_{BC} - \frac{A_0^2}{2R_{BC}} - \Delta \sin KZ_b;$$

gdzie  $R_{AK}$  i  $R_{BK}$  - wartości odległości od stacji znoszenia do punktu zrzutu, obliczone w zależności od kierunków zająć na cel/ $R_{AK}$  obliczamy dla drugiego i czwartego kierunku, a  $R_{BK}$  - dla pierwszego i trzeciego/.

Wartości

$$\Delta, R_{AC} - \frac{A_0^2}{2R_{AC}} \text{ i } R_{BC} - \frac{A_0^2}{2R_{BC}}$$

bierzemy z blankietu obliczeń danych nastawczych dla POR. Możliwe wartości prędkości podróżnej  $W$  na drodze bojowej dla danych warunków lotu, bierzemy od wielkości minimalnej do maksymalnej, co 20 km/godz. przy bombardowaniu celów powierzchniowych i co 10 km/godz. przy bombardowaniu celów o małych rozmiarach.

Możliwe wartości prędkości podróżnej  $W$  obliczamy ze wzorów:

$$W_{\min} = V_{rz} - U_{\max};$$

$$W_{\max} = V_{rz} + U_{\max};$$

gdzie:  $W_{\min}$  - możliwa minimalna wartość prędkości podróżnej w km/godz;

$V_{rz}$  - rzeczywista prędkość samolotu, w km/godz.

$W_{\max}$  - możliwa maksymalna wartość prędkości podróżnej w km/godz;

$U_{\max}$  - możliwa maksymalna wartość prędkości wiatru w rejonie celu, w km/godz.

$$t_{\text{bazy}} = \frac{7200}{W \sin \psi_0};$$

gdzie:  $t_{\text{bazy}}$  - możliwe wartości czasu przelotu bazy  
 długości dwóch kilometrów w sekundach;  
 $\sin \alpha$  - bierzemy z blankietu obliczeń danych nastaw-  
 czych dla POR;

$$R_{AK} = R_{AC} - \frac{A_0^2}{2R_{AC}} \cos^2 \alpha \pm Wt \sin \alpha \pm \sin / \alpha + KZ_b /;$$

$$R_{BK} = R_{BC} - \frac{A_0^2}{2R_{AC}} \cos^2 \alpha \pm Wt \sin \alpha \pm \sin / \alpha + KZ_b /;$$

Znaki  $\pm$  bierzemy w zależności od kierunków przejść na cel.  
 Górne znaki przy wartości  $R_{AK}$  bierzemy dla kierunku III, dolne  
 - dla I. Górne znaki przy wartości  $R_{BK}$  bierzemy dla kierunku  
 IV, dolne dla II. Wartości odległości  $R_{AK}$  i  $R_{BK}$  obliczamy od  
 stacji znoszenia do punktu zrzutu.

Po wykonaniu obliczenia według tych wzorów należy zestawić  
 tablicę danych nastawczych na wskaźniku dla bombardowania bez  
 POR, którą nawigator zabiera do lotu.

Do tablicy danych nastawczych wpisujemy w całości z blankietu  
 obliczeń wartości  $KZ_b$ , BKM i odległości od orbity do stacji  
 znoszenia.

Na podstawie otrzymanych podczas lotu wartości  $KZ_b$  lub BKM dla  
 punktu zrzutu, określamy w tablicy odległość od orbity do  
 stacji znoszenia, którą ustawiamy na dalmierzu stacji znoszenia  
 wskaźnika.

Odległość od punktu zrzutu do stacji prędkości określa się w  
 tablicy danych nastawczych na podstawie obliczonych podczas  
 lotu wartości prędkości podróżnej  $W$  lub czasu przelotu dwu-  
 kilometrowej bazy,  $t_{\text{bazy}}$  i  $KZ$  lub BKM. Tę wartość ustawiamy  
 na dalmierzu stacji prędkości wskaźnika. Wartości  $t_{\text{bazy}}$ ,  $W$  i  
 odległości od punktu zrzutu do stacji prędkości wpisujemy  
 do tablicy danych nastawczych z blankietu obliczeń.

#### Dane wyjściowe

$KZ_b$  - możliwe wielkości kąta znoszenia na drodze bojowej,  
 od maksymalnej dodatniej wielkości dla danych warunków  
 lotu, do maksymalnej ujemnej wartości, oo  $5^\circ$  przy  
 bombardowaniu celów powierzchniowych i oo  $2^\circ$  przy  
 bombardowaniu celów o małych rozmiarach.

BKDM - wartość bojowego kąta drogi magnetycznego w punkcie zrzutu;

$R_{AC}, R_{BC}$  - odległości nachylone od stacji A i B do celu, w kilometrach,

$A_0$  - donośność bomby w ciszy, w kilometrach;

$\Delta$  - wielkość zależna od typu bomby, prędkości zrzutu, wysokości / z tablic balistycznych/, w kilometrach.

T - czas przebywania samolotu w powietrzu / z tablic balistycznych/, w sekundach,

$\psi_0$  - kąt stacji dla środka celu, w stopniach,

KZ<sub>b</sub> - bierzemy z dokładnością do 1°; BKDM - z dokładnością do 1°;  $R_{AB}$  i  $R_{AC}$  - z dokładnością do 0,001 km,  $A_0$  - z dokładnością do 0,001 km.

Wielkości  $R_{AK}$  i  $R_{BC}$  obliczamy z dokładnością do 0,001 km, BKM - z dokładnością do 1°.

## 2.10. OKREŚLANIE MAKSYMALNEGO PROMIENIA DZIAŁANIA I DŁUGOTRWAŁOŚCI LOTU SAMOŁOTU

Obliczenie pozwala określić maksymalny promień działania i długotrwałości lotu, samolotu w zależności od prędkości lotu, zapasu paliwa i reżimu lotu.

### Matematyczna postać obliczeń

Przy wznoszeniu i zniżaniu w rejonie lotniska

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{Q_p}{2\sigma_k}; \\ t &= \frac{2R}{V} \cdot 60; \end{aligned} \right\} \text{/a/}$$

Przy wznoszeniu i zniżaniu na trasie

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{Q_p}{2\sigma_k} + \frac{S_{H+} S_{zn}}{2}; \\ t &= \frac{2R \cdot 60}{V} + t_H + t_{zn}; \end{aligned} \right\} \text{/b/}$$

gdzie: R - promień działa, w kilometrach;  
t - czas lotu po trasie, w minutach.

Dane wyjściowe

- $Q_p$  - zapas paliwa pozostały do lotu poziomego, kg;  
 $o_k$  - kilometrowe zużycie paliwa, kg/km;  
 $V$  - prędkość lotu samolotu, km/godz.  
 $S_H$  - odległość pozioma przebyta przez samolot w trakcie wznoszenia, km;  
 $S_{zn}$  - odległość pozioma przebyta przez samolot w trakcie zniżania km  
 $t_H$  - czas wznoszenia, min;  
 $t_{zn}$  - czas zniżania, min.

Obliczenia należy wykonywać do czwartej cyfry znaczącej, a rezultaty obliczeń zaokrąglić do liczb całkowitych.

2.11. OBLICZANIE DŁUGOŚCI DROGI I CZASU LOTU MYŚLIWCA PRZY PRZECHWYTYWANIU CELU POWIETRZNEGO PO KRZYWEJ POGONI

Obliczenie wykonujemy dla określenia długości drogi, jaką przebywa myśliwiec lecący po krzywej pogoni oraz określenie czasu lotu myśliwca przy przechwytywaniu celu. Za wielkości znane przyjmujemy początkową odległość między myśliwcem i celem, prędkość myśliwca i celu oraz kąt kursowy.

Matematyczna postać obliczenia

$$S = S_{pocz} \frac{m/m - \cos q}{m^2 - 1}$$
$$m = \frac{V_m}{V_c}; \quad t = \frac{S}{V_m}$$

gdzie:  $S$  - droga przebyta przez myśliwca po krzywej pogoni, w kilometrach;

$t$  - czas lotu myśliwca po krzywej pogoni, w godzinach;

Dane wyjściowe

- $S_{pocz}$  - początkowa odległość między myśliwcem i celem, km;  
 $V_m$  - prędkość myśliwca, km/godz.  
 $m$  - stosunek prędkości myśliwca do prędkości celu;  
 $q$  - kąt kursowy, w stopniach,

Wartości  $S$  i  $t$  obliczamy z dokładnością odpowiednio do 1 km i 1 sek;

2.12. OBLICZANIE ODLEGŁOŚCI I CZASU ZBLIŻANIA SIĘ MYŚLIWCA DO CELU POWIETRZNEGO NA KURSACH PRZECIWNICH, Z WYJŚCIEM DO ATAKU W TYLNA PÓLSFERE.

Obliczenie wykonujemy dla określenia odległości od punktu początku zbliżenia myśliwca z celem na kursach przeciwnych, do punktu początku skrętu o  $180^\circ$  / z wyjściem dla zaatakowania celu w tylną półsferę na nakazanej odległości / i ogólnego czasu zbliżenia do celu powietrznego z uwzględnieniem czasu skrętu myśliwca o  $180^\circ$ . Zakładamy przy tym, że znamy początkową odległość między myśliwcem i celem, czas skrętu myśliwca o  $180^\circ$ , prędkość myśliwca i celu oraz uwzględniamy odległość, na której należy, po wykonaniu skrętu przez myśliwca, atakować cel.

Matematyczna postać obliczeń

$$S_m = \frac{S_{pocz} - V_c \cdot t_{180^\circ} + d_o}{1 + n};$$

$$t = \frac{S_m}{V_m} + t_{180^\circ};$$

gdzie:  $S_m$  - odległość, jaką przebywa myśliwiec od punktu rozpoczęcia zbliżenia do punktu początku skrętu o  $180^\circ$ , w kilometrach,

$t$  - ogólny czas zbliżenia myśliwca i celu powietrznego, z uwzględnieniem czasu skrętu myśliwca o  $180^\circ$ , z wyjściem dla wykonania ataku w tylną półsferę, w godzinach;

$$n = \frac{V_c}{V_m}$$

Dane wyjściowe

$V_m$  - prędkość myśliwca, km/ godz;

$V_c$  - prędkość celu, km/ godz;

$t_{180^\circ}$  - czas trwania skrętu myśliwca o  $180^\circ$ , godz.

$d_o$  - odległość od myśliwca do celu, po wyjściu myśliwca w tylną półsferę celu dla wykonania ataku.

Wartości  $S$  i  $t$  należy obliczać z dokładnością odpowiednio do 1 km i 1 sek.

### 2.13. OBLICZANIE ODLEGŁOŚCI I CZASU ZBLIŻENIA MYŚLIWCA I CELU NA KURSACH PRZECINAJĄCYCH SIĘ

Obliezenie wykonujemy dla określenia odległości od punktu wyjściowego do punktu spotkania myśliwca z celem powietrznym na kursach przecinających się oraz dla obliczenia czasu trwania zbliznienia. Zakładamy przy tym, że znana jest odległość między myśliwcem i celem oraz znane są prędkości lotu myśliwca i celu.

#### Matematyczna postać obliczeń

$$S_m = S_o \frac{V_m}{V_o}$$

$$t_m = \frac{S_m}{V_m}$$

gdzie:  $S_m$  - odległość od punktu wyjściowego do punktu zbliznienia, w kilometrach

$t_m$  - czas trwania zbliznienia myśliwca i celu, w godzinach;

#### Dane wyjściowe

$S_o$  - odległość od celu do punktu zbliznienia w początkowym momencie zbliznienia, km;

$V_o$  - prędkość celu, km/godz;

$V_m$  - prędkość myśliwca, km/godz

Wartości  $S$  i  $t$  należy obliczać z dokładnością odpowiednio do 1 km i 1 sek;

### 2.14. OBLICZANIE ŚREDNIEJ PRĘDKOŚCI I ŚREDNIEGO KIERUNKU WIATRU DLA NAKAZANYCH WARSTW POWIETRZA

Obliezenia wykonujemy w celu określenia średniej prędkości i średniego kierunku wiatru, w warunkach, kiedy znamy liczbowe wartości prędkości i kierunku wiatru na różnych wysokościach.

Kierunek wiatru  $\alpha$  i mierzymy przy tym od północnego kierunku południka zgodnie z ruchem wskazówek zegara.

Matematyczna postać obliczenia

$$U_{sr} = 3,6\sqrt{U_x^2 + U_y^2};$$

$$\operatorname{tg}\alpha_{sr} = \frac{U_x}{U_y};$$

$$U_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i \sin\alpha_i;$$

$$U_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i \cos\alpha_i;$$

gdzie:  $U_{sr}$  - średnia prędkość wiatru, km/ godz;

$\alpha_{sr}$  - średni kierunek wiatru, w stopniach;

$U_x$ ,  $U_y$  - składowe średniej prędkości wiatru skierowane  
wzdłuż osi x i y, m/sek.

Dane wyjściowe

$U_i$  - prędkość wiatru na wysokości  $H_i$ , m/sek;

$\alpha_i$  - kierunek wiatru  $U_i$  na wysokości  $H_i$ , w stopniach;

n - ilość rozpatrywanych warstw powietrza;

Dokładność obliczeń  $U_{sr}$  i  $\alpha_{sr}$  nie powinna przewyższać  
dokładności danych wyjściowych.

2.15. OBLICZANIE WIELKOSCI IMPULSU SWIETLNEGO, DZIAŁAJACEGO  
NA SAMOLOT - NOSICIEL PRZY WYBUCHU POWIETRZNYM /BOM-  
BARDOWANIE Z LOTU POZIOMEGO/.

Obliczenia wykonujemy w celu określenia stopnia niebezpie-  
czeństwa rażenia samolotu- nosiciela impulsem świetlnym  
przy wybuchu bomby jądrowej w warunkach bombardowania z  
lotu poziomego na nakazanej wysokości H. Uwzględnia się  
przy tym dopuszczalny impuls świetlny,  $\mathcal{U}_{dop}$

Dla samolotów - nosicieli  $\sqrt{\mathcal{U}_{dop}}$  . może zmieniać  
się w granicach od 40 do 100 kalorii/cm<sup>2</sup>.

Reżim lotu będzie niebezpieczny wtedy, kiedy impuls świetlny  
okaże się większy od dopuszczalnego. W tym wypadku należy  
wybrać bezpieczną wysokość bombardowania, zwiększając  
wysokość początkową każdorazowo o 500 m i wykonując obli-  
czenia do tej pory, dopóki impuls świetlny nie będzie  $\leq \mathcal{U}_{dop}$

Matematyczna postać obliczeń

$$V_{\text{imp}} = \frac{4320 \cdot q^{0,954}}{R_1^2} \left[ 1 + 2A \left( \frac{R_1}{R_3} \right)^2 \cos \gamma \right] e^{-k/R_1 - r_{\text{sr}}/r}$$

$$R_1 = \sqrt{\Delta h^2 + (H - h)^2}; \quad R_3 = \sqrt{\Delta h^2 + H^2};$$

$$\cos \gamma = \frac{H}{R_3};$$

$$h = 10 \sqrt[3]{q};$$

$$r_{\text{sr}} = 6,5 \sqrt[3]{q};$$

Gdzie:  $V_{\text{imp}}$  - impuls świetlny działający na samolot, kal./cm<sup>2</sup>;

$h$  - wysokość wybuchu bomby nad celem, m;

$r_{\text{sr}}$  - średnia wielkość promienia obszaru świecącego, m;

$\Delta h$  - zwłoka bomby; wartość zwłoki bomby bierzemy z tablic balistycznych dla wysokości  $(H-h)$ , prędkości  $V_1$  charakterystycznego czasu bomby  $\Theta$

Dane wyjściowe

$q$  - ekwiwalent trotylowy, w tonach;

$A$  - współczynnik odbicia powierzchni ziemi;

$k$  - współczynnik osłabienia promieniowania świetlnego w atmosferze,

$H$  - wysokość lotu samolotu, w metrach;

$V$  - prędkość lotu samolotu, w kilometrach na godzinę;

$\Theta$  - charakterystyczny czas bomby, w sekundach;

$V_{\text{dop}}$  - dopuszczalny impuls świetlny dla samolotu, w kaloriach na centymetr kwadratowy.

Wartość  $V_{\text{imp}}$  należy obliczyć z dokładnością do 1 kal/cm<sup>2</sup>;

2.16. OBLICZANIE KĄTA NATARCIA SAMOLOTU-NOSICIELA /DLA SPRAWDZENIA STATECZNOŚCI SAMOLOTU/ I PRZECIĄŻENIA DZIAŁAJĄCEGO NA NIEGO, NA SKUTEK FALI UDERZENIOWEJ PRZY POWIETRZNYM WYBUCHU BOMBY ATOMOWEJ, W WARUNKACH BOMBARDOWANIA Z LOTU POZIOMEGO

Przy wykonywaniu na cel uderzeń przy pomocy bomb atomowych powstaje niebezpieczeństwo rażenia własnych samolotów-nosicieli przez falę uderzeniową. Dlatego koniecznym jest uprzednie wykonanie obliczeń, w celu określenia bezpiecznej wysokości bombardowania.

Obliczenie pozwala określić kąt natarcia samolotu i przeciążenie działające na samolot - nosiciela przy dopędzaniu go przez falę uderzeniową w zależności od kalibru bomby, wysokości bombardowania, prędkości lotu i charakterystyk samego samolotu.

Matematyczna postać obliczeń

Na wstępie obliczamy odległość dopędzania samolotu - nosiciela przez falę uderzeniową i nadmierne ciśnienie na froncie fali uderzeniowej, a następnie określamy przeciążenie i kąt natarcia samolotu.

1. Odległość dopędzania obliczamy według następującego wzoru:

$$R_{y.w} = \frac{(H-h)^2 + \Delta h^2}{\sqrt{\Delta h^2 + (H-h)^2 - \left(\frac{V}{D_{sr}}\right)^2 (H-h)^2 - \frac{V}{D_{sv}} \cdot \Delta h}} ;$$

$$D_{sr} = a_h \left(1 + \frac{22}{R_{y.w}} \cdot \sqrt[3]{q_y}\right)$$

gdzie:  $R_{y.w}$  - odległość dopędzania przez falę uderzeniową, m;  
 $h$  - wysokość wybuchu bomby w stosunku do celu /oblicza się według wzoru  $h = 10 \sqrt[3]{q_y}$  metrach  
 $a_h$  - prędkość dźwięku na wysokości wybuchu, m/sek;  
 $\Delta h$  - zwłoka bomby / wartość zwłoki bomby bierzemy z tablic balistycznych dla wysokości  $H-h$  / , prędkości  $V$  i charakterystycznego czasu spadania bomby  $\Theta$  /.

Odległość dopędzania  $R_{y.w}$  znajdujemy metodą kolejnych przybliżeń. Na wstępie zakładamy, że  $D_{sr} = a_h$  i znajdujemy  $R_{y.w}$  następnie na podstawie  $R_{y.w}$  określamy nowe wartości  $D_{sr}$  i  $R_{y.w}$  itd. Obliczenia prowadzimy dotąd, dopóki nie będą zgadzały się dwie następujące po sobie wartości  $R_{y.w}$

2. Nadmierne ciśnienie obliczamy według wzoru:

$$\Delta r_{sr} = 10^4 \left( 84 \frac{\sqrt[3]{q_{y.w}}}{R_{y.w}} + 270 \frac{\sqrt[3]{q_{y.w}^2}}{R_{y.w}^2} + 7000 \frac{q_{y.w}}{R_{y.w}^3} \right) \sqrt{\frac{\rho_H}{\rho_h}} \sqrt{\frac{a_H}{a_h}}$$

gdzie:

$\Delta r_{sr}$  - nadmierne ciśnienie, kg / m<sup>2</sup>;

$q_{y.w} = \frac{q}{2}$  - trotylowy równoważnik fali uderzeniowej w tonach ;

$\rho_h$  i  $\rho_H$  - gęstość powietrza odpowiednio na wysokości

wybuchu 1 na wysokości lotu  $kg \cdot sek^2 / m^4$ .

$a_h$  i  $a_H$  - prędkość dźwięku na wysokości wybuchu 1 i wysokości lotu m/sek;

3. Dla określenia przeciążenia wykorzystujemy następujące wyrażenie:

$$n = 1 + K_d \frac{c_y^\alpha \Delta r_{sr} v}{2 a_H \frac{G}{S}} \cdot \cos \beta ;$$

$$\cos B = \frac{H - h}{R_{yw}}$$

Jeżeli w trakcie obliczeń otrzymamy  $n > n^2$ , wówczas należy zwiększyć wysokość i wykonać obliczenia dla nowej wysokości. Obliczenia należy wykonywać co 500 m tak długo, aż  $n$  będzie mniejsze lub równe  $n^2$ .  $/n \leq n^2 /$

4. Kąt natarcia samolotu obliczamy według wzoru:

$$\alpha_{y.w} = \left[ \frac{2 \frac{G}{S}}{c_y^\alpha \rho_H V^2} + \arctg \frac{\Delta r_{sr} \cos \beta}{V \rho_H a_H - \Delta r_{sr} \cdot \sin \beta} \right] \times 57,3$$

Samolot zachowa stateczność w warunkach działania fali uderzeniowej, jeżeli  $\alpha_{y.w} \leq \alpha_{kr}$ . Jeżeli  $\alpha_{y.w} > \alpha_{kr}$ , to należy zwiększyć wysokość i wykonać obliczenia dla nowej wysokości. Obliczenia należy wykonywać co 500 m tak długo, aż  $\alpha_{y.w}$  będzie mniejsze albo równe  $\alpha_{kr}$ .  $\alpha_{y.w} \leq \alpha_{kr} /$

Dane wyjściowe

- $Q$  - trotylowy równoważnik bomby, w tonach;
- $H$  - wysokość lotu samolotu, w metrach;
- $V$  - prędkość lotu samolotu, w metrach na sekundę;
- $\Theta$  - charakterystyczny czas spadania bomby, w sekundach;
- $K_d$  - współczynnik dynamizacji;
- $\frac{G}{S}$  - obciążenie na skrzydło samolotu, w kilogramach na metr kwadratowy;

$c_y^\alpha = \frac{\delta_{cy}}{\delta_{ca}}$  - współczynnik siły nośnej, zmienia się w przedziale od 2 do 6;

$n^2$  - maksymalne przeciążenie;

$\alpha_{kr}$  - krytyczny kąt natarcia, w stopniach.

Wartość  $n$  należy obliczyć z dokładnością do 0,1, a kąt  $\alpha$  z dokładnością do  $0^{\circ},1$ . Obliczenia należy prowadzić do czterech cyfr znaczących.

2.17. OBLICZANIE WIELKOŚCI IMPULSU ŚWIETLNEGO, DZIAŁAJĄCEGO NA SAMOLOT-NOSICIEL PRZY WYBUCHU NAZIEMNYM /BOMBARDOWANIE Z LOTU POZIOMEGO/.

Cel i treść obliczeń analogiczna do obliczeń 2.15. Różnica polega na tym, że tam był wybuch powietrzny, a tutaj naziemny.

Matematyczna postać obliczeń

$$V_{\text{imp}} = \frac{6050 \cdot q^{0,954}}{R_1^2} \cdot e^{-k/R_1 - r_{\text{sr}}/}$$

$$R_1 = \sqrt{\Delta h^2 + H^2}$$

$$r_{\text{sr}} = 6,5 \sqrt[3]{q} ;$$

gdzie:  $V_{\text{imp}}$  - impuls świetlny, działający na samolot, kal/cm<sup>2</sup>;

$r_{\text{sr}}$  - średnia wartość promienia obszaru świecącego m;

$\Delta h$  - zwłoka bomby/bierzemy ją z tablic balistycznych dla wysokości  $H$ , prędkości  $V$  i charakterystycznego czasu spadania bomby  $\Theta$  /, m;

Dane wyjściowe

$q$  - trotylowy równoważnik, ton;

$H$  - wysokość lotu samolotu, m;

$V$  - prędkość lotu samolotu, km/ godz.

$\Theta$  - charakterystyczny czas spadania, sekund;

$k$  - współczynnik osłabienia promieniowania świetlnego w atmosferze;

$V_{\text{dop}}$  - dopuszczalny dla samolotu impuls świetlny, kal/cm<sup>2</sup>.

Obliczenia należy wykonywać do czterech cyfr znaczących. Wynik obliczenia zaokrąglić do całych.

2.18. OKRESLENIE KĄTA NATARCIA SAMOLOTU-NOSICIELA/DLA  
SPRAWDZENIA STATECZNOŚCI SAMOLOTU/ I PRZECIĄŻENIA DZIAŁAJACE-  
GO NA SAMOLOT OD FALI UDERZENIOWEJ PRZY WYBUCHU NAZIEMNYM  
BOMBY JADROWEJ, W WARUNKACH BOMBARDOWANIA Z LOTU POZIOMEGO.

Cel i treść obliczeń są analogiczne jak przy oblicze-  
niach 2.16. Różnica polega na tym, że tam uwzględniano wybuch  
powietrzny, a tu - wybuch naziemny.

Matematyczna postać obliczeń

Najpierw oblicza się odległość dopędzania samolotu- nosiciela  
przez falę uderzeniową oraz nadoiśnienie na czole fali  
uderzeniowej, a potem określa się przeciążenie i kąt natarcia  
samolotu.

1. Odległość dopędzania określa się według następują-  
cego wzoru:

$$R_{y.w} = \frac{H^2 + \Delta h^2}{\sqrt{\Delta h^2 + H^2 - \left(\frac{VH}{D_{sr}}\right)^2} - \frac{V}{D_{sr}} \Delta h};$$

$$D_{sr} = a \left(1 + \frac{22}{R_{y.w}} \sqrt[3]{2q}\right),$$

gdzie:  $R_{y.w}$  - odległość dopędzania przez falę uderzeniową  
w m;

$a = 340, 2$  m/sek. - prędkość dźwięku przy powierzchni  
ziemi;

$\Delta h$  - zwłoka bomby /określa się z tabel balistycznych  
dla wysokości  $H$ , prędkości lotu samolotu  $V$ ,  
i czasu charakterystycznego  $\theta$  / w m.

Odległość dopędzenia  $R_{y.w}$  znajduje się metodą kolejnych  
przybliżeń. Z początku zakłada się  $D_{sr} = a$ , i oblicza się  
 $R_{y.w}$ , po czym z uwzględnieniem obliczonego  $R_{y.w}$  określa się  
nowe wartości  $D_{sr}$  i  $R_{y.w}$  itd. Obliczenia prowadzi się dopóty,  
dopóki dwie sąsiednie wartości  $R_{y.w}$  nie będą sobie równe  
/zgodne/.

2. Nadoiśnienie na czole fali uderzeniowej określa się  
według wzoru:

$$\Delta p_{sr} = 10^4 \left( 84 \frac{\sqrt[3]{2q_{y.w}}}{R_{y.w}} + 270 \frac{\sqrt[3]{4q_{y.w}^2}}{R_{y.w}^2} + 7000 \frac{2q_{y.w}}{R_{y.w}^3} \right) \sqrt{\frac{\rho H}{\rho}} \sqrt{\frac{aH}{a}},$$

gdzie:  $\Delta P_{sr}$  - nadciśnienie na czole fali uderzeniowej, w  $\text{kg/m}^2$ ;

$q_{y.w} = \frac{Q}{2}$  - ekwiwalent trotylowy fali uderzeniowej, w tonach;

$\rho_H$  - gęstość powietrza na wysokości lotu;

$\rho$  - gęstość powietrza na powierzchni,  $\text{kg.сек}^2/\text{m}^4$ ;

$a = 340,2$  - prędkość dźwięku przy powierzchni ziemi, w m/sek;

$a_H$  - prędkość dźwięku na wysokości lotu, w m/sek.

3. Dla określenia przeciążenia wykorzystuje się następujące wyrażenie:

$$n = 1 + K_d \frac{c_y^\alpha \Delta P_{sr} V}{2 a_H \frac{G}{S}} \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{H}{R_{y.w}}$$

Jeżeli podczas obliczeń uzyskuje się  $n > n^e$ , to należy powiększyć wysokość i wykonać obliczenia dla nowej wysokości. Obliczenia wykonuje się co 500 m do tej pory, dopóki  $n$  będzie mniejsze lub równe  $n^e$  /  $n \leq n^e$  /.

4. Kąt natarcia samolotu oblicza się według wzoru:

$$\alpha_{y.w} = \left[ \frac{2 \frac{G}{S}}{c_y^\alpha \rho_H V^2} + \arctg \frac{\Delta P_{sr} \cos \beta}{V \rho_H a_H - \Delta P_{sr} \sin \beta} \right] \times 57,3$$

Samolot będzie stateczny przy działaniu fali uderzeniowej w wypadku, gdy  $\alpha_{y.w} \leq \alpha_{kr}$ . Jeżeli  $\alpha_{y.w} > \alpha_{kr}$ , to należy zwiększyć wysokość i wykonać obliczenia dla nowej wysokości. Obliczenia wykonuje się co 500 m do tej pory, dopóki  $\alpha_{y.w}$  nie będzie mniejsze lub równe  $\alpha_{kr}$  ( $\alpha_{y.w} \leq \alpha_{kr}$ )

#### Dane wyjściowe

- Q - ekwiwalent trotylowy bomby, w tonaach;
- H - wysokość lotu samolotu, w m;
- V - prędkość lotu samolotu, w m/sek;
- Q - czas charakterystyczny bomby, w sek;
- $K_d$  - współczynnik dynamiczności;

- $\frac{G}{g}$  - obciążenie skrzydła samolotu, w  $\text{kg/m}^2$ ;
- $C_y^\alpha = \frac{\delta c_y}{\delta \alpha}$  - współczynnik siły nośnej, zmienia się w zakresie od 2 do 6;
- $n^0$  - dopuszczalne/ graniczne/ przeciążenie;
- $\alpha_{kr}$  - krytyczny kąt natarcia, w stopniach;

Obliczenie wykonuje się do czterech miejsc znaczących. Wynik obliczeń zaokrągla się do 0,1

### 2.19. OBLICZENIE BEZPIECZNEJ GŁĘBOKOŚCI UGRUPOWANIA BOJOWEGO SAMOLOTÓW, LEĄCYCH ZA SAMOLOTEM-NOSICIELEM PRZY ZRZUCANIU BOMBY JĄDROWEJ

Obliczenie pozwala określić bezpieczną głębokość ugrupowania bojowego samolotów w zależności od wysokości i prędkości ich lotu, oraz mocy i wysokości wybuchu bomby jądrowej.

#### Matematyczna postać obliczeń

a. Dla wybuchu powietrznego

$$L \leq \sqrt{\frac{(H-h)^2}{1-0,8M^2} - (H-h)^2 - \left(\frac{0,84 \sqrt[3]{Q_{yw}}}{\Delta p}\right)^2 (1-0,8M^2) - (H-h)^2}$$

b. Dla wybuchu naziemnego

$$L \leq \sqrt{\frac{H^2}{1-0,8M^2} - H^2 - \left(\frac{1,06 \sqrt[3]{Q_{yw}}}{\Delta p}\right)^2 (1-0,8M^2) - H^2}$$

gdzie: L - bezpieczna głębokość ugrupowania bojowego samolotu, w m.

#### Dane wyjściowe

- H - wysokość lotu, w m;
- h - wysokość wybuchu bomby jądrowej, w m;
- M - liczba Macha lotu samolotu;
- $\Delta p$  - nadciśnienie, w  $\text{kg/m}^2$ ;
- $Q_{yw}$  - ekwiwalent trotylowy fali uderzeniowej, w kg;

Obliczenia wykonuje się do czterech miejsc znaczących. Wynik obliczeń zaokrągla się do całości.

### 2.20. OBLICZENIE MINIMALNEGO CZASU BEZPIECZNEGO OD WYBUCHU JĄDUNKU JĄDROWEGO DLA JEDNOKROTNEGO WEJSCIA SAMOLOTU W CHMURĘ RADIOAKTYWNA

Obliczenia wykonuje się w celu zapewnienia bezpieczeństwa załogze samolotu przed napromieniowaniem w wypadku konieczności przelotu przez chmurę radioaktywną.

Obliczenie umożliwia określić minimalny czas bezpieczny od momentu wybuchu jądrowego do momentu przelotu przez chmurę radioaktywną w zależności od mocy ładunku i od prędkości lotu samolotu.

Matematyczna postać obliczeń

$$t = \sqrt{\frac{2qVq}{V}}$$

gdzie:  $t$  - minimalny czas bezpieczny od momentu wybuchu jądrowego do momentu przelotu przez chmurę radioaktywną, w min.

Dane wyjściowe

- $q$  - ekwiwalent trotylowy ładunku jądrowego, tonach;
- $V$  - prędkość lotu samolotu, w km/ godz.

Obliczenia wykonuje się z dokładnością do czterech cyfr znaczących. Wyniki obliczeń zaokrągla się do całości.

2.21. OKRESLENIE BEZPIECZNEJ PRZERWY CZASOWEJ PRZY ZBIORCE GRUPY SAMOLOTOW Z PRZEBIJANIEM CHMUR

Obliczenie pozwala określić bezpieczną przerwę czasową przy zbiorce grupy samolotów w zależności od grubości warstwy chmur, pionowej i rzeczywistej prędkości samolotu oraz od błędu w utrzymywaniu prędkości powietrznej.

Matematyczna postać obliczeń

$$t_{\text{bezp}} = 0,12 \frac{\Delta V h}{V_p V}$$

gdzie:  $t_{\text{bezp}}$  - bezpieczna przerwa czasowa przy przebijaniu chmur, w min.

Dane wyjściowe

- $V$  - prędkość lotu samolotu, km/ godz;
- $V_p$  - pionowa prędkość naboru wysokości, w km/godz;
- $\Delta V$  - błąd w utrzymywaniu prędkości powietrznej podczas przebijania chmur, w km/ godz;
- $h$  - grubość warstwy chmur, w m.

Obliczenia wykonuje się z dokładnością do czterech cyfr znaczących. Wynik obliczeń zaokrągla się do całości.

### § 3. OBLICZENIA GEODEZYJNE

Jednym z głównych zadań zabezpieczenia geodezyjnego jest określenie azymutu geodezyjnego i odległości geodezyjnej między dwoma punktami na powierzchni ziemi. Zadanie to nazywa się w geodezji odwrotnym zadaniem geodezyjnym.

W niektórych wypadkach zachodzi konieczność określenia współrzędnych geodezyjnych celu według zmierzonego azymutu geodezyjnego i odległości do celu. Takie zadanie nazywa się w geodezji prostym zadaniem geodezyjnym.

Konieczność zastosowania prostych zadań geodezyjnych na duże odległości podczas geodezyjnego zabezpieczenia działań występuje rzadko, dlatego zostaną one rozpatrzone w drugiej kolejności.

Istniejące sposoby rozwiązania obliczeń geodezyjnych różnią się między sobą wymaganym stopniem dokładności obliczonych wyników. Im większe odległości między punktami, i im większe wymagania odnośnie dokładności końcowego wyniku, tym bardziej złożone są obliczenia. Dla uproszczenia techniki obliczeniowej, opracowane zostały w geodezji sposoby obliczeń geodezyjnych dla różnych odległości.

Przy wyborze tego czy innego sposobu obliczeń należy przede wszystkim wyhodzić z ustalonej/ wymaganej/ odległości między punktami oraz koniecznej /nakazanej/ dokładności rozwiązania i na tej podstawie wybrać najbardziej racjonalny sposób. Pod dokładnością rozwiązania zadania geodezyjnego rozumie się tylko dokładność samego sposobu obliczeń, przy czym zakłada się, że dane wyjściowe są bezbłędne.

Odwrotne zadania geodezyjne na nieduże odległości rozwiązuje się najczęściej na układzie współrzędnych prostokątnych.

#### 3.01. OKREŚLENIE AZYMATÓW I ODLEGŁOŚCI DO CELÓW/ODWROTNE ZADANIE GEODEZYJNE/

Obliczenia wykonuje się dla określenia odległości między pozycją i celem oraz azymutu geodezyjnego z pozycji

na cel.

W a r i a n t I  
Sposób Łapinga<sup>1/</sup>

Obliczenia pozwalają określić odległość między pozycją i celem oraz azymut/ kierunek z pozycji na cel/ przy odległościach między pozycją i celem od 50 do 1500 km w zależności od współrzędnych geodezyjnych pozycji i celu.

Matematyczna postać obliczeń

$$S_{1,2} = R_{1,2} \frac{\Theta''}{\rho''};$$

$$A_{1,2} = \alpha_{1,2} - \Delta\alpha_{1,2};$$

$$\Delta\alpha_{1,2} = \rho'' \frac{e'^2 \cos^2 B_1}{6 N_1^2} x_{1,2} y_{1,2}$$

gdzie:  $A_{1,2}$  - niewiadomy azymut geodezyjny z pozycji na cel, w stopniach;

$S$  - niewiadoma odległość geodezyjna między pozycją i celem, w  $\mu$ ;

$\rho'' = 206264''$ ,  $\rho$  - promień koła w sekundach łuku/ilość sekund w radianie/;

$e'^2 = 0,0067385254\dots$  - kwadrat drugiego mimośrodu elipsoidy;

$$M_1 = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_1}}$$

gdzie:  $e^2 = 0,0066934216\dots$  - mimośród elipsoidy;

$a = 6378245$  m - większa półoś elipsoidy Krasowskiego;

$$x_{1,2} = (N_2 \sin B_2 + \delta_{1,2}) \cos B_1 - N_2 \cos B_2 \cos l \sin B_1;$$

$$y_{1,2} = N_2 \cos B_2 \sin l; \quad l = L_2 - L_1;$$

$$N_2 = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_2}}; \quad \delta_{1,2} = (N_1 \sin B_1 - N_2 \sin B_2) e^2$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{1,2} = \frac{y_{1,2}}{x_{1,2}}; \quad \sin \Theta = \frac{S'_{1,2}}{R_{1,2}}$$

$$S'_{1,2} = \frac{y_{1,2}}{\sin \alpha_{1,2}} = \frac{x_{1,2}}{\cos \alpha_{1,2}};$$

$$R_{1,2} = \frac{M_1}{1 - \frac{N_1 - M_1}{M_1} \sin^2 \alpha_{1,2}};$$

$$M_1 = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 B_1)^{3/4}}$$

1/ Sposób opracowany przez pracownika naukowego NII WTS K. A. Łapinga.

Dane wyjściowe

$B_1$  i  $L_1$  - współrzędne geodezyjne pozycji, w stopniach;

$B_2$  i  $L_2$  - współrzędne geodezyjne celu, w stopniach.

Wielkość współrzędnych  $B$  i  $L$  określa się z dokładnością do  $1''$ .

Dokładność obliczenia  $S \pm 1$  m, dokładność obliczenia  $A \pm 1''$ .

Możliwe są warianty obliczenia  $S$  z dokładnością do  $\pm 10$  m i  $A_{1,2}$  do  $\pm 10''$ , wówczas nie należy uwzględniać  $\Delta\alpha_{1,2}$ .

Podczas obliczeń wykorzystuje się siedmiocyfrowe tabele naturalnych wartości funkcji trygonometrycznych.

W a r i a n t II

Sposób Morozowa

Obliczenia pozwalają określić odległość między pozycją i celem, oraz azymut /kierunek z pozycji na cel/ przy odległościach między pozycją i celem od 30 do 400 km w zależności od współrzędnych geodezyjnych pozycji i celu.

Matematyczna postać obliczeń.

$$S_{1,2} = \frac{u}{\cos A_m} = \frac{v}{\sin A_m}$$

$$A_{1,2} = A_m - \frac{\Delta A}{2};$$

gdzie:  $A_{1,2}$  - niewiadomy azymut geodezyjny z pozycji na cel, w stopniach;

$S_{1,2}$  - niewiadoma odległość między pozycją i celem, w m.

$$\operatorname{tg} A_m = \frac{v}{u}; \quad u = b'' m_m; \quad v = l'' \cos B_m n_m;$$

$$m_m = \frac{M_m}{\rho''}; \quad n_m = \frac{N_m}{\rho''};$$

$$M_m = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 B_m)^{3/2}}; \quad N_m = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 B_m}}$$

$$B_m = \frac{1}{2}(B_1 + B_2); \quad b = B_2 - B_1;$$

$$l = L_2 - L_1; \quad \Delta A'' = l'' \sin B_m;$$

a i e - wielkości takie, jak w wariancie I.

Dane wyjściowe

$B_1$  i  $L_1$  - współrzędne geodezyjne pozycji, w stopniach;

$B_2$  i  $L_2$  - współrzędne geodezyjne celu w stopniach.

Dokładność obliczeń  $S \pm 10m$ , i  $A_{1,2} \pm 0,2$ .

Wartości współrzędnych  $B$  i  $L$  określa się z dokładnością do 1".

W a r i a n t III

Drugi wariant sposobu Morozowa

/ według współrzędnych prostokątnych /

Obliczenia pozwalają określić odległość między pozycją a celem oraz azymut /kierunek z pozycji na cel/ przy odległościach między pozycją i celem od 50 do 600 km w zależności od współrzędnych prostokątnych pozycji i celu.

Matematyczna postać obliczeń.

$$S = d - \Delta S;$$

$$A_{1,2} = \alpha_{1,2} + \gamma'' + \delta''_{1,2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{1,2} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$d = \frac{x_2 - x_1}{\cos \alpha_{1,2}} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \alpha_{1,2}}$$

gdzie:  $S$  - niewiadoma odległość między pozycją i celem w m;

$A_{1,2}$  - niewiadomy azymut z pozycji na cel, w stopniach

$\Delta S = dl_s / y^2 /$  w tym wypadku  $d$  w km, a  $\Delta s$  w m/;

$l_s$  - współczynnik /określa się go z tablic Morozowa/;

$$/y^2/ = y_A^2 + y_A y_B + y_B^2$$

$$y_A = y_1 \cdot 10^{-6} \quad y_B = y_2 \cdot 10^{-6}$$

$$\gamma = /b/b + /ab/ab + /a^2b/a^2b + b^3/b^3/ + /ab^3/ab^3 + /a^3b/a^3b + /a^2b^3/a^2b^3 + /b^5/b^5/;$$

$/b/, /ab/, \dots, /b^5/$  - wielkości tabelarne/określa się z tablicy Morozowa/;

$$a = /x - x_0/ \cdot 10^{-5}$$

$$b = y \cdot 10^{-5}$$

$x_0$  - wartość odciętej  $/X_1/$ , zaokrąglona do 100 km;

$$\delta''_{1,2} = l \delta \quad \Delta x / y_{\text{sr}} - \frac{y}{6}$$

gdzie:  $l \delta$  - wielkość tabelarna;

$$\Delta x = /x_2 - x_1/ \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta y = /y_2 - y_1/ \cdot 10^{-6}$$

$$y_{\text{sr}} = \frac{y_1 + y_2}{2} \cdot 10^{-6}$$

#### Dane wyjściowe

$x_1$  i  $y_1$  - współrzędne prostokątne pozycji, w m;

$x_2$  i  $y_2$  - współrzędne prostokątne celu, w m;

$x$  i  $y$  - siedmiocyfrowe liczby, podane z dokładnością do 0,1 m.

Dokładność obliczeń dla  $S \pm 1$  m, dla  $A_{1,2} \pm 1''$ .

Wielkości tabelarnebrane ze Zbioru tablic dla obliczeń geodezyjnych, wydanie R10 WTS 1953 r. Moskwa.

#### W a r i a n t IV

##### Rozwiązanie nielogarytmiczne

/ w zakresie szerokości od 0 do  $90^0$  /

Obliczenia pozwalają określić odległość między pozycją i celem, azymut prosty i odwrotny przy odległościach między pozycją i celem od 100 do 7000 km w zależności od współrzędnych geodezyjnych pozycji i celu.

Matematyczna postać obliczeń.

$$S = \frac{\sigma \bar{v}_m}{\rho} [1 - T'(b^\circ)^2 + Q'(l^\circ)^2]$$

$$\cos \sigma = \sin u_1 \cdot \sin u_2 + \cos u_1 \cdot \cos u_2 \cdot \cos \lambda \quad \text{przy } S > 500 \text{ km}$$

$$\sin^2 \frac{\sigma}{2} = \sin^2 \frac{u_2 - u_1}{2} + \cos u_1 \cdot \cos u_2 \cdot \sin^2 \frac{\lambda}{2} \quad \text{przy } S < 500 \text{ km}$$

$$\lambda'' = L'' V_m [1 - P'(b^\circ)^2 - Q'(l^\circ)^2] ;$$

$$\sin A_{1,2} = \frac{\cos u_2 \cdot \sin \lambda}{\sin \sigma}$$

$$\sin A' = \frac{\cos u_1 \cdot \sin \lambda}{\sin \sigma}$$

$$A_{2,1} = A' \pm 180^\circ$$

gdzie:  $S$  - niewiadoma odległość między pozycją i celem, w m;

$A_{1,2}, A_{2,1}$  - niewiadome azymuty, w stopniach;

$b^\circ = B_2^\circ - B_1^\circ$  - różnica szerokości, wyrażona w częściach stopnia;

$l^\circ = L_2 - L_1$  - różnica długości, wyrażona w częściach stopnia

$u = B - u/$  - szerokość zredukowana;

$\lambda$  - różnica długości na kuli;

$\sigma$  - długość łuku na kuli, w stopniach;

$/B-u/, V_m$  - wielkości tabelarne;

$P', Q', T'$  - poprawki podane w tablicach;

$\frac{\sigma}{\rho}$  - 30,922604.

Wielkość  $/B-u/$  znajduje się przy pomocy tablic według szerokości punktów  $B_1^\circ$  i  $B_2^\circ$  z wykorzystaniem wzoru:

$$/B-u/ = /B-u/_0 + /S' + S''_m/ \cdot m ;$$

gdzie  $/B-u/_0$  - wielkość tabelarna  $/B-u/$ ;

$S', S''$  - różnice interpolacyjne;

$m$  - różnica danej szerokości i szerokości tabelarnej, wyrażona w częściach stopnia.

Wielkość  $V_m, P', Q'$  i  $T'$  określa się według średniej szerokości linii

$$B_m^\circ = \frac{B_2^\circ + B_1^\circ}{2}$$

Dla określenia niewiadomych azymutów  $A_{1,2}$  i  $A_{2,1}$  należy posługiwać się tablicą 3.

Tablica 3.

L		L <sub>2</sub> > L <sub>1</sub>		L <sub>2</sub> < L <sub>1</sub>	
		B			
B <sub>2</sub> > B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> < B <sub>1</sub>		Prosty azymut geodezyjny $A_{1,2}$			
		w I ćwiartce		w IV ćwiartce	
B <sub>2</sub> > B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> < B <sub>1</sub>		w I lub II ćwiart.		w III lub IV ćwiartce	
		Odwrotny azymut geodezyjny $A_{2,1}$			
B <sub>2</sub> > B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> < B <sub>1</sub>		w III lub IV ćwiartce		w I lub w II ćwiartce	
		w IV ćwiartce		w I ćwiartce	

W tym wypadku kiedy wyniknie trudność w określeniu ćwiartki należy dodatkowo obliczyć wartość  $\sin u_1$  przy  $B_2 < B_1$  / lub wartość  $\sin u_2$  przy  $B_2 > B_1$  według wzorów.

$$\sin u_1 = \sin u_2 \cos \sigma + \cos u_2 \sin \sigma \cos A_{2,1};$$

$$\sin u_2 = \sin u_1 \cos \sigma + \cos u_1 \sin \sigma \cos A_{1,2};$$

Przy obliczaniu według tych wzorów przyjmuje się dane wartości  $\sin u$  i  $\cos u$ , obliczone wielkości  $A$  i obliczone wartości  $\sigma$ , powiększone o 1-2 minuty.

Według odchylenia otrzymanych wartości  $\sin u_2$  i  $\sin u_1$ , od poprzednio danych, ustala się, wykorzystując tablicę 4, w jakich ćwiartkach leżą azymuty.

Tablica 4.

L		L <sub>2</sub> > L <sub>1</sub>		L <sub>2</sub> < L <sub>1</sub>	
		B <sub>1</sub> sin u			
B <sub>2</sub> < B <sub>1</sub>		Prosty azymut geodezyjny			
		w II ćwiartce		w III ćwiartce	
B <sub>2</sub> > B <sub>1</sub>		w I ćwiartce		w IV ćwiartce	
		odwrotny azymut geodezyjny			
B <sub>2</sub> > B <sub>1</sub>		w III ćwiartce		w II ćwiartce	

1	2	3
$\sin u_{2\text{nowy}} < \sin u_{2\text{stary}}$	w IV ćwiartce	w I ćwiartce

W wypadku otrzymania azymutów bliskich  $90^\circ$  i  $270^\circ$ , należy obliczyć je ponownie według wzorów

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} / A_{1,2} + A_{2,1} / = \frac{\sin \frac{u_1 - u_2}{2}}{\cos \frac{u_1 + u_2}{2}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\lambda}{2} ;$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} / A_{1,2} - A_{2,1} / = \frac{\cos \frac{u_1 - u_2}{2}}{\sin \frac{u_1 + u_2}{2}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\lambda}{2} ;$$

Przy obliczeniach według tych wzorów, określenie ćwiartek w których znajdują się półsumy i półróżnice, wykonuje się zgodnie z tabelką 5.

Tablica 5.

A	L	$L_2 > L_1$	$L_2 < L_1$
	$\operatorname{tg} \frac{1}{2} / A_{1,2} + A_{2,1} /$ ma znak "+"		$\frac{1}{2} / A_{1,2} + A_{2,1} /$
$\operatorname{tg} \frac{1}{2} / A_{1,2} - A_{2,1} /$ ma znak "-"		$\frac{1}{2} / A_{1,2} + A_{2,1} /$	w II ćwiartce
$\operatorname{tg} \frac{1}{2} / A_{1,2} + A_{2,1} /$ ma znak "+"	}	$\frac{1}{2} / A_{1,2} - A_{2,1} /$	}
$\operatorname{tg} \frac{1}{2} / A_{1,2} - A_{2,1} /$ ma znak "-"		w III ćwiartce	

Dane wyjściowe

$B_1, L_1$  - współrzędne geodezyjne pozycji w stopniach;

$B_2, L_2$  - współrzędne geodezyjne celu, w stopniach.

Wielkości współrzędnych B i L przyjmuje się z dokładnością do 0", 01.

Dokładność obliczeń jest następująca:

$b^0 = \zeta^0$	S, km	Dokładność w m
20	2600	2
30	3900	13
40	5100	57
50	6200	170

W celu zapewnienia otrzymania powyższych dokładności obliczeń, należy stosować przy odległościach od 100 do 2600 km tablice ośmiocyfrowe, przy odległościach od 2600 do 5000 km - tablice siedmiocyfrowe, a przy odległościach powyżej 5000 km - tablice sześciocyfrowe.

Niniejsze obliczenia dla podanych odległości i zakresu szerokości mogą być również wykonane rachunkiem logarytmicznym, ale wówczas obliczenia bardzo się komplikują i dlatego nie są one tu przedstawione.

Wielkości tabelarne brane są ze Zbioru tablic dla obliczeń geodezyjnych, wydanie R10 WTS, 1953 r. Moskwa.

#### W a r i a n t V

#### Sposób sferycznego odwzorowania elipsoidy na kuli.

Obliczenia pozwalają określić azymut i odległość między pozycją i celem przy odległościach między nimi od 50 do 15000 km w zależności od współrzędnych geodezyjnych pozycji i celu.

#### Matematyczna postać obliczeń

$$S = P\sigma + Q (\sin^2 B_1 \operatorname{ctg} \sigma_1 - \sin^2 B_2 \operatorname{ctg} \sigma_2)$$

$$A_{1,2} = \alpha_1 + 690'' \cdot 3 \cdot \sin^2 \alpha_0 \cdot (k \cdot \operatorname{ctg} \alpha_2 + \operatorname{ctg} \alpha_1)$$

gdzie: S - niewiadoma odległość między pozycją i celem, w m;

$A_{1,2}$  - niewiadomy azymut, w stopniach.

$$\operatorname{ctg} \alpha_1 = \frac{\cos B_1 \cdot \operatorname{tg} B_2 - \sin B_1 \cdot \cos l}{\sin l};$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_2 = \frac{\sin B_2 \cos l - \operatorname{tg} B_1 \cdot \cos B_2}{\sin l}$$

$$l = L_2 - L_1;$$

$$\operatorname{ctg} \sigma_1 = \frac{\cos \alpha_1}{\operatorname{tg} B_1}; \quad \operatorname{ctg} \sigma_2 = -\frac{\cos \alpha_2}{\operatorname{tg} B_2}; \quad \sigma = \sigma_2 - \sigma_1;$$

$$K = \frac{\sigma}{\sin \sigma}; \quad \sin \alpha_0 = \frac{\cos \alpha_1}{\operatorname{ctg} \alpha_1} \cos B_1 = \frac{\cos \alpha_2}{\operatorname{ctg} \alpha_2} \cos B_2$$

$$P = 30,87080 + 0,05181 \sin^2 \alpha_0 \quad \text{m/ssek};$$

$$Q = 32073 - 125 \sin^2 \alpha_0 \quad \text{m}$$

Dane wyjściowe.

$B_1, L_1$  - współrzędne pozycji, w stopniach;

$B_2, L_2$  - współrzędne celu, w stopniach.

Wielkości  $B$  i  $L$  przyjmuje się z dokładnością do 1".  
Dokładność obliczeń  $S \pm 50$  m,  $A \pm 5$ ".

### 3.02. PROSTE ZADANIE GEODEZYJNE

/ w zakresie szerokości od 0 do 82° /.

Obliczenia wykonuje się w celu określenia współrzędnych prostokątnych jednego punktu względem współrzędnych prostokątnych drugiego punktu, odległości między tymi punktami oraz azymutu. Obliczenia te wykorzystuje się dla powiązania punktów w terenie.

Matematyczna postać obliczeń.

$$x_2 = x_1 + d \cos \alpha_{1,2};$$

$$y_2 = y_1 + d \sin \alpha_{1,2};$$

$$\alpha_{1,2} = A_{1,2} - \gamma_1 - \delta_{1,2};$$

$$d = S + \Delta S,$$

gdzie:  $x_2, y_2$  - niewiadome współrzędne prostokątne drugiego punktu, w m.

Dane obliczenia wykonuje się drogą przybliżeń. Przy odległościach do 500 km należy wykonać dwa przybliżenia, a przy odległościach od 500 do 3000 km - trzy przybliżenia.

Obliczenie współrzędnych przy odległościach do 500 km.

I. Obliczenie kąta zbieżności południków w punkcie wyjściowym.

$$\gamma'' = (b)b + (ab)ab + (\alpha^2 b)\alpha^2 b + (b^3)b^3 + (ab^3)ab^3 + (\alpha^3 b)\alpha^3 b + (\alpha^2 b^3) \frac{\alpha^2 b^3 + (b^5)b^5}{\alpha^2 b^3 + (b^5)b^5}$$

gdzie:  $\gamma''$  - zależność południków, w sek.

$(b), (ab), (\alpha^2 b)$  - wielkości tabelarne, określane z tablic dla najbliższej mniejszej i najbliższej większej wartości  $x_0$ ;

$(b^3), \dots (b^5)$

$$a = / x_1 - x_0 / \cdot 10^{-5}$$

$$b = y_1 \cdot 10^{-5}$$

$x_0$  - wartość odciętej  $x_0$ , zaokrąglona do 100 km.

Znak zbieżności południków zgodny ze znakiem rzędnej

$y_1$ .

II. Obliczenie przybliżonych współrzędnych szukanego punktu  $d = s$ .

$$x_2 = x_1 + S \cos \alpha_{1,2} ;$$

$$y_2 = y_1 + S \sin \alpha_{1,2} ;$$

$$\alpha_{1,2} = A_{1,2} = \gamma_1.$$

III. Obliczenie poprawki na redukcję długości linii geodezyjnej na płaszczyźnie.

$$\Delta S_0 = S |s (y^2) ;$$

$$\Delta S = \Delta S_0 + \Delta S_0 |s (y^2) ;$$

$$\delta_{1,2}'' = |s \Delta x (y_{sr} - \frac{\Delta y}{6}) ,$$

gdzie:  $S$  przyjmuje się w kilometrach / do 0,1 km / a  $\Delta S$  otrzymuje się w metrach;

$I_s, I\delta$  - wielkości tabelarne;

$$y_{\delta r} = \frac{1}{2} / y_A + y_B /;$$

$$x_{\delta r} = \frac{1}{2} / x_A + x_B /;$$

$$/y^2/ = y_A^2 + y_1 \cdot y_B + y_B^2 +$$

$$y_A = y_1 \cdot 10^{-6};$$

$$y_B = y_2 \cdot 10^{-6};$$

$$\Delta x = /x_2 - x_1/ \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta y = /y_2 - y_1/ \cdot 10^{-6}$$

IV. Obliczenie azymutu i odległości.

$$\alpha_{1,2} = A_{1,2} - \gamma - \delta_{1,2};$$

$$d = S + \Delta S$$

V. Obliczenie poprawionych współrzędnych szukanego punktu.

$$x_2 = x_1 + d \cos \alpha_{1,2};$$

$$y_2 = y_1 + d \sin \alpha_{1,2}$$

Obliczenie współrzędnych przy odległościach od 500 do 3000 km.

W tym wypadku współrzędne punktu przyjmuje się w przybliżeniu. W celu otrzymania poprawionych współrzędnych korzysta się z następujących wzorów:

$$\Delta S = d [I_s(y^2) - II_s(y^4) + III_s(y^4) \frac{\Delta x_2}{\Delta y_2} + IV_s(y_A^2 - y_B^2) \Delta x]$$

$$\Delta S = d [I_s(y^2) - II_s(y^4) + III_s(y^2) \Delta x^2 + IV_s(y_A^2 - y_B^2) \Delta x]$$

$$\Delta S = \Delta S_0 + \Delta S_0 [\Sigma] \cdot 10^{-3}; \Delta S_0 = S [\Sigma]$$

gdzie:  $I_s, II_s, III_s, IV_s$  - wielkości tabelarne;

$[\Sigma]$  - suma wyrazów zawartych w nawiasach kwadratowych w dwóch pierwszych wzorach.

Pierwszy wzór na określenie  $\Delta S$  stosuje się w tym wypadku, gdy rzędne punktów  $y_1$  i  $y_2$  mają różne znaki, a drugi wówczas, gdy rzędne te mają znaki jednakowe.

Wielkości  $\delta$  i  $S$  przyjmuje się w kilometrach / do 0,1 km/,

$\epsilon$   $\Delta S$  otrzymuje się w metrach.

$$\delta''_{1,2} = I\delta \Delta x (y_{sr} - \frac{\Delta y}{6}) + II\delta y_{sr} - III\delta + 0,8 [1,2] ;$$

$$\delta_{1,2} = - \left\{ I\delta \Delta x (y_{sr} + \frac{\Delta y}{6}) + II\delta y_{sr} - III\delta + 0,8 [2,1] \right\}$$

$$[1,2] = [(y')\Delta y + \frac{1}{2}(y_A^2 - y_B^2)\Delta y + \Delta x^2 y_A] ;$$

$$[2,1] = [(y')\Delta y - \frac{1}{2}(y_A^2 - y_B^2)\Delta y - \Delta x^2 y_B]$$

gdzie:  $I\delta$ ,  $II\delta$ ,  $III\delta$  - wielkości tabelarne.

Określenie wielkości  $y_{sr}$ ,  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $y_A$ ,  $y_B$

$y^2$  / podane zostało w punkcie III.

Następnie oblicza się według pierwszych czterech wzorów poprawione współrzędne szukanego punktu  $x_2$  i  $y_2$ .

Przy odległościach powyżej 500 km szukany punkt może znajdować się w innym pasie. W tym wypadku, aby wykonać powyższe obliczenia należy przeliczyć współrzędne pasa początkowego na pas średni /patrz obliczenia 3.05/.

#### Dane wyjściowe

$x_1, y_1$  - współrzędne prostokątne pierwszego punktu, w m;

$S$  - odległość między punktami 1 i 2, w m;

$A_{1,2}$  - azymut, w stopniach.

Współrzędne przyjmuje się z dokładnością do 0,1 m, odległość - z dokładnością do 1m, azymut - z dokładnością do 0,1. Dokładność obliczeń 1 m.

Wszystkie wielkości tabelarne brane są ze Zbioru tablic obliczeń geodezyjnych, wydanie R10 WTS, 1953 r. Moskwa.

### 3.03. PRZELICZENIE WSPÓŁRZĘDNYCH PROSTOKĄTNYCH NA WSPÓŁRZĘDNE GEODEZYJNE

Obliczenia wykonuje się w celu przeliczenia współrzędnych prostokątnych na współrzędne geodezyjne, ponieważ usytuowanie pozycji systemów radiotechnicznych/ w wyniku opracowania danych pomiarów geodezyjnych w terenie, oraz opracowania ich na mapie/ wyrażone jest w układzie współrzędnych prostokątnych, natomiast dla obliczenia azymutów i odległości między punktami wymagane są współrzędne geodezyjne

Obliczenia pozwalają określić współrzędne geodezyjne punktu w zależności od współrzędnych prostokątnych tego punktu.

#### Matematyczna postać obliczeń

$$B = B_f - /B_f - B/ ; \quad L = l_0 + l ;$$

$$/B_f - B/'' = A_2 q + \Delta A_1 m' + A_1 / q ;$$

$$l'' = \frac{y}{\left( \Delta B_2 m' + B_2 / q + \Delta b_1 m' + b_1 \right)} ;$$

$$B_f = B_{\text{tabl}} + \frac{x - X}{X}$$

gdzie:  $B$  i  $L$  - szukane współrzędne geodezyjne, w stopniach;

$X, b_1, b_2, B_2, A_1, A_2$  - wielkości podstawowe;

$\Delta X, \Delta b_1, \Delta b_2, \Delta B_2, \Delta A_1$  - przyrosty wielkości podstawowych;

$$q = y^2 \cdot 10^{-10}; \quad m = \frac{x - X}{\Delta X} = /B_f - B_{\text{tabl}}/''$$

$l'' = L - L_0$  - odległość od średniego punktu pasa  $/L_0/$ , w sek.

#### Dane wyjściowe

$x, y$  - współrzędne prostokątne w m.

Współrzędne  $x$  i  $y$  przyjmuje się z dokładnością do 0,1m

Dokładność obliczeń  $\pm 0,1''$ .

Wielkości tabelarne brane są ze Zbioru tablic obliczeń geodezyjnych, wydanie R10 WTS, 1953. Moskwa.

### 3.04. PRZELICZENIE WSPÓLRZĘDNYCH GEODEZYJNYCH NA WSPÓLRZĘDNE PROSTOKĄTNE

Obliczenia pozwalają określić współrzędne prostokątne w zależności od danych współrzędnych geodezyjnych punktu. Praktyczne wykorzystanie współrzędnych geodezyjnych jest uciążliwe, ponieważ ich wielkości określa się w miarę katowych, natomiast wszystkie odległości w terenie mierzy się wyłącznie miarami liniowymi. W układzie współrzędnych prostokątnych wszystkie obliczenia geodezyjne sprowadzają się do prostych wzorów geometrii analitycznej.

#### Matematyczna postać obliczeń

$$x = a_2 \rho + \Delta a_1 m + a_1 / \rho + \Delta X_m + X;$$

$$y = [ (b_2 m + b_2) \rho + \Delta b_1 m + b_1 + \delta b_1 ] L'' + \delta y,$$

gdzie:  $x, y$  - szukane współrzędne prostokątne, w m;

$a_1, a_2, b_1, b_2$  - wielkości podstawowe;

$\Delta X, \Delta a_1, \Delta b_1, \Delta b_2$  - przyrosty wielkości podstawowych;

$\delta b_1, \delta y$  - poprawki

$$\rho = \sqrt{l''^2} \cdot 10^{-8}$$

$$m = \sqrt{B - B_{\text{tabl}}} / ''$$

#### Dane wyjściowe

$B$  i  $L$  - współrzędne geodezyjne, w stopniach.

Współrzędne  $B$  i  $L$  przyjmuje się z dokładnością do  $0,1''$ .

Dokładność obliczeń  $\pm 0,1$  m.

Wielkości tabelarne brane są ze zbioru tablic geodezyjnych, wydanie RI0 WTS, 1953 r. Moskwa.

### 3.05. PRZEJŚCIE WSPÓLRZĘDNYCH PROSTOKĄTNYCH Z JEDNEGO SZESCISTOPNIOWEGO PASA NA DRUGI PAS SZESCISTOPNIOWY

/ w zakresie szerokości pasa od  $0$  do  $82^\circ$  /

Podczas rozwiązania prostego lub odwrotnego zadania geodezyjnego według współrzędnych prostokątnych i przy dużych odległościach, niezbędne jest przejście z jednego pasa sześciostopniowego na drugi.

Obliczenia pozwalają przenieść współrzędne prostokątne punktu danego pasa na przyległy pas sześciostopniowy w szerokościach od 0 do 82° lub przejść przez jeden pas sześciostopniowy w szerokościach od 70 do 82°.

Matematyczna postać obliczeń.

$$x_n = x_0 + a_0 + (a)_x a + (b)_x b + (a^2)_x a^2 + (ab)_x ab + (b^2)_x b^2 + (a^3)_x a^3 + (a^2b)_x a^2b + (ab^2)_x ab^2 + (b^3)_x \cdot 0,1b^3$$

$$y_n = y_0 + b_0 + (a)_y a + (b)_y b + (a^2)_y a^2 + (ab)_y ab + (b^2)_y b^2 + (a^3)_y a^3 + (a^2b)_y a^2b + (ab^2)_y ab^2 + (b^3)_y \cdot 0,1b^3$$

gdzie:  $x_n, y_n$  - szukane współrzędne prostokątne w przyległym pasie, w m;

$$\left. \begin{array}{l} a_0, /a/x_1, /b/x, \dots \\ b_0, /a/y, /b/y, \dots \end{array} \right\} - \text{wielkości tabelarne.}$$

$$a = /x_1 - x_0/ \cdot 10^{-5}$$

$$b = /y_1 - y_0/ \cdot 10^{-5}$$

$x_0$  - wartość odciętej punktu, zaokrąglona do 100 km;

$y_0$  - wielkość tabelarna.

Wielkości  $y_0, b_0, (a)_y, (b)_x, (a^2)_y, (ab)_x, (b^2)_y, (a^3)_y, (a^2b)_y, (a^2b)_x, (b^2)_x$  podane są w tablicach z dwomaznakami - plus i minus. Przy przeliczeniu współrzędnych z pasa wschodniego na pas zachodni wykorzystuje się górne znaki, a przy przejściu z pasa zachodniego na wschodni - dolne znaki.

Wielkości a i b bierze się z sześciu znakami dziesiętnymi.

Obliczenia można przeprowadzać, podstawiając pod wielkości  $a_0, b_0, (a)_x, (b)_x, (a)_y, (b)_y$  i t.d. wartości z tablic najbliższe żądanych zarówno mniejsze jak i większe z niedomiarem lub nadmiarem / w stosunku do wartości  $x_0$ .

Dane wyjściowe

$x_1$  i  $y_1$  - współrzędne prostokątne w danym pasie, w m.

Dokładność obliczeń 0,1 - 0,5 m.

Dokładność obliczeń zależy od wartości wielkości b.

Wielkości tabelarne brane są ze Zbioru tablic geodezyjnych wydanie RLO WTS, 1953r. Moskwa.

3.06. Obliczenie współrzędnych pozycji startowych środków napadu i środków zabezpieczenia radio-technicznego.

Obliczenia wykonuje się w celu określenia współrzędnych pozycji startowych rakiet, RLS wykrywania i naprowadzania oraz innych punktów, wymagających dowiązania do terenu.

Spośród dużej ilości różnorodnych sposobów geodezyjnego dowiązania do terenu najbardziej typowymi są: wcięcie proste I i II wariant./, wcięcie odwrotne/ III i IV wariant/ oraz ciąg teodolitowy/ VI wariant/.

Z uwagi na ilość pomiarów i przejazdów najbardziej ekonomiczne jest wcięcie odwrotne, lecz dla tego sposobu w porównaniu z wcięciem prostym, wymagana jest większa ilość punktów, które nie zawsze będą widoczne z pozycji.

Dla dowiązania ciągiem teodolitowym nie wymagana jest widoczność między pozycją a punktami geodezyjnymi, co zezwala na stosowanie tego sposobu w terenie lesistym.

Prócz tego, dla pomiaru kątów przyległych sposobem ciągu teodolitowego można wykorzystywać słupy azymutalne, rozmieszczone niedaleko od znaku geodezyjnego. Pozwala to na wykonanie dowiązania sposobem ciągu teodolitowego w warunkach złej widzialności. Jednak dokładność dowiązania tym sposobem, w porównaniu ze sposobem wcięcia, jest nieduża.

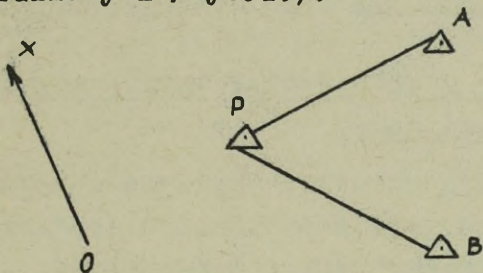
Dlatego w każdym konkretnym wypadku, w zależności od warunków terenowych, pogody i sytuacji taktycznej wybiera się najbardziej racjonalny sposób dowiązania.

W a r i a n t I

Obliczenie współrzędnych punktu według wzorów na cotangensy kątów kierunkowych.

Obliczenia pozwalają określić współrzędne prostokątne punktów wojsk własnych na podstawie znanych współrzędnych prostokątnych dwóch punktów oporowych/ geodezyjnych/ i dwóch

kątów kierunkowych /Rys.19/.



Rys. 19.

Literą B oznacza się punkt wyjściowy, z którego kierunek na określony punkt P tworzy z osią odciętych x bardziej ostry kąt; drugi punkt wyjściowy oznacza się literą A.

Dla obliczenia współrzędnych należy wykorzystywać najkrótsze boki oraz te kierunki siatki, które przecinają się w określonym punkcie pod kątem bliskim  $90^{\circ}$ .

Matematyczna postać obliczeń.

$$y_p = y_b + \frac{y_b - y_a / \operatorname{ctg} \alpha_{ap} + x_a - x_b / \operatorname{ctg} \alpha_{bp}}{\operatorname{ctg} \alpha_{bp} - \operatorname{ctg} \alpha_{ap}};$$

$$x_p = x_a + \frac{x_a - x_b / \operatorname{ctg} \alpha_{ap} + y_b - y_a / \operatorname{ctg} \alpha_{bp}}{\operatorname{ctg} \alpha_{bp} - \operatorname{ctg} \alpha_{ap}};$$

Wzór kontrolny:

$$y_p = y_b + \frac{x_p - x_b}{\operatorname{ctg} \alpha_{bp}}$$

gdzie:  $x_p, y_p$  - współrzędne prostokątne określanego punktu P, w m;

Dane wyjściowe

A/ $x_a, y_a$ / i B / $x_b, y_b$ / - współrzędne prostokątne punktów oporowych /geodezyjnych/, w m;  
 $\alpha_{bp}, \alpha_{ap}$  - kąty kierunkowe, w stopniach.

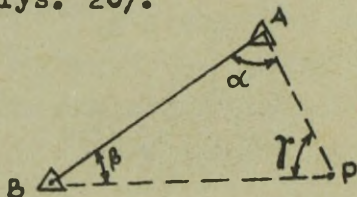
Współrzędne punktów x i y przyjmuje się z dokładnością do 0,1 m, na przykład,  $x = 5582411,7$ . Kąty kierunkowe przyjmuje się z dokładnością do 1'.

Obliczenia współrzędnych należy prowadzić z dokładnością do 0,1 m.

W a r i a n t II

Obliczenie współrzędnych punktu według wzorów na cotangensy  
kątów trójkąta.

Obliczenia pozwalają określić współrzędne prostokątne punktów wojsk własnych na podstawie znanych współrzędnych prostokątnych punktów geodezyjnych i dwóch kątów, zmierzonych w terenie. Na rysunku oznacza się wierzchołki trójkąta według następującej zasady: jeżeli patrzymy ze środka wyżsio-  
wego boku AB w kierunku na określany punkt, to z lewej  
strony powinien znajdować się punkt wyżsioowy A i zmierzony  
kąt  $\alpha$ , a z prawej strony - wyżsioowy punkt B i zmierzony  
kąt  $\beta$  /rys. 20/.



Rys. 20

Matematyczna postać obliczeń.

$$x_p = \frac{x_a \operatorname{ctg} \beta + x_b \operatorname{ctg} \alpha + y_b - y_a}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta};$$

$$y_p = \frac{y_a \operatorname{ctg} \beta + y_b \operatorname{ctg} \alpha + x_a - x_b}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta};$$

gdzie:  $x_p$  i  $y_p$  - współrzędne prostokątne określanego punktu  
P, w m.

Wzór kontrolny:

$$x_b = \frac{x_p \operatorname{ctg} \alpha + x_a \operatorname{ctg} \gamma + y_a - y_b}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \gamma}$$

$$\gamma = 180^\circ - / \alpha + \beta /.$$

Dane wyjściowe

A/  $x_a, y_a$ /, B / $x_b, y_b$ / - współrzędne punktów geodezyjnych  
w m;

$\alpha, \beta$  - kąty zmierzone w terenie, w stopniach

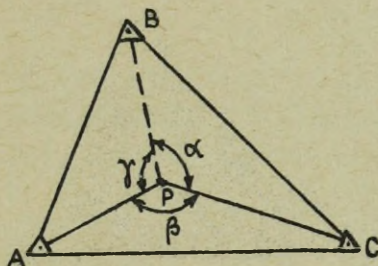
$x, y$  - liczby siedmiocyfrowe.

Obliczenie  $x_p$  i  $y_p$  należy prowadzić z dokładnością do 0,1 m. Kąty  $\alpha$  i  $\beta$  bierze się z dokładnością do 1".

W a r i a n t III

Obliczenie współrzędnych punktu położonego wewnątrz trójkąta.

Obliczenie pozwala określić współrzędne prostokątne punktu wójsk własnych na podstawie znanych współrzędnych prostokątnych trzech punktów geodezyjnych i trzech kątów, zmierzonych w terenie /rys. 21./



Rys. 21

Matematyczna postać obliczeń.

$$x_p = \frac{x_a P_a + x_b P_b + x_c P_c}{P_a + P_b + P_c} ;$$

$$y_p = \frac{y_a P_a + y_b P_b + y_c P_c}{P_a + P_b + P_c}$$

gdzie:  $x_p$ ,  $y_p$  - współrzędne prostokątne określanego punktu P, w m.

$$P_a = \frac{1}{\text{ctg} A - \text{ctg} \beta} ; \quad P_b = \frac{1}{\text{ctg} B - \text{ctg} \alpha} ; \quad P_c = \frac{1}{\text{ctg} C - \text{ctg} \gamma} ;$$

$$\text{ctg} A = \frac{y_b - y_c}{x_b - x_c} + \frac{y_c - y_a}{x_c - x_a} ;$$

$$\text{ctg} B = \frac{y_c - y_a}{x_c - x_a} + \frac{y_a - y_b}{x_a - x_b} ;$$

$$\operatorname{ctg} C = \frac{\frac{xa-xc}{xc-xb} + \frac{ya-yo}{yo-yb}}{2\Delta};$$

gdzie:  $2\Delta$  - podwójna powierzchnia trójkąta ABC, obliczona według wzoru;

$$2\Delta = \frac{xa-xo}{yo-yb} - \frac{ya-yo}{xb-xa};$$

lub 
$$2\Delta = \frac{xb-xa}{yc-yb} - \frac{yb-ya}{xc-xb}.$$

Dane wyjściowe

A  $(xa, yb)$ , B  $(xb, yb)$ , C  $(xc, yo)$  - współrzędne punktów geodezyjnych, w m:

$\alpha, \beta, \gamma$  - kąty zmierzone w terenie, w stopniach;

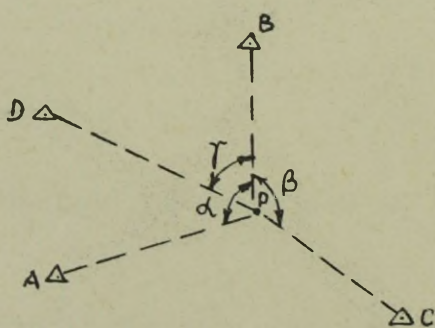
x, y - liczby siedmiocyfrowe.

Obliczenie  $x_p$  i  $y_p$  należy prowadzić z dokładnością do 0,1 m. Kąty  $\alpha$  i  $\beta$  przyjmuje się z dokładnością do 1".

W a r i a n t   I V

Obliczenie współrzędnych punktu według cotangensów zmierzonych kątów.

Obliczenia pozwalają określić współrzędne prostokątne punktów własnych na podstawie znanych współrzędnych prostokątnych czterech punktów geodezyjnych i trzech kątów, zmierzonych w terenie /rys. 22/.



Rys. 22

Matematyczna postać obliczeń.

$$x_p = x_b + \Delta x_{bp};$$

$$y_p = y_b + \Delta y_{bp}$$

gdzie:  $\Delta y_{bp} = k \Delta x_{bp}; \quad X_{bp} = \frac{a - kb}{1 + k^2}; \quad k = \frac{a + c}{b + d} = \operatorname{tg} \alpha_{bp};$

$$d = \Delta y_{bc} + \Delta X_{bc} \operatorname{ctg} \beta; \quad o = \Delta X_{bc} + \Delta y_{bc} \operatorname{ctg} \beta;$$

$$b = \Delta y_{ba} + \Delta x_{ba} \operatorname{ctg} \alpha; \quad a = \Delta X_{ba} + \Delta y_{ba} \operatorname{ctg} \alpha;$$

$x_p, y_p$  - współrzędne prostokątne określanego punktu P, w m;  
Sprawdzenie określenia współrzędnych pozycji:

$$\alpha_{pd} + \gamma = \alpha_{pb};$$

gdzie:  $\operatorname{ctg} \alpha_{pd} = \frac{X_d - X_p}{y_d - y_p}; \quad \operatorname{ctg} \alpha_{pb} = \frac{x_b - x_p}{y_b - y_p}$

Dane wyjściowe

A  $/x_a, y_a/$ , B  $/x_b, y_b/$ , C  $/x_c, y_c/$ , D  $/x_d, y_d/$  - współrzędne punktów geodezyjnych, w m:

$\alpha, \beta, \gamma$  - kąty zmierzone w terenie, w stopniach

$x, y$  - liczby siedmiocyfrowe;

$\Delta x, \Delta y$  - pięciocyfrowe liczby;

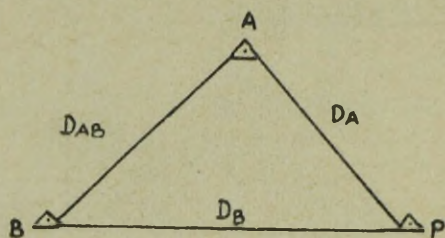
Obliczenia  $\bar{x}_p$  i  $y_p$  należy prowadzić z dokładnością do 0,1 m.

Kąty  $\alpha, \beta$  i  $\gamma$  przyjmuje z dokładnością do 1".

W a r i a n t V

Obliczenie współrzędnych punktów na podstawie pomiaru boków.

Obliczenia pozwalają określić współrzędne prostokątne punktu wojsk własnych na podstawie znanych współrzędnych prostokątnych dwóch punktów oporowych/geodezyjnych/ i długości trzech boków, zmierzonych w terenie, zawartych między trzema punktami /rys.23/.



Rys. 23

Matematyczna postać obliczeń.

$$x_p = x_b + g / x_a - x_b / - \quad /y_a - y_b/$$

$$y_p = y_b + /x_a - x_b/ + g \quad /y_a - y_b/;$$

gdzie:  $p = +\sqrt{D_B^2 \cdot k - g^2}; \quad g = 0,5 + /D_B^2 - D_A^2/ \frac{K}{2};$

$$k = \frac{1}{D_{AB}^2}$$

$x_p, y_p$  - współrzędne prostokątne określanego punktu P, w m.  
Niekiedy boku AB nie mierzy się i wówczas określa się go ze wzoru:

$$D_{AB} = \sqrt{/x_b - x_a/^2 + /y_b - y_a/^2}$$

Dane wyjściowe

A/ $x_a, y_a$ /, B/ $x_b, y_b$ / - współrzędne punktów oporowych /liczby siedmiocyfrowe/, w m;

$D_{AB}, D_A, D_B$  - długość boków /liczby sześciocyfrowe/ w m.

Obliczenia x i y wykonuje się z dokładnością do 0,1 m.

Wielkości  $D_{AB}, D_A, D_B$  należy zmierzyć z dokładnością do 0,1m.

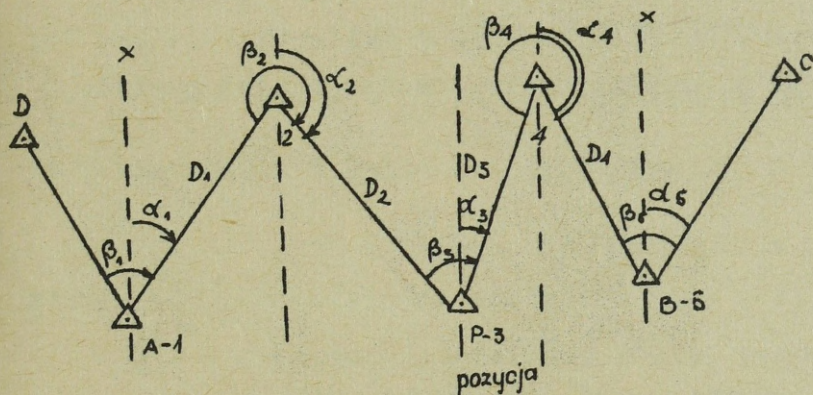
W a r i a n t VI

Obliczenia współrzędnych punktu metodą ułożenia ciągów teodolitowych.

W rozpatrzonych uprzednio sposobach obliczania współrzędnych

punktu wymagane były pomiary poziomych kątów między punktami oddalonymi jeden od drugiego na odległość kilku kilometrów. Sposoby te mogą więc mieć zastosowanie w terenie równinnym, otwartym, a także w górach, gdzie zapewniona jest dobra widoczność poszczególnych punktów. W terenie lesistym, dla dowiązania geodezyjnego, stosuje się ciągi teodolitowe.

Podczas opracowania projektu dowiązania geodezyjnego tą metodą, należy przestrzegać następujące wymagania. Punkty specjalne włącza się w ciągi teodolitowe jako punkty zwrotne. Celowym jest również włączać bezpośrednio do ciągów kierunki orientacyjne jako linie ciągów, względnie określać je na jednym z punktów zwrotnych przez pomiar dwóch kątów przyległych do dwóch linii ciągu. Pomiar kątów /kierunków/ wykonuje się przy pomocy teodolitu.



Rys. 24

Matematyczna postać obliczeń.

/rys. 24 /

1. Oblicza się kąty kierunkowe dla kierunków z A na D i z B na C;

$$\operatorname{tg} \alpha_{ad} = \frac{y_a - y_a}{x_d - x_a}; \quad \operatorname{tg} \alpha_{bc} = \frac{y_c - y_b}{x_c - x_b}$$

2. Oblicza się kąty kierunkowe poszczególnych odcinków marszruty:

$$\alpha_1 = \alpha_{ad} + \beta_1 \pm 360^\circ$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \beta_2 \pm 180^\circ$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + \beta_3 \pm 180^\circ$$

$$\alpha_4 = \alpha_3 + \beta_4 \pm 180^\circ$$

$$\alpha_{bc} = \alpha_4 + \beta_5 \pm 180^\circ$$

ale  $\alpha_{bo} \neq \alpha_{bc}$ ; Obliczone  $\alpha_{bo} = \alpha_{ad} + \sum \beta \pm 180^\circ / n + 1 /$   
 $\alpha_{bo} - \alpha_{bc} = \omega \beta$

gdzie:  $\omega \beta$  - odchyłka kątowa.

Poprawka dla każdego kąta równa jest  $\frac{\omega \beta}{n} = \Delta$  gdzie  
 $n$  - ilość zwrotów kątowych.

W ciągu teodolitowym wielkość  $\omega \beta$  nie powinna  
przekraczać  $2m\sqrt{n}$ , gdzie  $m = 10 + 15$ .

3. Oblicza się przyrosty współrzędnych poszczególnych punktów  
ciągu:

$$\Delta y_1 = D_1 \sin \alpha_1;$$

$$\Delta y_2 = D_2 \sin \alpha_2;$$

$$\Delta y_3 = D_3 \sin \alpha_3;$$

$$\Delta y_4 = D_4 \sin \alpha_4;$$

---

$$\sum \Delta y = /y_b - y_a/ = \omega y;$$

Na skutek błędów w pomiarach  $\sum \Delta y \neq /y_b - y_a/$ .

Odchyłkę  $\omega y$  uwzględnia się w następujący sposób. Oznacza  
się przez  $k$  ilość setek metrów na całej długości ciągu.

Wówczas

$$\frac{\omega y}{k} = C;$$

gdzie:  $C$  - poprawka na każdą setkę metrów ciągu;

$n_1, n_2, n_3, n_4$ , - ilość setek metrów w każdym boku ciągu;

$$n_1 + n_2 + n_3 + n_4 = k$$

Do każdego przyrostu wprowadza się poprawkę:

$$\Delta y_1 + cn_1$$

$$\Delta y_2 + cn_2$$

$$\frac{\Delta y_3 + on_3}{\sum \Delta y + ko} = y_b - y_a$$

Wówczas:

$$y_b = y_a + \underbrace{\Delta y_1 + on_1 + \Delta y_2 + on_2}_{yp} + \Delta y_3 + on_3 + \Delta y_4 + on_4;$$

$$x_b = x_a + \underbrace{\Delta x_1 + on_1 + \Delta x_2 + on_2}_{xp} + \Delta x_3 + on_3 + \Delta x_4 + on_4$$

gdzie:  $\Delta x = D \cos \alpha$ ;  $\Delta y = D \sin \alpha$ ;

$$xp = xa + \Delta x_1 + on_1 + \Delta x_2 + on_2 ;$$

$$yp = ya + \Delta y_1 + on_1 + \Delta y_2 + on_2 ;$$

$x_p, y_p$ , - współrzędne prostokątne określanego punktu P w m.

Jeżeli ciąg teodolitowy nie spełni warunku  $\frac{\omega \alpha}{\sum D} \leq \frac{1}{1000}$

to pomiar linii i kątów należy powtórzyć. W tej nierówności

$$\omega \alpha = \sqrt{\omega_y^2 + \omega_x^2}$$

gdzie:  $\omega \alpha$  - absolutna odchyłka ciągu teodolitowego;

$\sum D$  - suma długości wszystkich boków, wielkość ta nie przekracza 15 - 20 km.

#### Dane wyjściowe

A/  $x_a, y_a$ /, B/  $x_b, y_b$ /, C/  $x_c, y_c$ /, D/  $x_d, y_d$ / - współrzędne punktów geodezyjnych, w m;

$D_1, D_2, D_3, D_4$  - długość boków ciągu w m;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$  - kąty zwrotów, w stopniach;

$n$  - ilość zwrotów.

Współrzędne należy obliczać z dokładnością do 0,1 m.

Kąty  $\beta$  należy mierzyć z dokł. do 1", a długość boków, - z dokł. do 1 cm.

§ 4. OBLICZENIA Z PRZECIWDZIAŁANIA RADIOELEKTRONICZNEGO

4.01. OBLICZENIE POTRZEBNEJ ILOŚCI NADAJNIKÓW ZAKŁÓCEN DLA OSŁONY UGRUPOWANIA BOJOWEGO SAMOLOTÓW.

Przy planowaniu lotów bojowych należy pamiętać o przeciwdziałaniu radioelektronicznym, organizowanym w celu pokonania obrony plot przeciwnika, drogą zakłócenia pracy środków radiotechnicznych.

Obliczenie pozwala określić potrzebną ilość nadajników zakłóceń aktywnych, instalowanych na samolotach, w zależności od szyku bojowego samolotów i ich odległości od RLS przeciwnika.

Wzory matematyczne do obliczeń

$$N_{\Sigma} = N_g + N_s - 1 / m_0;$$

$$m_0 = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{\Delta f_{nz} / 1 - k_{prz}}$$

$$N_g = \frac{l_g}{l}; \quad N_s = \frac{l_s}{l}; \quad l = \frac{D_{\min} \cdot \alpha}{57,3};$$

$$k / \varphi = \frac{k(\varphi)}{D_{\min}} \sqrt{\frac{\chi \cdot P_1 \cdot G_{RLSmax} \cdot \sigma \cdot \Delta f_z}{4 \pi P_z \cdot 0,5 \cdot G_{zmax} \cdot k_f \cdot k_p \cdot \Delta f_{RLS}}}$$

gdzie:

$N_{\Sigma}$  - ogólna ilość potrzebnych nadajników zakłóceń;

$N_g$  - ilość potrzebnych źródeł zakłóceń wzdłuż głębokości ugrupowania bojowego samolotów;

$N_s$  - ilość potrzebnych źródeł zakłóceń wzdłuż szerokości ugrupowania bojowego samolotów;

$l$  - szerokość liniowa sektora skutecznych zakłóceń na odległości  $D_{\min}$ ;

$m_0$  - ilość nadajników w jednym źródle;

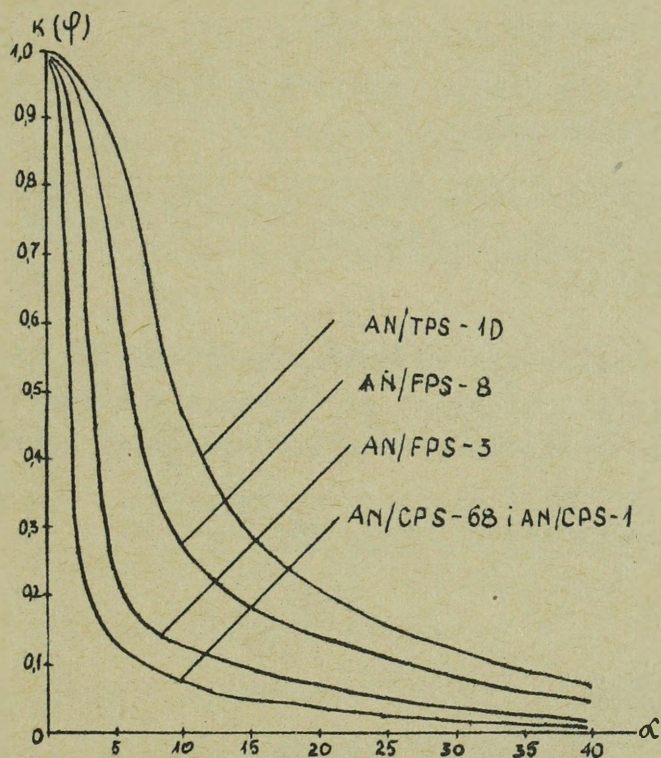
$k(\varphi)$  - współczynnik charakteryzujący wielkość sektora zakłóceń skutecznych na ekranie RLS;

$\alpha$  - sektor zakłóceń skutecznych określany z rys.25.

Dane wyjściowe

Dane o przykrywanym ugrupowaniu bojowym samolotów:

- $\sigma$  - powierzchnia skuteczna ugrupowania bojowego w  $m^2$ ;
- $L_g$  - głębokość ugrupowania bojowego w m;
- $l_s$  - szerokość ugrupowania bojowego w m;
- $D_{min}$  - odległość minimalna między nadajnikiem zakłóceń a RLS zakłócaną przez ten nadajnik, w m.



Rys. 25

Dane o zakłócającej RLS:

- $\gamma$  - współczynnik zakłóceń;
- $P_1$  - moc w impulsie RLS, kW;
- $G_{RLS_{max}}$  - zysk energetyczny anteny RLS;
- $\Delta f_{RLS}$  - pasmo przenoszenia częstotliwości odbiornika RLS, MHz
- $K/\mathcal{E}$  / - współczynnik kierunkowości anteny RLS w płaszczyźnie pionowej;
- $f_{min}$  - minimalna częstotliwość RLS, MHz;

$f_{max}$  - maksymalna częstotliwość RLS, MHz;

Dane o nadajniku zakłóceń;

$P_z$  - moc nadajnika zakłóceń, kW;

$G_{z_{max}}$  - zysk energetyczny anteny nadajnika zakłóceń;

$k_f$  - współczynnik uwzględniający rodzaj zakłóceń;

$k_p$  - współczynnik polaryzacji;

$\Delta f_z$  - pasmo częstotliwości jednego nadajnika zakłóceń, MHz;

$k_{prz}$  - współczynnik przykrycia.

Obliczenia wykonuje się do czterech znaczących miejsc. Wynik obliczeń zaokrągla się do całości.

4.02. OBLICZENIE POTRZEBNEJ ILOŚCI NADAJNIKÓW ZAKŁÓCEN DLA PRZYKRYCIA SAMOLOTÓW, JEŚLI ZAKŁÓCENIA BĘDĄ WYSYLANE ZE STREF PATROLOWANIA.

Różnica tego obliczenia od poprzedniego polega na tym, że zakłócenia stacji radiolokacyjnej przeciwnika emitowane są nie z ugrupowania bojowego samolotów, lecz ze stref patrolowania.

Wzory matematyczne do obliczeń:

$$N_{\Sigma} = N_1 \cdot m_0;$$

$$m_0 = \frac{f_{max} - f_{min}}{\Delta f_{mz} / l - k_{prz}};$$

$$N_L = \frac{L_s}{l}; \quad l = \frac{D_c \cdot \alpha}{57,3};$$

$$k / \varphi / = \frac{D_z \cdot k^2 / \epsilon_c /}{D_0^2 \cdot k / \epsilon_z /} \sqrt{\frac{\gamma P_L \cdot G_{RLSmax} \cdot 6 \cdot \Delta f_z}{4 \cdot P_z \cdot 0,5 \cdot G_{z_{max}} \cdot k_f \cdot k_p \cdot \Delta f_{RLS}}}$$

gdzie:  $N_{\Sigma}$  - ogólna ilość potrzebnych nadajników zakłóceń;  
 $N_L$  - ilość potrzebnych źródeł zakłóceń wzdłuż głębokości strefy patrolowania;  
 $l$  - szerokość liniowa sektora skutecznych zakłóceń na odległości  $D_0$

- $m_0$  - ilość nadajników w jednym źródle;  
 $k/\varphi/$  - współczynnik charakteryzujący wielkość sektora zakłóceń skutecznych na ekranie RLS;  
 $\alpha$  - sektor zakłóceń skutecznych określony z rys. 25.

Dane wyjściowe

Dane o przykrywanym ugrupowaniu bojowym samolotów:

- $\sigma$  - powierzchnia skuteczna ugrupowania bojowego,  $m^2$ ;  
 $D_0$  - odległość od RLS do ugrupowania bojowego, m.

Dane o zakłócanej RLS

- $\gamma$  - współczynnik zakłóceń;  
 $P_1$  - moc w impulsie RLS, kW;  
 $G_{RLS_{max}}$  - zysk energetyczny anteny RLS;  
 $\Delta f_{RLS}$  - pasmo przenoszenia częstotliwości odbiornika RLS, MHz;  
 $k/\mathcal{E}_c/$  - współczynnik kierunkowości anteny RLS w stronę celu;  
 $f_{min}$  - minimalna częstotliwość RLS, MHz;  
 $f_{max}$  - maksymalna częstotliwość RLS, MHz;

Dane o nadajniku zakłóceń:

- $P_z$  - moc nadajnika zakłóceń;  
 $G_{z_{max}}$  - zysk energetyczny anteny nadajnika zakłóceń;  
 $k_f$  - współczynnik rodzaju zakłóceń;  
 $k_p$  - współczynnik polaryzacji;  
 $\Delta f_z$  - pasmo częstotliwości jednego nadajnika zakłóceń, MHz;  
 $k(\mathcal{E}_z)$  - współczynnik charakteryzujący skuteczność zakłóceń w płaszczyźnie pionowej;  
 $D_z$  - odległość od RLS do nadajnika, zakłóceń, m;  
 $k_{prz}$  - współczynnik przykrycia;  
 $L_s$  - wymiary strefy patrolowania wzdłuż frontu, m;

Obliczenia wykonuje się do czterech znaczących miejsc.  
Wynik obliczeń zaokrąglić do całości.

4.03. OBLICZENIE SKUTECZNOŚCI ZAKŁÓCEN PALIOSTACJI NAPROWADZANIA PRZECIWNIKA, ODBIERAJĄCYCH SYGNAŁ BEZPOŚREDNI.

Obliczenie pozwala określić promień strefy zakłóceń łączności naprowadzania przeciwnika i jego przesunięcie w zależności od parametrów nadajnika zakłóceń, radiostacji naprowadzania i odległości między nimi.

Wzory matematyczne do obliczeń.

$$k = \frac{1}{\gamma} \sqrt{\frac{P_z \cdot k_p \cdot G_z \cdot \Delta f_0}{P_N \cdot G_N \cdot \Delta f_z}}$$

W zależności od otrzymanej wartości  $k$  promień i przesunięcie strefy zakłóceń oblicza się z różnych wzorów.

Pierwszy wypadek:  $k < 1$ , wtedy

$$R_z = \frac{D_z \cdot k}{1 - k^2}; \quad a_z = R_z \cdot k$$

Drugi wypadek:  $k > 1$ , wtedy

$$a_z = \frac{D_z}{k^2 - 1}; \quad R_z = a_z \cdot k$$

Trzeci wypadek:  $k = 1$ , wtedy

$$R_z = \infty \quad a_z = \infty$$

gdzie:

$a_z$  - przesunięcie strefy zakłóceń

$R_z$  - promień strefy zakłóceń przy  $k < 1$  i promień strefy niezakłóconej przy  $k > 1$ .

Dane wyjściowe

- $\gamma$  - współczynnik zakłóceń;
- $P_z$  - moc nadajnika zakłóceń,
- $k_f$  - współczynnik rodzaju zakłóceń;
- $k_p$  - współczynnik polaryzacji;

- $G_z$  - zysk energetyczny anteny nadajnika zakłóceń;  
 $\Delta f_0$  - pasmo przenoszenia częstotliwości odbiornika radiostacji łączności, MHz,  
 $P_N$  - moc nadajnika radiostacji łączności, w m;  
 $G_N$  - zysk energetyczny anteny nadajnika radiostacji łączności;  
 $\Delta f_z$  - pasmo częstotliwości jednego nadajnika zakłóceń, MHz,  
 $D_z$  - odległość między nadajnikiem zakłóceń a stacją, której sygnały są zakłócone, m.

Obliczenia wykonuje się do czterech znaczących miejsc. Wynik obliczeń zaokrąglać do całości.

4.04. OKREŚLENIE PRAWDOPODOBIEŃSTWA STRACENIA SAMOLOTU, POKONUJĄCEGO STREFĘ OPL PRZECIWNIKA, WYPOSĄŻONEGO W OKREŚLONĄ ILOŚĆ ŚRODKÓW PRZECIWDZIAŁANIA RADIOELEKTRONICZNEGO.

Obliczenia pozwalają określić prawdopodobieństwo stracenia samolotu w zależności od ilości samolotów w grupie, pokonujących strefę OPL przeciwnika oraz od ilości posiadanych środków przeciwdziałania radioelektronicznego.

Wzory matematyczne do obliczeń.

$$P_k = \sum_{i=1}^{n-r_k} C_h^{r_k+1} \left[ 1 - \sqrt{1-p} \right] \left( \frac{1}{m} \right)^{r_k+1} \left( 1 - \frac{1}{m} \right)^{n-r_k-1}$$

gdzie:

$P_k$  - prawdopodobieństwo stracenia k-tego samolotu w strefie, posiadającego  $r_k$  środków przeciwdziałania radioelektronicznego.

Jeśli  $m$  i  $n$  dostatecznie duże liczby, to  $P_k$  można określić z drugiego wzoru:

$$P_k = 1 - \frac{1}{\sqrt{1-p}^{2k}} e^{-\frac{n}{m} p} + e^{-\frac{n}{m}} \left\{ \sum_{j=0}^{r_k-1} \frac{1}{j!} \left( \frac{n}{m} \right)^j \left[ \frac{\sqrt{1-p}^j}{\sqrt{1-p}^{r_k}} - 1 \right] \right\}$$

Dane wyjściowe

- m - ilość samolotów pokonujących strefę OPL przeciwnika;
- n - ilość ataków myśliwców przeciwnika i ilość odpalonych rakiet klasy ziemia -powietrze przez przeciwnika;
- $r_k$  - ilość środków przeciwdziałania radioelektronicznego, w które wyposażony jest każdy k-ty samolot/ t.j. może zerwać  $r_k$  ataków/;
- p - prawdopodobieństwo strącenia samolotu , który wyczerpał wszystkie indywidualne środki przeciwdziałania radioelektronicznego.

Obliczenia wykonuje się do czterech miejsc znaczących. Wynik obliczeń zaokrąglić do 0,01.

4.05. OKREŚLENIE MAKSYMALNEGO ZASIĘGU DZIAŁANIA STACJI RADIOLOKACYJNEJ

Obliczenia pozwalają określić maksymalny zasięg wykrycia celu przez stację radiolokacyjną w zależności od powierzchni skutecznej celu i podstawowych danych technicznych stacji.

Wzór matematyczny do obliczeń:

$$D_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_1 \cdot G_{\max}^2 \cdot \lambda^2 \cdot \sigma_0}{4 \pi P_{0\min}}}$$

gdzie:

$D_{\max}$  - maksymalny zasięg wykrycia celu, m.

Dane wyjściowe

- $G_{\max}$  - zysk energetyczny anteny;
- $P_{0\min}$  - minimalna moc odbierana sygnału odbitego, przy którym może być jeszcze wykryty cel na ekranie wskaźnika,
- $P_1$  - moc w impulsie RLS,
- $\sigma_0$  - powierzchnia skuteczna celu,  $m^2$ ;
- $\lambda$  - długość fali, m.

Obliczenia wykonuje się do czterech miejsc znaczących. Wynik obliczeń zaokrąglić do całości.

4.06. OKREŚLENIE SKUTECZNOŚCI NADAJNIKA ZAKŁÓCEŃ, ZAINSTALOWANEGO NA SAMOLOCIE DLA ZAKŁÓCENIA RLS KIEROWANIA OGNIEM RAKIET ZIEMIA - POWIETRZE.

Obliczenia dokonuje się w celu określenia możliwości zapewnienia bezpieczeństwa lotu samolotu, wyposażonego w nadajnik zakłóceń, przelatującego przez strefę OPL przeciwnika w której działają rakiety ziemia - powietrze.

Obliczenie pozwala określić minimalną odległość przy której nie zapewnia się skutecznego działania nadajnika zakłóceń zakłócającego RLS kierowania ogniem raket plot przeciwnika, w zależności od danych technicznych nadajnika zakłóceń, powierzchni skutecznej samolotu, jego szybkości i wysokości lotu, a także od danych technicznych RLS kierowania raket plot.

Wzory matematyczne do obliczeń.

Nadajnik zakłóceń jest skuteczny dla  $D_{z_{min}} < D_{min}$

$$D_{z_{min}} = \sqrt{\frac{\gamma \cdot \sigma \cdot P_1 \cdot G_{RLS_{max}} \cdot \Delta f^2}{4 \pi \cdot P_z \cdot 0,5 G_{z_{max}} \cdot k_f k_p \cdot \Delta f_{RLS}}}$$

$$D_{min} = \sqrt{H^2 + \left[ \frac{v / t_p + t_r}{3,6} \right]^2}$$

gdzie:

$D_{z_{min}}$  - odległość, przy której pojawia się znacznik samolotu na tle zakłóceń, m;

$D_{min}$  - minimalna odległość, przy której możliwe jest zastosowanie środków plot, m.

Dane wyjściowe

H - wysokość lotu samolotu, m;

v - szybkość lotu samolotu, km/ godz;

$\sigma$  - powierzchnia skuteczna samolotu, m<sup>2</sup>;

$\gamma$  - współczynnik zakłóceń;

$P_1$  - moc w impulsie, kW;

$G_{RLS_{max}}$  - zysk energetyczny anteny RLS;

- $\Delta f_{\text{RLS}}$  - pasmo przenoszenia częstotliwości odbiornika RLS, MHz;
- $P_z$  - moc nadajnika zakłóceń, kW;
- $G_{z\text{max}}$  - zysk energetyczny anteny nadajnika zakłóceń;
- $k_f$  - współczynnik rodzaju zakłóceń;
- $k_p$  - współczynnik polaryzacji;
- $\Delta f_z$  - pasmo częstotliwości jednego nadajnika zakłóceń MHz;
- $t_r$  - czas lotu rakiety, sek.
- $t_p$  - czas pracy RLS kierowania rakiet plot, sek;

Obliczenia wykonuje się do czterech miejsc znaczących. Wynik obliczeń zaokrąglić do całości.

#### 4.07. OKREŚLENIE MAKSYMALNEJ ODLEGŁOŚCI ŁĄCZNOŚCI RADIOWEJ Z SAMOLOTEM NA FALACH ULTRAKRÓTKICH.

Obliczenia pozwalają określić maksymalny zasięg łączności radiowej z samolotem na falach ultrakrótkich w zależności od wysokości lotu samolotu i wysokości anteny stacji.

Wzór matematyczny do obliczeń:

$$D = 130 / \sqrt{H} + \sqrt{h} /,$$

gdzie:

D - zasięg łączności radiowej, km.

Dane wyjściowe

H - wysokość lotu samolotu, km;

h - wysokość anteny naziemnej, km;

Obliczenia wykonuje się do czterech miejsc znaczących. Wynik obliczeń zaokrąglić do całości.

#### §.5. OBLICZENIA INŻYNIERYJNO-OPERACYJNE.

5.01. OKREŚLENIE ZABEZPIECZENIA MAKSYMALNEJ LICZBY SAMOLOTÓW W CZASIE OPERACJI / WZGLĘDNIIE JEJ ODDZIELNYCH ETAPÓW/ AKTUALNYM STANEM LICZBOWYM SAMOLOTÓW BOJOWYCH Z UWZGLĘDNIENIEM MOŻLIWYCH STRAT UBYTKÓW DO REMONTU I MOŻLIWOŚCI NAPRAWCZYCH.

Obliczenia inżyniersko- operacyjne oparte są na wykorzystaniu statystycznych danych w formie współczynników

strat bojowych, ubytków do naprawy oraz pracochłonności na naprawę uszkodzonych samolotów. Obliczenia wykonuje się z zasady na szczeblu związku operacyjnego w okresie przygotowania do operacji, oddzielnie dla każdego rodzaju lotnictwa /samoloty myśliwskie, bombowe, myśliwsko-bombowe, rozpoznawcze itp./. Obliczenia te można również wykonać na szczeblu związku taktycznego, jednakże, stopień dokładności wówczas będzie mniejszy.

Obliczenia wykonuje się w celu określenia:

- maksymalnie możliwej liczby samolotów we wszystkie dni danej operacji;
- prawdopodobnych strat i ubytków samolotów do naprawy w poszczególne dni operacji;
- niezbędnych rezerw samolotów do zabezpieczenia stałej liczby lotów bojowych we wszystkich dni operacji;

Do wykonania obliczeń niezbędne są następujące dane wyjściowe:

- stan ilościowy i jakościowy parku samolotowego w oddziałach lotniczych przed operacją;
- planowany czas trwania operacji, jej etapów i natężenie działań bojowych lotnictwa;
- stan faktyczny stanu osobowego w lotniczych oddziałach liniowych i jednostkach naprawczych;
- statystyczne współczynniki strat bojowych i ubytku samolotów do różnych rodzajów naprawy;
- średnia pracochłonność w roboczegodzinach, potrzebna do naprawy poszczególnych typów samolotów w polowych warsztatach lotniczych;
- planowana długotrwałość dnia roboczego składu osobowego zatrudnionego przy naprawie sprzętu lotniczego;
- uzupełnienie parku samolotowego w toku operacji.

Współczynniki strat bojowych i ubytku samolotów do różnych rodzajów naprawy, jak również pracochłonność napraw w polowych warsztatach lotniczych określa się na podstawie doświadczeń z poprzednich operacji względnie wyników badań teoretycznych sprawdzonych w czasie ćwiczeń.

W obliczeniach przyjęto następujące oznaczenia:

- $C_0$  - stan ewidencyjny parku samolotowego przed operacją;
- $C_n$  - liczba samolotów biorących udział w kolejnym n-tym locie;

- $C_b$  - straty bojowe samolotów w jednym locie;
- $C_k$  - ubytek samolotów do naprawy kapitalnej po jednym locie;
- $C_s, C_t, C_d$  - ubytek samolotów odpowiednio do naprawy średniej, bieżącej i drobnej;
- $C_{\infty}$  - Liczba niesprawnych samolotów przed kolejnym lotem;
- $K$  - współczynnik bojowego wykorzystania parku samolotowego w kolejnym  $n$ -tym locie; określa się jako stosunek liczby samolotów biorących udział w locie do ogólnej liczby samolotów sprawnych przed lotem;
- $K_b$  - współczynnik bojowych strat samolotów; określa się jako stosunek liczby straconych samolotów, do liczby samolotów które wystartowały na wykonanie zadania bojowego;
- $C_{n.s}$  - liczba sprawnych samolotów przed kolejnym lotem;
- $C_{op}$  - liczba samolotów bezpowrotnie straconych dla danej operacji, po kolejnym locie;
- $C_{w.d.}$  - liczba naprawianych samolotów w zakresie drobnej naprawy;
- $C_{w.t.}$  - liczba naprawianych samolotów w zakresie bieżącej naprawy;
- $\bar{C}_d / \bar{C}_t$  / liczba samolotów, które nie zostały naprawione w zakresie drobnej / bieżącej / naprawy przed kolejnym lotem;
- $\Delta C_{op}$  - uzupełnienie parku samolotowego przed lotem;
- $A$  - suma samolotolotów wykonana w rozpatrywanym okresie względnie w czasie całej operacji;
- $K_k$  - współczynnik ubytku samolotów do kapitalnej naprawy;
- $K_s, K_t, K_d$  - współczynniki ubytku odpowiednio do naprawy średniej, bieżącej, drobnej; współczynniki  $K_k, K_s, K_t, K_d$  określa się analogicznie jak współczynnik  $K_b$ ;
- $\Delta t$  - czas pracy w przerwie między kolejnymi lotami
- $\Delta \tau$  - czas dnia pracy personelu zatrudnionego przy naprawie samolotów.
- $a$  - czas trwania operacji w dobach
- $l$  - ilość lotów samolotów rozpatrywanego typu w ciągu dnia
- $W$  - stan liczebny pracowników polowych warsztatów lotniczych
- $D$  - stan liczebny pracowników DOTS-u pułku, zaangażowanych przy naprawie sprzętu lotniczego;

- Z - załoga naziemna jednego samolotu;  
 $F_r$  - rozporządzalny fundusz czasu roboczego/ w roboczogodzinach/ wykorzystany przy naprawie sprzętu lotniczego pomiędzy kolejnymi lotami;  
 $t_t/t_d$  - średnia pracochłonność/ w roboczogodzinach/ bieżącej /drobnej/ naprawy jednego samolotu;  
 $F_{p.t}/F_{p.d}$  - potrzebny czas/ w roboczogodzinach/na bieżącą naprawę/drobną/ naprawę jednego samolotu.

Orientacyjne wartości, które zazwyczaj przyjmuje się przy wykonywaniu podobnych obliczeń przedstawiono w tabelicy 6.

Rodzaj lotnictwa

Tablica 6

Oznaczenia	LM	LMB	LB	LR	LT
$K_b$	0,05-0,1	0,07-0,12	0,10-0,15	0,10-0,15	0,01-0,02
$K_k$	0,01	0,01	0,01-0,02	0,01	0,01-0,02
$K_s$	0,015	0,15	0,03	0,02	0,03-0,04
$K_z$	0,07	0,07	0,04-0,05	0,07	0,04-0,05
$K_d$	0,2-0,25	0,2-0,25	0,1-0,15	0,2- 0,25	0,1 -0,15
$t_t$	240- 400	400 -450	450 -500	LM lub	500 -1000
$t_d$	12 -20	20-25	25-30	LB	25-50
W + D	124	130	160	LM-25 LB-38	27

Uwaga: w tabelicy dla zasadniczych rodzajów lotnictwa podano wartości W+D dla dywizji, natomiast dla lotnictwa rozpoznawczego i transportowego z wyliczeniem na pułk;

Cały stan osobowy DOTS-u zaangażowany jest przy naprawie samolotów.

Przy opracowaniu metody obliczeń przyjęto szereg założeń.

Po pierwsze, zakłada się, że wszystkie samoloty, wymagające kapitalnej i średniej naprawy nie będą naprawiane w czasie trwania operacji i zostają zaliczone do strat bezpowrotnych narówni z bojowymi stratami samolotów.

Po drugie, zakłada się, że w pierwszej kolejności naprawia się samoloty kwalifikujące się do drobnej naprawy, a następnie samoloty kwalifikujące się do bieżącej naprawy.

Po trzecie, zakłada się, że przy naprawie bierze udział nie tylko skład osobowy polowych warsztatów lotniczych, ale i specjaliści DOTS-u oraz załogi naziemne, uszkodzonych i straconych samolotów.

Obliczenia z wykorzystaniem klawiszowych maszyn liczących wykonuje się sposobem tabelarycznym, określając kolejno obliczeniowe parametry dla każdego lotu, i następnie sumuje się końcowe wyniki.

#### Kolejność obliczeń

1. Określa się straty bojowe i ubytki samolotów do naprawy.  
Straty bojowe:

$$C_b = K_b \cdot C_n$$

Ubytki do naprawy kapitalnej:

$$C_b = K_b \cdot C_n$$

Ubytki do naprawy średniej

$$C_s = K_s \cdot C_n$$

Ubytki do naprawy bieżącej:

$$C_t = K_t \cdot C_n :$$

Ubytki do naprawy drobnej:

$$C_d = K_d \cdot C_n$$

W wypadkach kiedy nie wszystkie sprawne samoloty biorą udział w lotach  $C_n = \beta n_s$  ( $\beta \leq 1$ ). Do określenia maksymalnie możliwej liczby samolotów współczynnik  $\beta$  przyjmuje się równym jedności.

2. Określa się bezpowrotne straty samolotów dla rozpatrywanego lotu z sumowaniem wyników z poszczególnych lotów:

$$C_{op} = C_b + C_k + C_s ; \sum C_{op_1} + C_{op_2} + \dots + C_{op_n} ;$$

3. Określa się rozporządzalny fundusz pasa roboczego na naprawę samolotów w przerwie między lotami:

$$Fr = \left[ W+D+Z / \sum C_{op} + C_t + C_d + \bar{C}_t + \bar{C}_d \right] \Delta \cdot t$$

gdzie:  $\Delta t$  - czas pracy w przerwie między lotami;  
określa się w zależności od wartości wyjściowych danych.

$$\Delta t = \frac{\Delta \tau}{L} \text{ albo } \Delta t = \frac{\Delta \tau \cdot a}{A}$$

Długość dnia roboczego w obliczeniach przyjmuje się w granicach  $\Delta \tau = 10 - 12$  godzin z uwzględnieniem czasu nieprodukcyjnego.

4. Określa się fundusz czasu roboczego potrzebny na wykonanie drobnej naprawy:

$$F_{p.d} = C_d + \bar{C}_d / t_d$$

Zazwyczaj  $F_{pd} < F_r$ . Oznacza to, że wszystkie samoloty wymagające drobnej naprawy będą gotowe do następnego lotu.

Jeżeli  $F_{pd} > F_r$  określamy ile samolotów w danym zakresie będzie naprawionych i ile pozostanie w naprawie do następnego lotu:

$$C_{w.d} = \frac{F_r}{t_d}$$

Wobec tego, w tym wypadku część samolotów wymagających naprawy drobnej i wszystkie samoloty wymagające naprawy bieżącej nie będą naprawione.

5. Jeżeli  $F_{pd} < F_r$  obliczamy ile samolotów kwalifikujących się do bieżącej naprawy będzie gotowych do następnego lotu:

$$C_{w.t.} = \frac{F_r - F_{p.d}}{t_t}$$

Wówczas, do następnego lotu / n+1 / pozostanie nienaprawionych samolotów:

$$\bar{C}_{tn} = C_{tn} + \bar{C}_t / n-1 / - C_{w.t.}$$

Wartość  $C_{t/n+1/}$  określa się na podstawie danych z poprzedniego lotu, a dla pierwszego lotu na podstawie faktycznej sprawności parku samolotowego. Należy zwrócić uwagę że  $C_{w.t.n.}$  nie może być większe od sumy  $C_{tn} + C_{t/n-1/}$  czyli że suma nie może być ujemną. Oznacza to że liczba naprawionych samolotów nie może być większą od liczby uszkodzonych.

6. Obliczamy maksymalnie możliwą liczbę samolotów, bojowe i wogóle bezpowrotne straty, ubytki do różnego rodzaju naprawy, liczbę naprawionych i nienaprawionych samolotów:

$$\begin{aligned}A &= \sum C_n = C_1 + C_2 + \dots + C_n \\ \sum C_b &= C_{b1} + C_{b2} + \dots + C_{bn} \\ \sum C_k &= C_{k1} + C_{k2} + \dots + C_{kn} \\ \sum C_s &= C_{s1} + C_{s2} + \dots + C_{sn} \\ \sum C_{op} &= C_{op1} + C_{op2} + \dots + C_{opn} \\ \sum C_{wt} &= C_{wt1} + C_{wt2} + \dots + C_{wtn} \\ \sum C_{wd} &= C_{wd1} + C_{wd2} + \dots + C_{wdn}\end{aligned}$$

Obliczenia wykonuje się z dokładnością do jednej dziesiątej. Po zakończeniu obliczeń wyniki zaokrąglamy do liczb całkowitych.

Pożądanym jest wykonać obliczenia w kilku wariantach, przyjmując różne współczynniki strat i ubytków do naprawy, jak również natężenie działań bojowych lotnictwa w celu znalezienia optymalnego rozwiązania.

Przykład tego obliczenia przytoczono w załączniku 5.01.

Wiersze obliczeniowej tablicy odpowiadają wyjściowym albo obliczeniowym danym. Każda rubryka dotyczy następnego lotu, którego kolejny numer podany jest w drugim wierszu. W pierwszym wierszu oznaczone są dni operacji. Najpierw określa się wszystkie obliczeniowe wielkości dla pierwszego lotu, następnie dane z 35 wiersza przenosi się do pierwszego wiersza następnego lotu i kontynuuje się obliczenia do uzyskania wyników końcowych dla ostatniego planowanego lotu.

Uwaga: W celu nagromadzenia materiałów, niezbędnych do wykonania i korygowania inżynierijno-operacyjnych obliczeń zaleca się oddziałom systematyczne zbieranie statystycznych danych dotyczących rozpatrywanych zagadnień.

Ustalając współczynniki strat bojowych i ubytków sprzętu lotniczego do naprawy, należy czas trwania operacji rozbić na dwa - trzy najbardziej charakterystyczne etapy /pierwsze i ostatnie dni operacji/. Współczynniki oblicza

się oddzielnie dla każdego etapu operacji wg wzorów:

$$K_b = \frac{\sum C_v}{A} ; \quad K_r = \frac{\sum C_r}{A}$$

gdzie:  $\sum C_r$  - liczba samolotów skierowanych do naprawy w określonym okresie operacji;

Po podziale samolotów wg rodzajów naprawy należy dla każdej grupy określić pracochłonność na podstawie wzoru:

$$T_{sr} = \frac{\sum T_r}{\sum C_r}$$

gdzie:  $\sum T_r$  - suma roboczogodzin zużytych na naprawę w danym zakresie wszystkich samolotów w liczbie  $\sum C_r$ .

Wyszczególnione końcowe wyniki celowo zapisywać do tablicy /tabl.Nr,7/. którą sporządza się oddzielnie dla każdego rodzaju lotnictwa.

Tablica 7

Lp.	Rodzaj naprawy	Współczynnik dla etapów operacji			Średnie współczynniki dla operacji	Średnia pracochłonność naprawy
		1	2	3		
1.	Straty bojowe					
2.	Naprawa kapitalna					
3.	Naprawa średnia					
4.	Naprawa bieżąca					
5.	Naprawa drobna					

5.02. OBLICZENIE POTRZEBNEJ ILOSCI SILNIKOW LOTNICZYCH NA OPERACJE I OKRESLENIE PRAWDOPODOBNEJ ZMIANY RESURSU SILNIKOW.

Obliczenia wykonuje się w celu uzasadnienia referatu meldunku dla dowódcy o możliwościach wykonania przez oddział, postawionego zadania bojowego na operację i terminowego zapotrzebowania brakującej ilości silników.

Kolejność obliczeń

$$D_o = D'_r + D_b + D_f;$$

$$D'_r = D_r \cdot \frac{Gr}{C_o};$$

$$D_r = \frac{R}{0,6 \cdot R_z},$$

$$R = h \cdot t / l + \frac{\delta \cdot 0,2}{100} /;$$

$$D_b = \frac{\alpha_b \cdot At_1}{100};$$

$$D_k = \frac{\alpha_k \cdot At_1}{100}$$

gdzie:

- $D_o$  - ilość silników potrzebna do zabezpieczenia operacji
- $D'_r$  - ilość silników potrzebna do zamiany na skutek zużycia resursu, szt;
- $D_b$  - ilość silników potrzebna do wymiany na skutek bojowych uszkodzeń, szt;
- $D_k$  - ilość silników potrzebna do wymiany na skutek wad konstrukcyjnych, fabrycznych i niewłaściwej eksploatacji, szt;
- $D_r$  - ilość silników, które zużyły resurs w czasie operacji, szt;
- $R$  - resurs silników zużyty w czasie operacji, w godz.

Dane wyjściowe

- $C_o$  - ilość samolotów przed operacją;
- $C_r$  - przewidywana ilość samolotów w końcu operacji;
- $A$  - planowana ilość samolotolotów w czasie operacji.
- $l$  - liczba silników na samolocie, szt;
- $R_z$  - resurs silnika określony przez zakład produkcyjny - godz;
- $h$  - planowana ilość lotów danego samolotu na dobę;
- $t$  - średnia długotrwałość jednego lotu, godz;
- $\delta$  - czas pracy silnika na ziemi, %;
- $\alpha_b$  - współczynnik strat bojowych/na 100 godz.pracy/.

$\alpha_k$  - współczynnik przedwczesnego wybudowania silników z powodu wad konstrukcyjnych, fabrycznych i niewłaściwej eksploatacji / na 100 godzin pracy/.  
Obliczenia wykonuje się z dokładnością do 0,01.  
Końcowy wynik należy zaokrąglić do liczby całkowitej.

### 5.03. OKRESLENIE POTRZEBNEJ ILOSCI ZAPASOWYCH AGREGATOW NA PLANOWANY OKRES SZKOLENIA BOJOWEGO.

Obliczenia potrzebnej ilości agregatów zapasowych na planowany okres wykonuje się w celu terminowego zamówienia ich w przemyśle względnie pobrania z centralnych magazynów.

Obliczenia pozwalają określić potrzebną ilość konkretnych agregatów na planowany okres szkolenia bojowego w zależności od planowanego czasu pracy danego agregatu z uwzględnieniem możliwości jego uszkodzenia w czasie magazynowania i eksploatacji.

#### Kolejność obliczeń

1. Przypuszczalna liczba uszkodzeń w procesie eksploatacji na planowany okres.

$$n_{sr.p.} = \lambda_p t_p^m$$

Otrzymane wyniki należy zaokrąglić do całości w stronę większej liczby.

2. Zapas gwarancyjny, niezbędny do zamiany uszkodzonych agregatów w czasie pracy:

$$R_1 = f / \beta, n_{sr.p.}$$

3. Przypuszczalna liczba uszkodzeń w czasie magazynowania zapasowych agregatów / w liczbie  $R_1$  / w planowanym okresie

$$n_{sr.m.} = \lambda_m t_m^{R_1}$$

Otrzymane wyniki zaokrągla się do całości w stronę większej liczby.

4. Zapas niezbędny do zamiany agregatów uszkodzonych w czasie magazynowania:

$$R_2 = f / \beta n_{sr.}$$

5. Wymagana ilość zapasowych agregatów danego typu

$$R = R_1 + R_2$$

Wielkości  $R=f / \beta, n_{sr.}, \lambda_p, \lambda_m$  / doбира się zgodnie z zaleceniami podanymi na str.....

Wyjściowe dane

- $t_e$  - okres eksploatacji/w latach/;
- $t_p$  - czas pracy, danego agregatu/ w godz./;
- $m$  - ilość danych agregatów w eksploatacji;
- $\lambda_p$  - współczynnik uszkodzeń agregatu w czasie pracy na 1 godz. pracy;
- $\lambda_m$  - intensywność uszkodzeń agregatów w czasie magazynowania na 1 rok magazynowania/.
- $\beta$  - prawdopodobieństwo, przy którym gwarancyjny zapas agregatów powinien zabezpieczyć normalną eksploatację sprzętu lotniczego do końca planowanego okresu.

5.04. OKRESLENIE POTRZEBNEJ ILOSCI CZĘŚCI ZAMIENNYCH I AGREGATÓW NA OPERACJE.

Obliczenia wykonuje się w celu terminowego uzupełnienia agregatów i części zamiennych, niezbędnych do zabezpieczenia planowanej liczby samolotolotów w czasie operacji.

Obliczenia pozwalają określić potrzebną ilość części zamiennych i agregatów w zależności od ich przypuszczalnego rażenia w czasie lotów bojowych, jak również w czasie eksploatacji w okresie operacji.

Kolejność obliczeń

1. Prawdopodobna ilość uszkodzeń na skutek rażenia

$$n_{\text{śr.b}} = A \cdot i \cdot \gamma^{K_{b.a}}$$

2. Prawdopodobna liczba uszkodzeń powstałych w procesie eksploatacji w czasie operacji;

$$n_{\text{śr.p.}} = A \cdot i \cdot t \cdot \lambda_p^{K_r}$$

3. Sumaryczna ilość uszkodzeń z obu wskazanych przyczyn

$$n_{\text{śr}} = n_{\text{śr.b}} + n_{\text{śr.p.}}$$

4. Potrzebna ilość zapasowych agregatów danego typu.

Wielkości  $R = f/\beta$ ,  $n_{\text{śr}}$ , oraz  $\lambda_p$ ,  $\gamma^{K_{b.a}}$ ,  $\chi$  określa się zgodnie z zaleceniami podanymi poniżej.

Dane wyjściowe

- A - planowana ilość samolotów;
- t - średnia długość jednego lotu/godz/;
- i - ilość agregatów danego typu na jednym samolocie;
- $\lambda_p$  - współczynnik uszkodzeń agregatów w czasie pracy /na 1 godz. pracy/;
- $\gamma$  - współczynnik ubytku samolotów do naprawy bieżącej i drobnej;
- $K_{b.a}$  - współczynnik rażenia agregatu na samolocie;
- $\chi$  - współczynnik ubytku agregatów, które nie nadają się do naprawy;
- $\beta$  - prawdopodobieństwo, przy którym gwarancyjny zapas agregatów powinien zabezpieczyć normalną eksploatację sprzętu lotniczego do końca operacji.
- $k_r$  - współczynnik uwzględniający naprawę agregatów w oddziale.

ZALECENIA DOTYCZĄCE DOBORU WSPÓŁCZYNNIKÓW

W omawianej metodzie obliczeń potrzebnej ilości części zamiennych i agregatów, szeroko stosuje się różnego rodzaju współczynniki. Większość z nich można ustalić na podstawie dostatecznie dużej ilości statystycznych danych z doświadczeń bojowego wykorzystania rozpatrywanego sprzętu i agregatów.

Dla przykładu podamy zalecenia odnośnie doboru niektórych współczynników.

Wielkość  $\lambda_p$  - współczynnik uszkodzeń agregatów w czasie pracy - aktualnie dla wielu agregatów samolotu jest znana /tabl. 9/.

Wielkość  $\lambda_m$  - współczynnik uszkodzeń agregatów w czasie magazynowania - nie jest jeszcze dostatecznie zbadana /brak danych statystycznych/.

Jednakże do orientacyjnych obliczeń można przyjąć

$\lambda_m = 1,001 - 0,05/$  w zależności od konstrukcyjnych właściwości agregatów i warunków magazynowania/. Tak np. dla prądnic

$\lambda_m = 0,001$ , dla odległościowych kompasów  $\lambda_m = 0,05$ .

Współczynnik ubytku samolotów do naprawy bieżącej  $K_t$ , zależy od typu samolotu, jego konstrukcyjnych właściwości, od bojowego przeciwdziałania przeciwnika i innych czynników.

W obliczeniach zaleca się przyjmować  $K_t = 0,2 - 0,3$   
Współczynnik rażenia agregatów na samolocie można  
orientacyjnie obliczyć wg wzoru;

$$K_{b.a} = K_{t.r} \frac{S_a}{S_s}$$

gdzie:  $K_{t.r}$  - współczynnik rażenia samolotu, jego  
wartość zazwyczaj bliska wartości współczy-  
nnika strat bojowych;

$S_a$  - powierzchnia rażenia agregatu;

$S_s$  - powierzchnia rażenia samolotu;

Współczynnik ubytku agregatów, które nie nadają  
się do naprawy  $X$  zależy od sposobu podejścia do naprawy  
uszkodzonych agregatów. Jeżeli przyjmujemy, że wszystkie  
uszkodzone agregaty zostaną wymienione, to  $X = 1$ .  
W pozostałych wypadkach, jeżeli sytuacja i środki naprawcze  
którymi dysponujemy pozwalają na naprawę agregatów, to  
wartość współczynnika przyjmujemy mniejszą od jedności  
 $X = 0,5 - 0,8$ . Większe wartości  $X$  odnoszą się do  
tych agregatów, których uszkodzone elementy można łatwo  
wymienić.

W czasie eksploatacji sprzętu lotniczego w oddziałach  
należy gromadzić i opracowywać statystyczne dane w celu  
określenia i korygowania wyjściowych danych do obliczeń.

W tabeli 10 podano wzór, wg którego należy gromadzić  
i opracowywać tego rodzaju statystyczne dane.

W czasie korzystania z tej tabeli niekiedy trzeba  
będzie wykonać interpolację liniową wartości  $R$  dla  
 $n_{sr}$  których brak w tabeli.

Przy interpolacji można skorzystać ze wzoru:

$$\xi = \frac{n_{alb.} - n_{tabl.mniejszy}}{n_{tabl.wiekszy} - n_{tabl.mniejszy}}$$

wówczas

$$R = R_{tabl.mniejszy} + \xi / R_{tabl.wiekszy} - R_{tabl.mniejszy},$$

Tablica 8

WARTOŚCI  $R = f \beta n_{sr}!$

$n_{sr} \beta$	0,80	0,85	0,90	0,95	0,98	0,99
2	3	3	4	4	5	5
3	4	5	5	6	7	8
4	6	6	7	7	8	9
6	8	8	9	10	11	12
8	10	11	12	13	14	15
10	13	13	14	15	17	18
20	24	24	26	27	29	31
30	34	36	37	39	41	43
40	45	46	48	50	53	55
50	56	57	59	62	65	67
60	66	68	70	73	76	78
80	87	89	92	95	99	101
100	108	110	113	116	120	124
200	210	216	219	222	228	233
300	312	320	325	330	335	340
500	516	521	527	535	542	552
1000	1020	1030	1040	1060	1070	1085

Uwaga przy  $n_{sr} \leq 0,5$  przyjmuje się  $R = 1$

przy  $0,5 < n_{sr} < 1$ ;  $n_{sr} = 1$ , a  $R = 2$

przy  $1 < n_{sr} < 2$ ;  $n_{sr} = 2$

Interpolację  $R$  wykonać do liczby oalkowitej, zaokrąglając ją w kierunku większej liczby.

WARTOSCI NIEKTORYCH WSPOLCZYNNIKOW DLA  
OSPRZETU LOTNICZEGO

Tablica 9

Nazwa agregatu	$\lambda_p \cdot 10^{-3}$	$\lambda_m$
Pulpit sterowania	0,67	
Wzmacniacz	0,8	
Mechanizmy sterowania	0,55	
Elektr. wskaźnik zakrętu	0,2	
Sztuczny horyzont	0,35	
Busola odległościowa	1,03	0,05
Żyropółkompas	1,4	
Przyrząd tlenowy	1,0	
Wskaźnik przepływu tlenu	0,32	
Cewka zapłonowa	0,01	
Akumulator tlenowy	0,5	
Srebrowo-cynkowy akumulator	1,0	
Automat ogrzewania oszklenia	0,2	
Dajnik bezwładnościowy	0,01	
Dajnik paliwomierza	0,009	
Przyspieszeniometer	0,01	
Przełącznik ciśnienia	0,008	
Elektryczne przyrządy pomiarowe	0,05	
Termopary	0,006	
Silniki elektryczne	0,02-0,1	
Prądnicie	0,01	$0,1-10^{-3}$
Przetwornice	0,5	
Żyroskopy	0,5	
Sprzęgła mechaniczne	0,01	
Zbiorniki paliwowe	0,001	

TABLICA DO OKRESLENIA WIELKOSCI  $\lambda_p$  I  $\lambda_m$  NA PODSTAWIE DOSWIADCZEN Z EKSPLOATACJI SPRZETU LOTNICZEGO.

Tablica 10

Nazwa agregatu	m	$t_p$	$n_p$	$\lambda_p = \frac{n_p}{m \cdot t_p}$	$t_e$	$R_1$	$n_M$	$\lambda_m = \frac{n_M}{t_e \cdot R_1}$

Uwaga: Oznaczenia  $m, t_p, t_e, n_p$  odpowiadają rozpatrywanym poprzednio, natomiast:

$R_1$  - ilość agregatów danego typu w magazynie

$n_m$  - ilość uszkodzeń agregatów magazynowanych w planowanym czasie;

$n_p$  - ilość uszkodzeń agregatów w procesie eksploatacji w czasie operacji.

5.05. OBLICZENIE POTRZEBNEJ ILOSCI SAMOLOTOW TRANSPORTOWYCH DO PRZEBAZOWANIA SKŁADU OSOBOWEGO I SPRZETU TECHNICZNEGO TRANSPORTEM POWIETRZNYM W WYZNACZONYM TERMINIE.

Obliczenia do przebazowania wykonuje się na szczeblu oddziału lotniczego w czasie przygotowania do przebazowania,

Przebazowanie może być realizowane przy pomocy transportu samochodowego, powietrznego i kolejowego.

Wskazane jest wykonywanie podobnych obliczeń z uwzględnieniem wszelkich możliwych wariantów przebazowania.

Zazwyczaj wykonuje się jeden z następujących

wariantów obliczeń.

1. Określa się potrzebną ilość środków transportowych /jednostek/ określonego typu przy wyznaczonym przez d-two czasie na przebazowanie.
2. Określa się czas potrzebny na przebazowanie przy dysponowanych środkach transportowych.

Dane wyjściowe

- $Q_u$  - ciężar ładunku /kg/  
 $Q_{cz}$  - średni ciężar człowieka  $Q_{cz} \approx 90$  kg  
 $J_{cz}$  - liczba osób przewożonych transportem powietrznym  
 $R$  - promień przebazowania /km/  
 $C_h$  - godzinowe zużycie paliwa / kg/godz/  
 $V$  - prędkość podróży / km/godz/  
 $Q_c$  - całkowita pojemność instalacji paliwowej  
 $Q_p$  - ciężar pustego samolotu /kg/  
 $Q_s$  - ciężar startowy /kg/  
 $k_w$  - współczynnik uwzględniający przystosowanie samolotu do transportu ładunku /  $k_w = 1,5$  /  
 $t_p$  - pomocniczy czas lotu/kołowanie, start, wznoszenie, szybowanie, lądowanie /min/.  
 $t_z$  - czas załadunku i rozładunku ludzi/min/  
 $t_{z.w}$  - czas załadunku i rozładunku sprzętu technicznego/min/  
 $t$  - wyznaczony czas na przebazowanie.

W obliczeniach przyjęto szereg założeń, a mianowicie: Każdy samolot transportowy tankuje się paliwem w ilości wystarczającej na przelot na nowe lotnisko bazowania i z powrotem.

Ponadto dodatkowo tankuje się paliwem w ilości 20% całkowitej pojemności instalacji paliwowej samolotu, na wykonanie wznoszenia, szybowania, lądowania i nie przewidziane zużycie.

Zakłada się, że lot wykonuje się w zasadzie na prędkości podróży. Jeżeli warunek ten nie jest spełniony, to w obliczeniach należy przyjmować wartości godzinowego zużycia paliwa odpowiadające faktycznemu zakresowi lotu.

Kolejność obliczeń.

1. Zużycie paliwa na lot poziomy  $Q_{lp}$  na jeden przelot do miejsca przebazowania i z powrotem:

$$Q_{lp} \approx \frac{2 C_h R}{V}$$

2. Niezbędny zapas paliwa  $Q$  z uwzględnieniem zużycia na wznoszenie, szybowanie i nie przewidziane czynności.

$$Q = Q_p + 0,2 Q_o$$

3. Maksymalnie dopuszczalny ciężar ładunku jednego samolotu transportowego:

$$Q_d = Q_s - Q_p - Q$$

4. Skład osobowy przebazowany w jednym locie:

$$n = \frac{Q_d}{Q_{cz}}$$

5. Niezbędna ilość samolotolotów do przebazowania całego składu osobowego:

$$Z_{s.o} = \frac{I_{oz}}{n}$$

Wynik zaokrąglić do całości w kierunku większej liczby.

6. Niezbędna ilość samolotolotów do przebazowania sprzętu technicznego:

$$Z_t = \frac{kw Q_u}{Q_d}$$

Wynik zaokrąglić w kierunku większej liczby.

7. Sumaryczna ilość samolotolotów niezbędnych do przebazowania składu osobowego i sprzętu technicznego

$$Z = Z_{s.o} + Z_t$$

8. Czas lotu poziomego samolotu w jednym kierunku w min:

$$t_{l.p.} = \frac{R}{V} \cdot 60$$

9. Czas zużyty na przebazowanie składu osobowego jednym lotem samolotu i powrotu na stare lotnisko:

$$t_1 = 2t_{l.p.} + t_p + t_z$$

gdzie:  $t_p$  - czas zużyty na kołowanie, start, wznoszenie, szybowanie i lądowanie przy lotach do miejsca przebazowania i z powrotem.

10. Maksymalnie-możliwą ilość lotów jednego samolotu przebazowującego skład osobowy:

$$X_{s.o} = \frac{t}{t_1}$$

Przyjmuje się tylko część całkowitą.

11. Ogólna ilość samolotów transportowych niezbędnych do przerzutu składu osobowego

$$S_{s.o} = \frac{Z_{s.o}}{X_{s.o}}$$

12. Czas zużyty na przebazowanie sprzętu technicznego/ z jego załadowaniem/ w jednym locie:

$$t_2 = 2t_{lp} + t_p + t_{z.w}$$

13. Maksymalnie-możliwa liczba lotów jednego samolotu:

$$X_t = \frac{t}{t_2}$$

Przyjmuje się tylko część całkowitą.

14. Potrzebna ilość samolotów transportowych do przebazowania sprzętu technicznego:

$$S_t = \frac{Z_t}{X_t}$$

Wynik obliczenia zaokrąglamy do całości w kierunku większej liczby.

15. Ogólna ilość samolotów transportowych potrzebnych do przebazowania składu osobowego i sprzętu technicznego w ograniczonym czasie:

$$S = S_{s.o} + S_t$$

5.06. OBLICZENIE POTRZEBNEJ ILOSCI SAMOCHODOW DO PRZEBAZOWANIA SKŁADU OSOBOWEGO I SPRZĘTU TECHNICZNEGO W WYZNACZONYM TERMINIE.

Dane wyjściowe

- $Q_u$  - ciężar ładunku / kg/  
 $Q_{cz}$  - średni ciężar człowieka /kg/  $Q_{cz} \approx 90$  kg  
 $J_{cz}$  - stan liczbowy naziemnego składu osobowego  
 $I_k$  - liczba konwojentów transportu  
 $N_a$  - norma określająca ilość pasażerów

- $k_w$  - współczynnik uwzględniający przystosowanie samochodu do transportu ładunku/ w orientacyjnych obliczeniach przyjmuje się  $k_w = 1,5/$ .
- $Q_A$  - udźwig samochodu /kG/
- $R$  - odległość przebazowania /km/
- $V_{t0}$  - prędkość techniczna samochodu z ładunkiem /km/godz/.
- $T_0$  - czas zużyty na odpoczynek w drodze do celu przebazowania /min/.
- $T_{zw}$  - czas zużyty na załadunek i rozładunek /min/
- $V_{t'o}$  - prędkość techniczna bez ładunku /km/godz/
- $T'_0$  - czas zużyty na odpoczynek w drodze powrotnej od celu /min/.
- $t$  - czas wyznaczony na przebazowanie /min/

Kolejność obliczeń

1. Ilość samocho-do-kursów potrzebnych do przewiezienia składu osobowego

$$Z_{s.o} = \frac{I_{cg} - I_w}{n_A}$$

2. Ilość samocho-do-kursów potrzebnych do przewiezienia sprzętu technicznego

$$Z_t = \frac{k_w Q_u + j_w Q_{oz}}{Q_A}$$

3. łączna ilość potrzebnych samocho-do - kursów

$$Z_A = Z_{s.o} + Z_t$$

Wynik zaokrąglić do całości w kierunku większej liczby

4. Czas jazdy kolumny samochodowej

$$T_j = \frac{R}{V_t} \cdot 60$$

5. Czas samocho-do-kursu do miejsca przebazowania

$$T_k = T_j + T_0 + T_{z.w}$$

6. Czas powrotnej jazdy kolumny samochodowej.

$$T_p = \frac{R}{V_{t'o}} = 60$$

Jeżeli kolumna odpoczywała w drodze, to czas powrotnej jazdy będzie wynosił:

$$T'_p = T_p + T'_0$$

7. Maksymalnie-możliwa ilość kursów kolumny samochodowej w czasie przebazowania:

$$X_A = \frac{t}{T_k + T'_p}$$

Wynik zaokrąglić do całości w kierunku większej liczby.

8. Ogólna ilość samochodów niezbędnych do przebazowania składu osobowego i sprzętu technicznego w wyznaczonym przez d-two czasie.

$$S_A = \frac{Z_A}{X_A}$$

Wynik zaokrąglić do całości w kierunku większej liczby. Parametry czasowe określa się z dokładnością do minuty. Otrzymane wyniki załącza się do zamówienia na samochodowe środki transportu na przebazowanie.

#### 5.07. OBLICZENIE CZASU PRZEBAZOWANIA SKŁADU OSOBOWEGO I SPRZĘTU TECHNICZNEGO PRZY OGRANICZONEJ ILOŚCI TRANSPORTU POWIETRZNEGO.

##### Dane wyjściowe

- $Q_u$  - ciężar ładunku / kg/;  
 $Q_{oz}$  - średni ciężar osłowieka /  $Q_{oz} \approx 90$  kg/;  
 $I_{oz}$  - stan liczbowy składu osobowego /osób/;  
 $S_o$  - ilość przydzielonych samolotów transportowych;  
 $R$  - promień przebazowania /km/;  
 $C_h$  - godzinowe zużycie paliwa / kg/ godz/;  
 $v$  - prędkość podróżna /km/godz/;  
 $Q_o$  - całkowita pojemność instalacji paliwowej /kg/;  
 $Q_p$  - ciężar pustego samolotu /kg/;  
 $Q_s$  - ciężar startowy /kg/;  
 $k_w$  - współczynnik uwzględniający przystosowanie samolotu do transportu ładunku;  $k_w = 1,5$   
 $t_p$  - pomocniczy czas lotu / min/;  
 $t_z$  - czas załadunku i rozładunku ludzi /min/;  
 $t_{zw}$  - czas załadunku i rozładunku sprzętu technicznego /min/.

Matematyczne wyrażenie obliczenia.

Sposób tego obliczenia jest analogiczny jak w obliczeniu 5.05. Pierwsze 9 punktów pozostają bez zmian.

10. Potrzebna ilość samolotolotów, którą wykona każdy samolot transportowy wydzielony do przewozu składu osobowego

$$M_{s.o} = \frac{Z_{s.o}}{S_{s.o}}$$

Wynik zaokrąglić do całości w kierunku większej liczby.

11. Łączny czas zużyty na przebazowanie składu osobowego:

$$\sum t_1 = M_{s.o} \cdot t_1$$

12. Czas zużyty na przebazowanie sprzętu technicznego/łącznie z załadunkiem i rozładunkiem/ w jednym locie:

$$t_2 = 2t_{lp} + t_p + t_{z.w}$$

13. Potrzebna ilość samolotolotów, którą wykona każdy samolot w czasie przebazowania sprzętu technicznego;

$$M_t = \frac{Z_t}{S_t}$$

Wynik zaokrąglić do całości w kierunku większej liczby.

14. Łączny czas zużyty na przebazowanie sprzętu technicznego:

$$\sum t_2 = M_t \cdot t_2$$

Wydzielone samoloty transportowe należy rozdzielić do przewozu składu osobowego i sprzętu technicznego tak, żeby ich przebazowanie zakończyć jednocześnie. Wówczas bowiem łączny czas na przebazowanie osiągnie wartość minimalną.

Zgodnie z warunkami optymalizacji

$$\sum t_1 = \sum t_2 \quad \text{tj} \quad M_{s.o} \cdot t_1 = M_t \cdot t_2$$

albo: 
$$\frac{Z_{s.o}}{S_{s.o}} t_1 = \frac{Z_t}{S_t} \cdot t_2$$

wobec tego 
$$\frac{S_{s.o}}{S_t} = \frac{Z_{s.o}}{Z_t} \cdot \frac{t_1}{t_2}$$

$$\text{albo } S_t = \frac{S}{1 + \frac{Z_{s.o}}{Z_t} \frac{t_1}{t_2}}$$

Wynik zaokrąglić do najbliższej liczby całkowitej wówczas

$$S_{s.o} = S - S_t$$

Otrzymane wzory pozwalają najbardziej racjonalnie podzielić przydzielone do przebazowania środki transportu powietrznego.

Przy tym za czas przebazowania przyjmuje się większą wartość otrzymaną z dwóch poniżej podanych wzorów:

$$t_{s.o} = S_{s.o} t_1$$

$$t_t = S_t \cdot t_2$$

gdzie:  $t_{s.o}$  - czas przebazowania składu osobowego

$t_t$  - czas przebazowania sprzętu technicznego

#### 5.08. OBLICZENIE CZASU PRZEBAZOWANIA SKŁADU OSOBOWEGO I SPRZETU TECHNICZNEGO PRZY OGRANICZONEJ ILOŚCI SAMOCHODÓW TRANSPORTOWYCH

##### Dane wyjściowe

$Q_u$  - ciężar ładunku / kg/

$Q_{cz}$  - średni ciężar człowieka,  $Q_{cz} \approx 90$  kg

$I_{oz}$  - stan liczebny naziemnego składu osobowego

$I_k$  - liczba konwojentów transportu;

$S_A$  - ilość wydzielonych samochodów;

$N_A$  - norma określająca ilość pasażerów;

$k_w$  - współczynnik uwzględniający przystosowanie samochodu do transportu ładunku;

$Q_A$  - udźwig samochodu /kg/;

$R$  - odległość przebazowania /km/;

$V_t$  - prędkość techniczna samochodu z ładunkiem /km/godz/;

$T_o$  - czas zużyty na odpoczynek w drodze do celu przebazowania /min/;

$T_{z.w}$  - czas zużyty na załadunek i rozładunek /min/

$V_{to}$  - prędkość techniczna samochodu bez ładunku /km/godz/;

$T'_0$  - czas zużyty na odpoczynek w drodze powrotnej od celu /min/.

Kolejność obliczeń

Sposób obliczeń analogiczny jak w obliczeniu 5.06.

Pierwsze 6 punktów pozostaje bez zmiany.

7. Potrzebna ilość kursów kolumny samochodowej

$$X_A = \frac{Z_A}{S_A}$$

wynik zaokrąglić do całości w kierunku większej liczby.

8. Czas potrzebny do przebazowania składu osobowego i sprzętu technicznego.

$$t = T_k \cdot X_A + T_p / X_A - 1/$$

5.09. OBLICZENIE CZASU HOLOWANIA SAMOLOTOW NA START PRZY OGRANICZONEJ LICZBIE CIĄGNIKOW .

Dane wyjściowe

- S - droga holowania /km/;
- $V_h$  - prędkość ciągnika w czasie holowania samolotu km/godz;
- $V_{hp}$  - prędkość ciągnika w drodze powrotnej km/godz
- $I_h$  - ilość samolotów przewidzianych do holowania;
- $I_o$  - ilość ciągników;
- $t_{p.o}$  - czas doczepiania samolotu do ciągnika /min/;
- $t_{o.o}$  - czas odczepiania samolotu od ciągnika /min/;

Kolejność obliczeń.

1. Czas holowania jednego samolotu:

$$t_1 = t_{pc} + t_{oc} + \frac{S}{v_m} \cdot 60$$

2. Czas drogi powrotnej:

$$t_2 = \frac{S}{v_{hp}} \cdot 60$$

3. Liczba samolotów, które będą holowane jednym ciągnikiem;

$$I_{h1} = \frac{I_h}{I_o}$$

Rezultat zaokrąglić do całości.

4. Czas holowania samolotów oddziału lotniczego:

$$t = t_1 + t_2 / J_{h_1} - 1 /$$

5.10. OBLICZENIE CZASU NA PRZYGOTOWANIE SAMOLOTU DO LOTU Z UWZGLĘDNIENIEM POMOCY SPECJALISTÓW O INNYCH KWALIFIKACJACH, KTÓRZY CZĘŚĆ CZASU POSWIECAJĄ NA INNE PRACE.

Obliczenie pozwala określić czas potrzebny na przygotowanie samolotu do lotu z uwzględnieniem współpracy specjalistów o innych kwalifikacjach.

Kolejność obliczeń

$$T = \frac{t_2}{b} + \frac{L}{v} + \frac{t_1 - \frac{t_2}{b} + \frac{L}{v} a}{k \cdot b + a}$$

gdzie: T - czas potrzebny na przygotowanie samolotu /godz/

Dane wyjściowe

- $t_1$  - czas potrzebny na przygotowanie samolotu wyznaczony w roboczo-godzinach;
- $t_2$  - czas potrzebny na wykonanie innych prac wyrażony w roboczo-godzinach;
- a - liczba specjalistów biorących udział w przygotowaniu samolotu;
- b - liczba specjalistów biorących udział w innych pracach;
- k - współczynnik zamienności specjalistów / $k = 0,7$ /
- L - odległość od samolotu do miejsca innych prac /km/
- v - prędkość marszu /km/godz/.

Obliczenia wykonuje się z dokładnością do 0,01.

Wynik zaokrąglić do 0,1.

5.11. OBLICZENIE POTRZEBNEJ ILOSCI AGREGATÓW I CZĘŚCI ZAMIENNYCH, KTÓRYCH ZUŻYCIĘ PRZEWIDUJE SIĘ W CZASIE OPERACJI.

Obliczenia wykonuje się w celu określenia prawdopodobnego zużycia sprzętu technicznego w czasie operacji, na którą należy złożyć zamówienie w celu uzupełnienia rezerw.

Dane wyjściowe

- N - potrzebna ilość danych agregatów względnie części zamiennych na okres operacji;
- A - przypuszczalna ilość samolotów;
- h - ilość agregatów lub części zamiennych danego typu na jeden samolot;
- $\gamma$  - współczynnik ubytku samolotów do naprawy bieżącej i drobnej z powodu bojowych uszkodzeń;
- $k_{ba}$  - współczynnik rażenia danego agregatu /części/
- $\sigma$  - współczynnik określający część samolotów sprawnych i naprawionych w zakresie naprawy bieżącej i drobnej;
- $\theta$  - średni czas faktycznej danego agregatu /części/ w godz;
- R - rezerw techniczny danego agregatu /części/ w godz.
- $\beta$  - współczynnik uszkodzenia danego agregatu / charakterystyka niezawodności/.
- $K_b$  - współczynnik strat bojowych samolotów;
- $K_k$  - współczynnik ubytku samolotów do naprawy kapitalnej
- $K_s$  - współczynnik ubytku samolotów do średniej naprawy.

Kolejność obliczeń

$$N = A \cdot h \left[ \gamma K_{ba} + \sigma \left( \frac{\theta}{R} + \beta \frac{R}{10} \right) \right]$$

$$\sigma = 1 - / K_b + K_k + K_s /$$

Wynik zaokrąglić do całości.

§. 6. OBLICZENIA OPERACYJNO- TYŁOWE

6.01. OPACOWANIE PLANU ZABEZPIECZENIA MATERIAŁOWEGO AL NA OPERACJE.

Zasadniczym celem opracowania planu zabezpieczenia materiałowego jest porównanie potrzeb środków materiałowych na operację ze stanem faktycznym tych środków znajdujących się w AL, umożliwiające podjęcie przedsięwzięć przyspieszających dostawę brakujących rodzajów środków materiałowych z centralnych organów zaopatrujących lub zmniejszających potrzeby poprzez zmniejszenie natężenia działań bojowych.

Obliczenia w planie zabezpieczenia materiałowego wykonuje się na uprzednio ustaloną ilość rodzajów środków materiałowych, których zużycie związane jest z zabezpieczeniem działań bojowych. Poszczególne nomenklatury umownie połączono w osiem rodzajów /grup/ środków materiałowych:

1. Bomby - do 30 nomenklatur
2. Naboje - do 5 nomenklatur
3. Rakiety kierowane - do 10 nomenklatur
4. Rakiety, niekierowane - do 5 nomenklatur
5. Paliwa - do 5 nomenklatur
6. Zbiorniki dodatkowe - do 10 nomenklatur
7. Dipolowe, elementy odbijające - do 10 nomenklatur
8. Silniki - do 10 nomenklatur.

Obliczenia w planie zabezpieczenia materiałowego wykonuje się dla każdego oddziału/ pułku/ oddzielnie z rozbiorem na typy samolotów znajdujące się w tych oddziałach. Potrzeby danego rodzaju środków materiałowych określa się na okresy operacji, z uwzględnieniem zapasu przechodniego, w zależności od założonego natężenia działań bojowych /wydzielonego limitu wylotów/. Rozdziału dostaw danego rodzaju środków materiałowych, planowanych przez centralne organy, dokonuje się według średniego współczynnika zabezpieczenia z uwzględnieniem stanu zapasu tych środków na lotniskach i w składach AL. Obliczenia każdego rodzaju środków materiałowych prowadzi się nie tylko w jednostkach wagowych, ilościowo w wylotach i jednostkach ognia/ jednostkach napełniania itp/ dla określonego typu samolotu, ale także ilościowo w pułkowych, dywizyjnych i armijnych wylotach i jednostkach ognia dla wszystkich typów samolotów pułków lotniowych, dywizji i armii zużywających dany rodzaj środków materiałowych.

W związku z tym, że przy opracowaniu planu zabezpieczenia materiałowego na dowolny rodzaj środków materiałowych wykorzystuje się jednakowe, ogólne dane wyjściowe dotyczące stanu ilościowego samolotów znajdujących się w pułkach, współczynników ukompletowania samolotów i ich gotowości bojowej, pożądanym jest zebrać je w oddzielną tablicę ogólnych danych wyjściowych/ wzór tablicy, przedstawiony jest w załącznikach do poradnika metodycznego - arkusz obliczeń 6.01/.

Wypełnioną tablicę ogólnych danych wyjściowych zakłada się do arkusza obliczeń danego rodzaju środków materiałowych, na które będą wykonywane obliczenia do planu zabezpieczenia materiałowego / numery rubryk arkusza obliczeń są przedłużeniem numerów rubryk tablicy/. Przygotowanie takiej tablicy w kilku egzemplarzach pozwala wykonawcom jednocześnie wykonywać obliczenia kilku rodzajów środków materiałowych. Tablice te mogą być wykorzystane także przy opracowaniu planu zaopatrzenia.

Na podstawie sporządzonego planu zabezpieczenia materiałowego, organa tyłowe AL opracowują informację - meldunek dla dowódcy o stanie zabezpieczenia AL w podstawowe rodzaje środków materiałowych na okres planowanej operacji.

Różnice w przeprowadzaniu kalkulacji planu zabezpieczenia materiałowego na poszczególne rodzaje środków materiałowych są nieistotne.

Jako przykład rozpatrzmy wykonanie obliczeń do planu zabezpieczenia materiałowego na jeden z rodzajów amunicji - bomby.

#### Dane wyjściowe

- $A_1$  - statowa ilość samolotów 1 - tego typu ;
- $F_1$  - faktyczna ilość samolotów 1 - tego typu;
- $B_1$  - ilość samolotów 1 - tego typu znajdujących się w gotowości bojowej;
- $k_{u 1}$  - współczynnik ukończenia 1 - tego typu samolotów;
- $k_{gb 1}$  - współczynnik gotowości bojowej 1 - tego typu samolotów;
- $k_{z 1}$  - współczynnik zużycia j - tego rodzaju amunicji w czasie jednego wylotu 1 - tego typu samolotu;
- $k_{w 1j}$  - współczynnik wylotów lub procentowa ilość j - tego rodzaju amunicji w jednej jednostce ognia 1 - tego typu samolotów;
- $\bar{C}_{1j}$  - średnie obciążenie bombowe 1 - tego typu samolotów  
j - tym rodzajem amunicji / kg, t/

Uwaga: Wartości  $\bar{C}_{1j}$ , które są w danym obliczeniu wyjściowym, określa się na podstawie oddzielnych obliczeń, metodyka których podana jest w dyrektywie sztabu głównego lotnictwa /ZSRR - przyp. tłumacza /Nr. 334597 z dnia

28.2. 1962r.

$J_{lf}$  - założone natężenie działań bojowych, lub ilości wylotów  
l - tego typu samolotów w czasie f - tego okresu operacji;

$C_j$  - ilość j- tego rodzaju amunicji dostarczona z organów  
centralnych / kg, t/.

$C_{lot j}$  - ilość l - tego rodzaju amunicji znajdującej się na  
lotnisku kg, t/.

$C_{ALj}$  - ilość j - tego rodzaju amunicji znajdującej się w składach  
AL kg,t/.

Matematyczna postać obliczenia

1. 
$$k_u = \frac{F_1}{A_1}$$

2. 
$$k_{gb} = \frac{B_1}{F_1}$$

W tych wypadkach, kiedy  $k_u$  i  $k_{gb}$  są założone wartości  $F_1$  i  $B_1$  można nie określać, ponieważ w dalszych obliczeniach nie będą wykorzystywane.

3.  $k_{o lj} = k_u \cdot k_{gb} \cdot k_z \cdot k_w$

gdzie:  $k_{o lj}$  - ogólny współczynnik zużycia j-tego rodzaju amunicji przez l-ty typ samolotu.

4.  $G_{jo lj} = A_1 \cdot \Theta$

gdzie  $G_{jo lj}$  - waga jednej jednostki ognia j-tego rodzaju amunicji dla samolotu l-tego typu [kg,t.]

5.  $G_w lj = G_{jo lj} \cdot k_{o lj}$

gdzie:  $G_w lj$  - waga j - tego rodzaju amunicji jednego wylotu samolotów l-tego typu kg,t.

6.  $G_{am lj} = J_{lf} : G_w lj$

gdzie:  $G_{am lj}$  - waga j - tego rodzaju amunicji potrzebnej do wykonania założonego natężenia działań bojowych / wydzielonego limitu lotów/ samolotami l-tego typu o czasie f - tego okresu operacji [kg,t].

$$7. \quad N_{jo \quad l j f} = \frac{G_{am \quad l j f}}{G_{jo \quad l j}}$$

gdzie:  $N_{jo \quad l j f}$  - ilość jednostek ogniaj- tego rodzaju amunicji potrzebnych do wykonania założonego natężenia działań bojowych /wydzielonego limitu lotów/ samolotami l-tego typu w czasie f - tego okresu operacji.

$$8. \quad N_{am \quad l j} = \sum^f G_{am \quad l j f}$$

gdzie  $N_{am \quad l j}$  - ogólne potrzeby j - tego rodzaju amunicji dla l-tego typu samolotów na wszystkie okresy operacji [kg,t]

$$9. \quad k_{sr \quad j} = \frac{\sum^l \cdot C_{lot \quad j} + C_{AL \quad j} + C_j}{\sum^l \cdot N_{am \quad l j}}$$

gdzie:  $k_{sr \quad j}$  - średni współczynnik zabezpieczenia AL j - tym rodzajem amunicji.

Uwaga: Jeżeli po określeniu średniego współczynnika wartość jego będzie większa od jedności lub równa zero, to w dalszych obliczeniach wartość  $k_{sr}$  przyjmuje się równą jedności, tzn, przy  $k_{sr} > 1$  i  $k_{sr} = 0$ , wartość  $k_{sr} = 1$ .

$$10. \quad W_{lj} = k_{sr} \cdot N_{am \quad l j} - C_{lot \quad j}$$

gdzie:  $W_{lj}$  - wydzielona ilość j- tego rodzaju amunicji dla samolotów l-tego typu [kg,t]

$$11. \quad G_{roz \quad l j} = W_{lj} + C_{lot \quad j}$$

gdzie:  $G_{roz \quad l j}$  - waga j - tego rodzaju amunicji jaką będą posiadały samoloty l-tego typu po dokonaniu rozdziału [kg,t].

$$12. \quad G_{brak \quad l j} = G_{roz \quad l j} - N_{am \quad l j}$$

gdzie:  $G_{brak \quad l j}$  - waga brakującej ilości j-tego rodzaju amunicji dla samolotów l-tego typu [kg,t] .

Celem otrzymania sumarycznych danych określonych wielkości za pułk, dywizję, rodzaj lotnictwa i armię lotniczą przeprowadza się sumowanie tych wielkości, dla pułku - wyniki obliczeń za poszczególne typy samolotów znajdujących się w danym pułku, dla dywizji - wyniki obliczeń na pułki wchodzące w skład danej dywizji, dla rodzaju lotnictwa - wyniki obliczeń na dywizje wchodzące w skład danego rodzaju lotnictwa i dla armii lotniczej - wyniki obliczeń na poszczególne rodzaje lotnictwa. Kolejność wykonania obliczeń planu zabezpieczenia materiałowego na konkretnym przykładzie pokazano na arkuszu obliczeniowym 6.01 załączników do poradnika metodycznego. W rubrykach, w których nie została podana kolejność wykonania działań arytmetycznych przyjmuje się te dane, które są danymi wyjściowymi. Obliczenia wykonuje się z dokładnością do 0,01 ostateczne wyniki zaokrągla się do 0,1.

#### 6.02. PLAN ZAOPATRZENIA AL W ŚRODKI MATERIAŁOWE NA OPERACJE

Plan zaopatrzenia AL w środki materiałowe na operację w odróżnieniu od planu zabezpieczenia materiałowego sporządza się nie na rodzaje środków materiałowych, lecz na każdą nomenklaturę środków materiałowych oddzielnie.

Plany zaopatrzenia obejmujące podstawowe nomenklatury środków materiałowych / do 80/ są dokumentami roboczymi oficerów służb tyłowych w zakresie organizacji terminowego zabezpieczenia oddziałów i związków AL w środki materiałowe na operację. Obliczenia w planie zaopatrzenia wykonuje się w jednostkach bezwzględnych. Podczas opracowania planu zaopatrzenia wykorzystuje się niektóre wyniki uprzednio wykonywanych obliczeń do planu zabezpieczenia materiałowego dla tego rodzaju środków materiałowych, w skład którego wchodzi dana nomenklatura.

Jako przykład rozpatrzmy opracowanie planu zaopatrzenia na jedną z nomenklatur bomb lotniczych.

##### Dane wyjściowe

- $g_1$  - waga jednej bomby lotniczej i - tego typu      kg,t
- $Q_{b_1}$  - ogólne obciążenie bombowe l-tego typu samolotów      kg,t
- $n_1$  - procentowa ilość bomb lotniczych i-tego typu w obciążeniu bombowym l-tego typu samolotu /wg/ dyrektywy/;

$H_{\text{ład}}$  - normy ładowności bomb lotniczych 1-tego typu na samochody i wagony kolejowe / podane w podręczniku traktującym o przechowywaniu i ochronie amunicji w składach i bazach lotnictwa, Wejenzdat 1957r;/  
/można korzystać również z "Instr. lotnictwa. Służba zaopatrzenia WL i OPL OK, cz. II - Służba uzbrojenia i amunicji lotniczej". wyd. polskie, sygn. Lot.313/59 W-wa 1960 r. przyp. tłumacza/;

Matematyczna postać obliczenia

$q_{11} = Q_{bl} \cdot \eta_1$  - waga bomby lotniczej 1-tego typu w jednostce ognia jednego samolotu 1-tego typu [kg,t] ;

$d_{11} = \frac{q_{11}}{g_1}$  - ilość bomb lotniczych 1-tego typu w jednej jednostce ognia jednego samolotu 1-tego typu [szt]

$D_{11} = A_1 \cdot d_{11}$  - ilość bomb lotniczych 1-tego typu w jednej jednostce ognia wszystkich samolotów 1-tego typu [szt];  
/w tym i przy następnych obliczeniach zaokrąglenie do całości wykonywać dodawaniem 0,5/;

$D_{f11} = N_{jof} \cdot D_{11}$  - ilość bomb 1-tego typu potrzebna do wykonania zadań samolotami 1-tego typu w czasie f-tego okresu operacji /szt/;

$N_{\text{sam}} = \frac{W_{1j}}{H_{\text{ład}}}$  - potrzebna ilość samochodów do przewozu wydzielonej ilości bomb lotniczych 1-tego typu.

Na arkuszu obliczeniowym 6.02. załączników do poradnika metodycznego podano przykład obliczeń do planu zaopatrzenia w bomby lotnicze o wagomiarze 250 kg. Wykorzystywane do tych obliczeń niektóre wyniki z planu zabezpieczenia materiałowego zostały oznaczone znakiem /<sup>1</sup>. Na przykład /15/ . /18/<sup>1</sup> oznacza, że wartość rubryki 15 planu zaopatrzenia mnoży się przez odnośną wartość rubryki 18 planu zabezpieczenia materiałowego.

### 6.03. OBLICZENIE POTRZEB SILNIKÓW LOTNICZYCH NA OPERACJE

Orientacyjne obliczenia potrzeb silników lotniczych wykonywane są przez służby tyłowe celem ustalenia nieodzownie potrzebnej ilości tych silników na operację.

Matematyczna postać obliczenia

$$P_1 = \frac{A_1 \cdot n_1 \cdot t_1 \cdot k_{gb} \cdot k_u \cdot J}{R_{siln} \cdot k_{res}}$$

$$P_2 = \frac{A_1 \cdot n_1 \cdot t_1 \cdot k_{gb} \cdot k_u \cdot k_{uszk} \cdot I}{100}$$

$$P_3 = \frac{A_1 \cdot n_1 \cdot t_1 \cdot k_{gb} \cdot k_u \cdot k_{ekspl} \cdot J}{100}$$

gdzie:

$$N_{siln} = P_1 + P_2 + P_3 ;$$

$P_1$  = ilość silników jaka może być wymieniona z powodu wypracowania resursu;

$P_2$  - ilość silników jaka może być wymieniona z powodu uszkodzeń powstałych w czasie walki;

$P_3$  - ilość silników jaka może być wymieniona z powodu niesprawności wynikłych w procesie eksploatacji;

$N_{siln}$  - ogólna ilość silników potrzebnych na operację.

Dane wyjściowe

$A_1$  - statowa ilość samolotów 1-tego typu;

$k_{gb}$  - współczynnik gotowości bojowej;

$k_u$  - współczynnik ukompletowania;

$n_1$  - ilość silników na jednym samolocie 1-tego typu;

$t_1$  - średni czas przebywania w powietrzu samolotu 1-tego typu /godz/;

$J$  - natężenie / ilość wylotów w czasie operacji/;

$R_{siln}$  - resurs, ustalony dla danego typu silnika /godz/;

$k_{res}$  - współczynnik resursu;

$k_{uszk}$  - współczynnik uszkodzeń /ilość uszkodzeń na 100 samolotów/;

$k_{ekspl}$  - współczynnik eksploatacji na 100 samolotów.

Rezultaty obliczeń zaokrągla się do całych w górę.

6.04. OKRESLENIE POTRZEBNEJ NA OPERACJE ILOSCI CIEKŁEGO  
TLENU ŁADOWANEGO DO SAMOLOTÓW

Matematyczna postać obliczenia

$$N_{\text{tlen}} = \frac{S_{\text{par}} + Z_{\text{tlen}} + S_{\text{ład}}}{24} \cdot A$$

$$S_{\text{par}} = \beta \cdot J \cdot \delta$$

$$Z_{\text{tlen}} = H_{\text{tlen}} \cdot t \cdot J$$

$$S_{\text{ład}} = \beta \cdot J$$

gdzie:

- $N_{\text{tlen}}$  - ilość ciekłego tlenu potrzebna na operację  
do załadowania samolotów danego typu (kg);
- $S_{\text{par}}$  - ogólne straty z powodu parowania (kg);
- $Z_{\text{tlen}}$  - zużycie tlenu w powietrzu (kg);
- $S_{\text{ład}}$  - straty tlenu podczas ładowania samolotów (kg);
- 24 - ilość godzin doby.

Dane wyjściowe

- T - ilość dni operacji;
- $\beta$  - straty tlenu przy ładowaniu / redukowaniu ciśnienia/  
samolotu danego typu kg;
- t - średni czas trwania lotu samolotu / godz./
- J - natężenie lub ilość wylotów danego typu samolotu w  
czasie operacji;
- $\delta$  - średnie straty tlenu z powodu parowania w samolocie  
danego typu (kg/godz);
- A - ilość samolotów danego typu.

Wyniki obliczeń zaokrąglić do całości.

6.05. OBLICZENIE OGÓLNEJ WAGI ŚRODKÓW MATERIAŁOWYCH DOWOŻONYCH  
DO JEDNOSTEK I POTRZEBNEJ ILOSCI TRANSPORTU SAMOCHODOWEGO  
DO PRZEWOZU

Matematyczna postać obliczenia

$$G_{\text{mat}} = \sum_{i=1}^n C_i \cdot Q_i$$

$$N_{\text{sam}} = \frac{G_{\text{mat}}}{L}$$

- $N_{sam}$  - zaokrąglić do całości w górę/,  
 $G_{mat}$  - ogólna waga środków materiałowych dowożonych do oddziałów /związków/ (kg,t)  
 $N_{sam}$  - potrzebna ilość transportu samochodowego (szt.)

Dane wyjściowe

- $C_1$  - ilość jednostek danej nomenklatury (szt);  
 $Q_1$  - waga transportowa jednej jednostki (kg.)t  
 $n$  - ilość nomenklatur,  
 $L$  - ładowność samochodu (kg, t)  
 $k_{ład}$  - współczynnik ładowności.

6.06. OKRESLENIE UDZWIIGU TRANSPORTU SAMOCHODOWEGO W RÓŻNYCH OGNIWACH AL I OGOŁEM AL ORAZ MOŻLIWOSCI ODDZIAŁOW W ZAKRESIE ZABEZPIECZENIA PRZEWOZOW.

Matematyczna postać obliczenia

$$L_{AL} = \sum_n \cdot L_n$$

$$L_n = \sum_i \cdot k_{ład i} \cdot L_i \cdot m_i$$

$$C_{tk} = a \cdot L_n$$

gdzie:

- $L_{AL}$  - ładowność transportu samochodowego AL /t/  
 $L_n$  - ładowność transportu samochodowego n-tego oddziału (t);  
 $C_{tk}$  - ilość tono-kilometrów, jaka może być wykonana w ciągu doby przy przewozach transportem samochodowym (t-km)

Dane wyjściowe

- $L_i$  - ładowność jednego samochodu i-tego typu /t/;  
 $m_i$  - ilość samochodów i-tego typu znajdujących się w n-tym oddziale;  
 $k_{ład i}$  - współczynnik wykorzystania ładowności samochodu i-tego typu;

a - średni przebieg w ciągu doby.

Obliczenia wykonuje się z dokładnością do 0,01 wyniki zaokrągla się do całości.

#### 6.07. OKRESLENIE DAWKI PROMIENIOWANIA OTRZYMANEJ PRZEZ ŻOŁNIERZY PODCZAS POKONYWANIA TERENU SKAŻONEGO Z JEDNAKOWYM NATEŻENIEM PROMIENIOWANIA

Obliczenia wykonuje się celem zapewnienia bezpieczeństwa żołnierzom podczas pokonywania stref skażeń promieniotwórczych.

##### Matematyczna postać obliczenia

$$D = \frac{0,5 \cdot P_0 \cdot /k_1 + k_3 /}{V \cdot k}$$

$$t_1 = \frac{l_1}{V} ; \quad t_3 = \frac{l_1 + l_n}{V}$$

gdzie:

D - otrzymana dawka promieniowania /r/

$k_1$  i  $k_3$  - współczynniki przejścia od natężenia promieniowania obliczonego względnie zmierzonego w danym czasie do natężenia promieniowania w dowolnym czasie /odczytuje się z "Tablic do oceny skażeń promieniotwórczych terenu przy wybuchach jądr."- Wojenizdat 1960 r. w zależności od  $t_0$ ,  $t_1$  i  $t_3$ /.

##### Dane wyjściowe

$P_0$  - wyjściowe natężenie promieniowania (r/ godz)

$t_0$  - czas po wybuchu, w którym określono  $P_0$  (godz;)

k - współczynnik osłabienia dawek promieniowania podczas przekraczania terenu skażonego na środkach transportowych w porównaniu z marszem pieszym/ odczytuje się z "Tablic do oceny skażeń promieniotwórczych terenu przy wybuchach jądrowych"/.

V - prędkość marszu / km / godz );

$l_1$  - droga do początku odcinka terenu skażonego (km);

$l_n$  - długość drogi w terenie skażonym (km).

Obliczenia wykonuje się z dokładnością do 0,1  
Wyniki obliczeń zaokrąglić do 0,1.

6.08. OKRESLENIE DAWKI PROMIENIOWANIA OTRZYMANEJ PRZEZ  
ŻOŁNIERZY PODCZAS POKONYWANIA TERENU SKAŻONEGO Z  
RÓŻNYM NATEŻENIEM PROMIENIOWANIA

Matematyczna postać obliczenia

$$D = \frac{P_1 \cdot l_3 \cdot k_1}{4 \cdot k \cdot V}$$

$$t_1 = \frac{l_1}{V}$$

gdzie:

- D - otrzymana dawka promieniowania (r)  
 $k_1$  - współczynnik przejścia od natężenia promieniowania obliczonego względnie zmierzonego w danym czasie do natężenia promieniowania w dowolnym czasie/ odczytuje się z tablicy w zależności od  $t_0$  i  $t_1$ /.

Dane wyjściowe

- $L_0$  - odległość od osi śladu obłoku promieniotwórczego do przecięcia marszruty (km);  
 $t_0$  - czas w którym oblicza się  $P_1$  (godz);  
 $P_1$  - natężenie promieniowania, które w zależności od  $t_0, L_0$   $Q$  i  $U$  odczytuje się z " Tablic do oceny skażeń promieniotwórczych terenu przy wybuchach jądrowych" (r/godz)  
 $Q$  - moc wybuchu (KT);  
 $U$  - prędkość wiatru (km/godz);  
 $k$  - współczynnik osłabienia dawek promieniowania podczas przekraczania terenu skażonego na środkach transportowych w porównaniu z marszem pieszym / odczytuje się z tablic;/  
 $V$  - prędkość marszu (km/godz);  
 $l_1$  - droga do początku odcinka terenu skażonego (km);  
 $l_3$  - długość odcinka terenu skażonego (km)

6.09. OKRESLENIE DAWKI PROMIENIOWANIA OTRZYMANEJ PRZEZ ŻOŁNIERZY  
PODCZAS PRZEBYWANIA W TERENIE SKAŻONYM.

Matematyczna postać obliczenia

$$D = 0,5 \cdot P_0 \cdot /k_1 + k_2/ \cdot t_n$$

$$t_2 = t_1 + t_n$$

gdzie:

- D - otrzymana dawka promieniowania (r);  
 $k_1$  i  $k_2$  - współczynniki przejścia od natężenia promieniowania obliczonego względnie zmierzonego w danym czasie do natężenia promieniowania w dowolnym czasie /odczytuje się z "Tablic do oceny skażeń promieniotwórczych terenu przy wybuchach jądrowych" w zależności od  $t_0, t_1$ , i  $t_n$ /.

Dane wyjściowe

- $P_0$  - wyjściowe natężenie promieniowania (r/godz);  
 $t_0$  - czas po wybuchu, w którym określano  $P_0$ / godz;  
 $t_1$  - czas wejścia na teren skażony od momentu dokonania pomiaru  $P_0$  (godz);  
 $t_n$  - czas przebywania w terenie skażonym (godz).

6.10. OKRESLENIE ILOSCI LOTNISK, KTÓRE MOŻNA PRZYGOTOWAĆ /WYBUDOWAĆ LUB ODBUDOWAĆ/ W ZAŁOŻONYM CZASIE POSIADANA ILOSCIA BATALIONÓW BUDOWY LOTNISK.

Obliczenia wykonuje się celem określenia możliwości w zakresie inżynierijno-lotniskowego zabezpieczenia manewru lotniskowego pierwszego rzutu armii lotniczej w toku operacji zaczepnej Frontu.

Matematyczna postać obliczenia

$$K_{\text{możli}} = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i \cdot t_{\text{bud}}}{A_{\text{śred}}}$$

$$t_{\text{bud}} = t_{\text{dysp}} - \left( \frac{k_{\text{marsz}} \cdot L}{v_p} + t_1 + t_2 + t_3 \right) ;$$

$$A_{\text{śred}} = \frac{\sum_{j=1}^k A_j}{C_{\text{typ}}}$$

$K_{\text{możli}}$  - ilość lotnisk jaką można wybudować w założonym czasie siłami n batalionów budowy lotnisk dla manewru pierwszego rzutu AL w toku operacji zaczepnej Frontu;

$t_{\text{bud}}$  - czas jaki można wydzielić na bezpośrednią budowę /odbudowę/ lotnisk (godz;)

$A_{\text{śred}}$  - średnia objętość prac ziemnych, jakie muszą być wykonane na lotniskach wytypowanych do budowy w ciągu założonego czasu ( $m^3$ ).

Dane wyjściowe

$\omega_1$  - wydajność i-tego bbl w ciągu godziny ( $m^3 / \text{godz}$ )

$t_{\text{dysp}}$  - dysponowany /założony/ czas do zakończenia prac w zakresie przygotowania lotnisk / godz/;  
dla pierwszego rzutu armii lotniczej przyjmuje się równy 24 godzinom, tzn. zadanie sprowadza się do określenia ilości lotnisk, jakie mogą być przygotowane w ciągu najbliższej doby; dla lotnictwa dalekiego zasięgu ogólny czas może być równy jednej, dwom, trzem i więcej dobom, tj. 24, 48, 72 godzinom i więcej;

L - tempo natarcia wojsk (km)

$k_{\text{marsz}}$  - współczynnik uwzględniający krętość marszrut przebazowania; przyjmuje się = 1,2;

$t_1$  - czas związania bbl / godz. / w przybliżeniu 2 godz/;

$t_2$  - czas rozwijania bbl /godz/, w przybliżeniu 2 godz /;

$t_3$  - czas stracony przez bbl na obejście stref skażeń promieniotwórczych terenu i inne straty /godz/;

$v_p$  - średnia prędkość marszu bbl podczas przebazowania /godz/

$A_j$  - objętość prac ziemnych na konkretnym j-tym lotnisku /  $m^3$  /; objętość prac przy odbudowie lotniska sprawdza się do równoznacznych prac przy budowie:  $A_{\text{odbud}} = 2A_{\text{bud}}$  /;

$C_{\text{typ}}$  - ilość lotnisk wytypowanych do budowy lub odbudowy.

Uwaga:

1. Poszczególnym lotniskom nadaje się numery w zależności od ich ważności, tzn.  $A_1$  - najważniejsze;  $A_2$  mniej ważne niż  $A_1$ , ale bardziej ważne niż  $A_3$ , itd. Jest to związane z takim wypadkiem, kiedy objętości prac budowlanych /odbudowy/ znacznie różnią od się od średnic, a się do przygotowania wszystkich wytypowanych lotnisk wyraźnie brakuje.
2. Przy jednakowej wydajności poszczególnych batalionów obliczenie wykonuje się wg wzoru;

$$K_{\text{możl}} = \frac{\omega_{\text{śred}} \cdot N_{\text{bbl}} \cdot t_{\text{bud}}}{A_{\text{śred}}}$$

Wyniki obliczeń zaokrągla się do 0,1.

6.11. OKRESLENIE NIEZBEDNEJ ILOSCI BATALIONOW BUDOWY LOTNISK DO PRZYGOTOWANIA POTRZEBNEJ LICZBY LOTNISK/BUDOWY LUB ODBUDOWY/ W CIAGU DOBY.

Obliczenie wykonuje się celem określenia sił niezbędnie potrzebnych do inżynieryjno- lotniskowego zabezpieczenia manewru lotniskowego AL.

Matematyczna postać obliczenia

$$N_{bbl} = \frac{N_{lotn} \cdot A_{\text{śred}}}{\omega_{\text{śred}} \cdot t_{bud}}$$

gdzie:

$A_{\text{śred}}$  i  $t_{bud}$  - określa się tak, jak w obliczeniu 6.10;

$N_{lotn}$  - codzienne /dobowe/ potrzeby lotnisk do zabezpieczenia manewru lotniskowego pierwszego rzutu AL w toku operacji;

$N_{bbl}$  - potrzebna ilość bbl w ciągu doby do przygotowania lotnisk zabezpieczających manewr lotniskowy pierwszego rzutu AL w toku operacji.

Dane wyjściowe

$\omega_{\text{śred.}}$  - średnia wydajność jednego bbl /m<sup>3</sup>/ godz /;

$t_{24}$  - 24 godziny.

Pozostałe dane wyjściowe takie same jak w obliczeniu

6.10.

Obliczenia wykonuje się z dokładnością do 0,1.

SPIS TRESCI

	str
PRZEDMOWA .....	2.....
WSTEP.....	3.....
ROZDZIAŁ I. KROTKIE WIADOMOSCI O KLAWISZOWYCH MASZYNACH DO LICZENIA.....	6.....
§ 1. Ogólna charakterystyka klawiszowych maszyn do liczenia.....	6.....
§ 2. Zastosowanie dziesięcioklawiszowych maszyn sumujących.....	14.....
Dziesięcioklawiszowa maszyna sumująca typu AES z zapisem liczb.....	14.....
§ 3. Zastosowanie wieloklawiszowych maszyn do liczenia.....	29.....
Wieloklawiszowa maszyna do liczenia typu SAR-2c bez zapisu liczb.....	29.....
Wieloklawiszowa maszyna do liczenia typu R-44sm.....	54.....
Rozdział II. WSKAZOWKI METODYCZNE DO PRZYGOTO- WANIA ZADAN I WYKONYWANIA OBLICZEN PRZY POMOCY KLAWISZOWYCH MASZYN LICZACYCH .....	69.....
§ 1. Niektóre wiadomości o obliczeniach przy- bliżonych .....	69.....
Błąd funkcji .....	73.....
Obliczanie elementarnych funkcji transcén- dentalnych bez wykorzystania tablic.....	75.....
Interpolacja liniowa .....	84.....
§ 2. Metodyka przygotowania i rozwiązywania zadań przy pomocy klawiszowych maszyn liczących.....	85.....
ROZDZIAŁ III. TYPOWE OBLICZENIA WYKONYWANE W OKRESIE PRZYGOTOWANIA I PROWADZENIA DZIAŁAN BOJOWYCH .....	96.....
§ 1. Obliczenia operacyjno- taktyczne.....	97.....
1.01. Podział sił i środków armii lotniczej na obiekty przeciwnika w czasie jednego wylotu.....	97.....

1.02. Określenie potrzebnej ilości samolotów myśliwskich dla rażenia samolotów przeciwnika w celu zerwania ataku .....	106
1.03. Określenie prawdopodobieństwa przelotu samolotów przez strefę, osłanianą przez lotnictwo myśliwskie nieprzyjaciela .....	109
1.04. Określenie prawdopodobieństwa przelotu przez samolot lecący w szyku bojowym, strefy osłanianej przez PPK.....	103
1.05. Określenie prawdopodobieństwa pokonania przez samolot systemu CPL nieprzyjaciela osłanianego przez lotnictwo myśliwskie i PPK .....	112
1.06. Obliczanie średniej oczekiwanej ilości rażenia samolotów przy ich przelocie przez strefy ognia baterii PPK nieprzyjaciela.....	114
1.07. Określenie odległości rubieży wprowadzenia do walki samolotów myśliwskich od linii styczności bojowej/linii Frontu/ .....	115
1.08. Obliczanie głębokości strefy przechwycenia z uwzględnieniem rubieży wprowadzenia do walki.....	116
1.09. Określenie najwygodniejszej odległości strefy dyżurowania w powietrzu w stosunku do osłanianego obiektu.....	117
1.10. Obliczenie stałego odstępu czasu zmiany samolotów myśliwskich, podczas ich dyżurowania w powietrzu w jednej strefie na różnych wysokościach.....	118
1.11. Obliczenie maksymalnej odległości prawdopodobnej rubieży przechwycenia celu powietrznego od lotniska startu przez samolot myśliwski.....	119
1.12. Określenie potrzebnej ilości sił samolotów wojskowego lotnictwa towego do przewozu wojsk i sprzętu przy nakazanej ilości rejsów.....	120

1.13.	Określenie ilości lotnisk potrzebnych dla przyjęcia samolotów wojskowego lotnictwa transportowego.....	121
1.14.	Określenie strefy niemożliwych ataków naszych samolotów bombowych przez samoloty myśliwskie nieprzyjaciela.....	121
1.15.	Określenie prawdopodobieństwa rażenia celu powietrznego przy użyciu uzbrojenia artyleryjskiego lub rakiet niekierowanych podczas jednego ataku wykonywanego przez samolot myśliwski.....	122
1.16.	Określenie prawdopodobieństwa rażenia celu naziemnego przy użyciu uzbrojenia artyleryjskiego samolotu myśliwskiego.....	123
1.17.	Obliczenie możliwego składu lotnictwa przeciwnika według dni operacji.....	123
1.18.	Obliczenie niezbędnych danych do wykonania lotniczego fotografowania.....	124
1.19.	Obliczenie danych dla odpalenia frontowych rakiet uskrzydłonych.....	126
§ 2.	Obliczenia nawigatorskie .....	127
2.01.	Obliczenia bombardierskie .....	127
2.02.	Określenie prostokątnych współrzędnych celu przy pomocy samolotu rozpoznawczego, który w momencie przelotu nad celem zmierzył i przekazał drogą radiową nachylone odległości do dwóch naziemnych stacji radiolokacyjnych.....	130
2.03.	Obliczanie wyjściowych danych dla radiotechnicznego systemu nawigacji i bombardowania DBS-2 przy precelowaniu.....	131
	Wariant I .....	131
	Wariant II .....	133
	Wariant III .....	136
2.04.	Określenie minimalnej bezpiecznej odległości między celem i myśliwcem przy jednoczesnym ogniowym zwalczaniu celu za pomocą rakiet z ziemi i z myśliwca.....	136

2.05. Obliczanie azymutu astronomicznego .....	..137..
Wariant I. Obliczanie azymutu astronomicznego na podstawie kąta godzinnego gwiazdy Polarnej .....	..137..
Wariant II. Obliczanie azymutu astronomicznego na podstawie pomiaru wysokości Słońca.....	..138..
2.06. Obliczanie ortodromy na odcinku między dwoma nakazanymi punktami.....	..139..
2.07. Obliczanie loksodromy na odcinku między dwoma nakazanymi punktami .....	..139..
2.08. Obliczanie danych nastawczych dla bombardowania z zastosowaniem przyrządu obliczająco- rozwiązującego /POR/.....	140 .....
2.09. Obliczanie danych nastawczych dla bombardowania bez przyrządu obliczająco- rozwiązującego /POR/.....	..146..
2.10. Określanie maksymalnego promienia działania i długości trwania lotu samolotów .....	..149..
2.11. Obliczanie długości drogi i czasu lotu myśliwca przy przechwytywaniu celu powietrznego po krzywej pogoni .....	150 .....
2.12. Obliczanie odległości i czasu zbliżenia się myśliwca do celu powietrznego na kursach przeciwnych z wyjściem do ataku w tylną półsferę.....	151 .....
2.13. Obliczanie odległości i czasu zbliżenia myśliwca i celu na kursach przecinających się .....	152 .....
2.14. Obliczanie średniej prędkości i średniego kierunku wiatru dla nakazanych warstw powietrza.....	152 .....
2.15. Obliczanie wielkości impulsu świetlnego działającego na samolot -nosiciel przy wybuchu powietrznym/bombardowanie z lotu poziomego/.....	153 .....
2.16. Obliczanie kąta natarcia samolotu-nosiela/ dla sprawdzenia stateczności samolotu/ i przeciążenia działającego na niego na skutek fali uderzeniowej przy powietrznym wybuchu bomby	

atomowej w warunkach bombardowania z lotu poziomego .....	..154..
2.17. Obliczanie wielkości impulsu świetlnego działającego na samolot -nosiciel przy wybuchu naziemnym /bombardowanie z lotu poziomego/.....	..157..
2.18. Określenie kąta natarcia samolotu-nosi- ciela / dla sprawdzenia stateczności samolotu/ i przeciążenia, działającego na samolot od fali uderzeniowej przy wy- buchu naziemnym bomby jądrowej w warunkach bombardowania z lotu poziomego .....	..158..
2.19. Obliczenie bezpiecznej głębokości ugrupo- wania bojowego samolotów, lecących za samolotem-nosicielem przy zrzucaniu bomby jądrowej.....	..160..
2.20. Obliczanie minimalnego czasu bezpiecznego od wybuchu ładunku jądrowego dla jednokro- tnego wejścia samolotu w chmurę radio- aktywną.....	..160..
2.21. Określenie bezpiecznej przerwy czasowej, przy zbiorze grupy samolotów z przebija- niem chmur.....	..161..
§ 3. Obliczenia geodezyjne.....	..162..
3.01. Określenie azymutów i odległości do celów /odwrotne zadanie geodezyjne/ .....	..162..
Wariant I. Sposób Lapinga .....	..163..
Wariant II. Sposób Morozowa .....	..164..
Wariant III. Drugi wariant sposobu Moro- zowa /według współrzędnych prostokątnych/.....	..165..
Wariant IV. Rozwiązanie nielogarytmiczne .....	..166..
Wariant V. Sposób sferycznego odwzorowa- nia elipsoidy na kuli .....	..170..
3.02. Proste zadanie geodezyjne .....	..171..
3.03. Przeliczenie współrzędnych prostokątnych na współrzędne geodezyjne .....	..172..
3.04. Przeliczenie współrzędnych geodezyjnych na współrzędne prostokątne .....	..176..

3.05. Przejście współrzędnych prostokątnych z jednego sześciostopniowego pasa na drugi pas sześciostopniowy.....	..176..
3.06. Obliczenie współrzędnych pozycji startowych środków napadu i środków zabezpieczenia radiotechnicznego.....	178
Wariant I. Obliczenia współrzędnych punktu według wzorów na cotangensy kątów kierunkowych.....	..178..
Wariant II. Obliczenie współrzędnych punktu według wzorów na cotangensy kątów trójkąta .....	180
Wariant III. Obliczenie współrzędnych punktu położonego wewnątrz trójkąta .....	..181..
Wariant IV. Obliczenie współrzędnych punktu według cotangensów zmierzonych kątów .....	182
Wariant V. Obliczenie współrzędnych punktów na podstawie pomiaru boków.....	..183..
Wariant VI. Obliczenie współrzędnych punktu metodą ułożenia ciągów teodolitycznych.....	184
§ 4. Obliczenia z przeciwdziałania radioelektronicznego.....	188
4.01. Obliczenie potrzebnej ilości nadajników za - kłóceń dla osłony ugrupowania bojowego samolotów.....	,...188
4.02. Obliczenie potrzebnej ilości nadajników zakłóceń dla przykrycia samolotów, jeśli zakłócenia będą wysyłane ze stref patrolowania.....	190
4.03. Obliczenie skuteczności zakłóceń radiostacji naprowadzania przeciwnika, odbierającego sygnał bezpośredni.....	192
4.04. Określenie prawdopodobieństwa strącenia samolotu, pokonywującego strefę OPL przeciwnika, wyposażonego w określoną ilość środków przeciwdziałania radioelektronicznego.....	193
4.05. Określenie maksymalnego zasięgu działania stacji radiolokacyjnej .....	194
4.06. Określenie skuteczności nadajnika zakłóceń	

zainstalowanego na samolocie dla zakłóce- nia RIS kierowania ogniem rakiet "ziemia- powietrze" .....	195
4.07. Określenie maksymalnej odległości łączności radiowej z samolotem na falach ultrakrótkich .....	196
§ 5. Obliczenia inżyniersko- operacyjne.....	196
5.01. Określenie zabezpieczenia maksymalnej liczby samolotów w czasie operacji /względnie, jej oddzielnych etapów/ stanem liczbowym sa- molotów bojowych z uwzględnieniem możliwych strat, ubytków do remontu i możliwości napra- wowych.....	196
5.02. Obliczenie potrzebnej ilości silników lot- niczych na operację i określenie prawdopodo- bnej zmiany resursu silników.....	203
5.03. Określenie potrzebnej ilości zapasowych agregatów na planowany okres szkolenia bojowego.....	205
5.04. Określenie potrzebnej ilości części zamien- nych i agregatów na operację.....	206
5.05. Obliczenie potrzebnej ilości samolotów transportowych do przebazowania składu osobowego i sprzętu technicznego transpo- rtem powietrznym w wyznaczonym terminie.....	211
5.06. Obliczenie potrzebnej ilości samochodów do przebazowania składu osobowego i sprzętu technicznego w wyznaczonym terminie.....	214
5.07. Obliczenie czasu przebazowania składu osobo- wego i sprzętu technicznego przy ograniczonej ilości transportu powietrznego .....	216
5.08. Obliczenie czasu przebazowania składu osobo- wego i sprzętu technicznego przy ograniczonej ilości samochodów transportowych.....	218
5.09. Obliczenie czasu holowania samolotów na start przy ograniczonej liczbie ciągników...	219
5.10. Obliczenie czasu na przygotowanie samolotu do lotu z uwzględnieniem pomocy specjalistów innych kwalifikacjach, którzy część czasu poświęcają na inne prace.....	220

5.11. Obliczenie potrzebnej ilości agregatów i części zamiennych, których zużycie przewiduje się w czasie operacji.....	220
§ 6. Obliczenie operacyjno-tyłowe.....	221
6.01. Opracowanie planu zabezpieczenia materiałowego AL na operację.....	221
6.02. Plan zaopatrzenia AL w środki materiałowe na operację .....	226
6.03. Obliczenie potrzeb silników lotniczych na operację .....	227
6.04. Określenie potrzebnej na operację ilości ciekłego tlenu ładowanego do samolotów.....	229
6.05. Obliczenie ogólnej wagi środków materiałowych dowożonych do jednostek i potrzebnej ilości transportu samochodowego do przewozu.....	229
6.06. Określenie udźwigu transportu samochodowego w różnych ogniwach AL i ogółem AL oraz możliwości oddziały w zakresie zabezpieczenia przewozów .....	230
6.07. Określenie dawki promieniowania otrzymanej przez żołnierzy podczas pokonywania terenu skażonego z jednakowym natężeniem promieniowania.....	231
6.08. Określenie dawki promieniowania otrzymanej przez żołnierzy podczas pokonywania terenu skażonego z różnym natężeniem promieniowania.....	232
6.09. Określenie dawki promieniowania otrzymanej przez żołnierzy podczas przebywania w terenie skażonym .....	232
6.10. Określenie ilości lotnisk, które można przygotować/ wybudować/ lub odbudować w założonym czasie posiadaną ilością batalionów budowy lotnisk .....	233

6.11. Określenie niezbędnej ilości batalionów  
budowy lotnisk do przygotowania potrze-  
bnej liczby lotnisk / budowy lub odbudo-  
wy/ w ciągu dnia..... 235

/Praca zawiera 244 stron/.

Wykonano 100 egz.

Egz. Nr 1-100 Bibl.Tajna

Wyk. Zespół oficerów

Nr ks. 01249