



**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP**

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK  
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

**JAWNE**

**POUFNE**

ASG WP wewn. 4093/87

Egz. nr 1



Płk dypl nawig. Tadeusz PAWLAK

**NAWIGOWANIE SAMOLOTÓW  
SU-22 M4 i MIG-23 MF**

**SKRYPT**

103

55386

WARSZAWA

1987



100  
172564 + 1031

# AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK  
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

**JAWNE**

**POUFNE**

ASG WP wewn. 4093/87

Egz. nr 1



Pik dypl nawig. Tadeusz PAWLAK

103

## NAWIGOWANIE SAMOLOTÓW SU-22 M4 i MIG-23 MF

SKRYPT

55386

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK  
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

**JAWNE**

ASG WP wewn. 4093/87

**POUFNE**

Egz. nr ...1

Przeklasyfikowana z ... poufne na jawne  
podstawa przekl. Wykaz Aktualnych Wojskowych  
Wydawnictw Wewnętrznych szł. gen. 1527/2001  
data i podpis 11.10.2001 r. Tadeusz Pawlak



Płk dypl.nawig. Tadeusz PAWLAK

NAWIGOWANIE SAMOLOTÓW Su-22M4 i MiG-23MF

SKRYPT



Skrypt przeznaczony jest dla kadry i słuchaczy Akademii Sztabu Generalnego WP, kursów Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej Kraju, jako pomoc szkoleniowa do samodzielnego studiowania wiedzy z zakresu zabezpieczenia nawigatorskiego działań bojowych lotnictwa.

SPIS TREŚCI

	Strona
WSTĘP .....	5
1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SAMOLOTÓW Su-22M4 i MiG-23MF POD WZGLĘDEM NAWIGATORSKIM .....	6
1.1. Niektóre dane taktyczno-techniczne samolotów Su-22M4 i MiG-23MF .....	8
1.2. Zasadnicze pokładowe urządzenia i przyrządy pilotażowo- -nawigacyjne samolotów Su-22M4 i MiG-23MF .....	11
1.3. Wykorzystanie kompleksu celowniczo-nawigacyjnego PrNK-54 i niektórych jego urządzeń dla nawigowania samolotu Su-22M4 .....	15
1.3.1. Wykorzystanie systemu automatycznego sterowania /SAU/ ..	17
1.3.2. Wykorzystanie układu sygnałów powietrznych /SWS/ .....	19
1.3.3. Wykorzystanie bezwładnościowego układu kursu /JKW-8/ ...	19
1.3.4. Wykorzystanie automatycznego radiokompasu /ARK/ .....	20
1.3.5. Wykorzystanie doplerowskiego miernika prędkości podróż- -nej i kąta znoszenia /DiSS/ .....	20
1.3.6. Wykorzystanie urządzenia aktywnej odpowiedzi /SO/ .....	21
1.3.7. Wykorzystanie odbiornika znaczników sygnałów radiowych /MRP/ .....	21
1.3.8. Wykorzystanie radiowysokościomierza /RW/ .....	21
1.3.9. Podstawowe układy i urządzenia kompleksu celowniczo- -nawigacyjnego typu PrNK-54 i jego ideowy schemat na samolocie Su-22M4 .....	22
1.4. Wykorzystanie systemu nawigacyjno-pilotażowego "POLIOT-11" w lotach dla celów nawigowania na samolocie MiG-23MF .....	23
2. WŁAŚCIWOŚCI NAWIGOWANIA SAMOLOTÓW Su-22M4 i MiG-23MF PRZY POMOCY RSBN .....	25
2.1. Nawigowanie samolotów Su-22M4 i MiG-23MF w lotach kósza- -cych i na małych wysokościach .....	35
2.2. Nawigowanie samolotów Su-22M4 i MiG-23MF na dużych wyso- -kościach i stratosferze .....	38
2.3. Nawigowanie samolotów Su-22M4 i MiG-23MF w chmurach i nad chmurami .....	41
2.4. Nawigowanie samolotów Su-22M4 i MiG-23MF w nocy .....	42
2.5. Nawigowanie samolotów Su-22M4 i MiG-23MF nad morzem .....	44
ZAKOŃCZENIE .....	46
BIBLIOGRAFIA .....	47

ZAŁĄCZNIKI:

1. Pilotażowo-nawigacyjny wskaźnik /NPP/ .....	48
2. Pilotażowy wskaźnik komend kursu /KPP/ .....	49
3. Arkusz obliczeń nawigacyjnych .....	50
4. Tabela 5.1. ....	51
Wklejka 1 - rysunek 1 .....	po str. ....
	23

## WSTĘP

Nawigowanie samolotu to czynność pilota /załogi/ mająca na celu zapewnienie maksymalnej dokładności, skuteczności i bezpieczeństwa jego przelotu po nakazanej trasie w wyniku określenia danych nawigacyjnych niezbędnych do wykonania zadania bojowego i powrotu na lotnisko lądowania.

Istotą nawigowania jest utrzymanie przez samolot w powietrzu obliczonych i nakazanych warunków do których się zalicza: kurs, prędkość, wysokość i czas lotu /z uwzględnieniem kierunku i prędkości wiatru/ w celu określenia w każdym momencie lotu rzeczywistej pozycji samolotu /PS/ względem powierzchni ziemi.

Dokładność nawigowania zależy od środków technicznych i sposobów ich wykorzystania, a także od warunków lotu, warunków atmosferycznych oraz od poziomu wykształcenia pilota /załogi/ pod względem nawigatorskim.

W skrypcie niniejszym omówione zostały niektóre właściwości nawigowania samolotów Su-22M4 i MiG-23MF w zależności od wysokości lotu i warunków atmosferycznych, zwracając uwagę szczególnie na wykorzystanie kompleksu celowniczo-nawigacyjnego i systemu pilotażowo-nawigacyjnego tych samolotów, a w tym RSBN.

Na współczesnych samolotach bojowych coraz szerzej stosuje się do rozwiązywania zadań nawigowania przyrządów, urządzeń i systemów wykorzystujących radioelektroniczne oraz bezwładnościowe zasady ich działania, które określają pozycję samolotu w sposób automatyczny i ciągły.

Wymienione środki nawigowania samolotu ułatwiają wykonanie zadań bojowych, wówczas gdy ich możliwości i zasady wykorzystania są znane pilotowi /załozce/, a ich stan jest utrzymany w stałej gotowości eksploatacyjnej.

Zapoznanie się z właściwościami nawigowania samolotu na różnych wysokościach i warunkach atmosferycznych z wykorzystaniem współczesnych środków pilotażowo-nawigacyjnych w znacznym stopniu ułatwia dowódcom, oficerom sztabów lotniczych jak również pilotom wypracować uzasadnione wnioski i decyzje odnośnie możliwości i sposobu wykonania zadań bojowych na samolotach Su-22M4 i MiG-23MF.

## 1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SAMOLOTÓW Su-22M4 i MiG-23MF POD WZGLĘDEM NAWIGATORSKIM

Samoloty Su-22M4 i MiG-23MF są nowej generacji co zwiększa ich zakres możliwości manewrowania prędkością, wysokością i kierunkiem lotu.

Su-22M4 jest samolotem myśliwsko-bombowym przeznaczony głównie do zwalczania i niszczenia wojsk i obiektów naziemnych /nawodnych/ w tym również o małych rozmiarach tak ruchomych jak i stacjonarnych.

MiG-23MF w przeciwieństwie do Su-22M4 jest typowym samolotem myśliwskim przeznaczonym przede wszystkim do przechwytywania i niszczenia celów powietrznych oraz prowadzenia manewrowych walk powietrznych.

Nie znaczy to, że samoloty te nie mogą wykonywać innych zadań np. Su-22M4 może również przechwytywać i niszczyć małomanewrowe cele powietrzne, np. samoloty bombowe, transportowe, balony i śmigłowce/, a samolot MiG-23MF może także niszczyć obiekty naziemne /nawodne/ przy zastosowaniu uzbrojenia artyleryjsko-rakietowego i bombardierskiego.

Samoloty te w stosunku do samolotów posiadających skrzydła o niezmienną geometrii charakteryzują się większymi możliwościami manewrowymi, do których zalicza się:

- większy zakres manewrowania prędkością i wysokością lotu;
- korzystniejsze charakterystyki startu i lądowania;
- większy zasięg i długotrwałość lotu;
- najmniejsze oddziaływanie aerodynamicznych obciążeń na konstrukcję samolotu i na pilota podczas lotów koszących i na małej wysokości z nadbrzmiewającą prędkością w warunkach dużej turbulencji.

Ponieważ możliwości pilotażowe i manewrowe samolotu określane są wielkościami sił aerodynamicznych działających na samolot w czasie lotu /siła nośna i siła oporu czołowego/, a także doskonałością aerodynamiczną, to na samolotach Su-22M4 i MiG-23MF ich wielkość zależy nie tylko od warunków lotu, ale także od kąta ustawienia skrzydła, który umożliwia wykonanie zaplanowanego manewru samolotom w czasie nawigowania jak i w warunkach bojowych z zachowaniem maksymalnego bezpieczeństwa lotu.

Oprócz powyższych dogodności samoloty te w porównaniu do samolotów starszej generacji posiadają lepsze wyposażenie pilotażowo-nawigacyjne, które zezwala na nawigowanie z bardzo dużą dokładnością w zwykłych jak i trudnych warunkach atmosferycznych.

Su-22M4 jako samolot myśliwsko-bombowy posiada efektywność bojową o 1/3 większą od samolotu Su-20. Może on zwalczać obiekty ruchome w dzień w warunkach widzialności celu, a także obiekty stacjonarne i ruchome o precyzyjnie określonym położeniu przy ograniczonej widoczności i w nocy przy wykorzystaniu systemu celowniczo-nawigacyjnego PrNK-54.

Wykorzystanie systemów bliskiej i dalekiej nawigacji /RSBN i RSDN/, umożliwia automatyczne wyprowadzenie samolotu w nakazany rejon celu oraz powrót na żądane lotnisko po wykonaniu zadania w TWA i skomplikowanej sytuacji bojowej. Natomiast jego uzbrojenie pozwala zwalczać różne obiekty naziemne /nawodne/ w zwykłych jak i w trudnych warunkach atmosferycznych. Posiada uzbrojenie do zakłócania stacji radiolokacyjnych wykrywania i kierowania rakietami np.: HAWK, NIKE HERKULES, SPARROW, a także może odpalać pułapki cieplne. Mogą być podwieszane zasobniki z urządzeniami do prowadzenia rozpoznania powietrznego np.: typu KKR-1 TE-2. Jako samolot myśliwsko-bombowy posiada 10 punktów do podwieszenia 4000 kg bomb o wążomiarze do 500 kg.

Zamiast bomb mogą być podwieszane rakiety powietrze-złemia /PZ/ lub powietrze-woda /PW/, które są kierowane za pomocą stacji pokładowej "KLON" pracującej na zasadzie wykorzystania promienia lasera, a także rakiety do niszczenia stacji radiolokacyjnych, które kierowane są za pomocą stacji pokładowej "WIJUGA".

MiG-23MF może wykonywać lot ze zmianą skosu skrzydła od  $15^{\circ}$  do  $72^{\circ}$ , w tym do startu i lądowania oraz lotów na duży zasięg lub maksymalną długotrwałość, a także podczas atakowania celów wolno lecących utrzymuje się skos skrzydła  $16^{\circ}$ . Natomiast do pilotażu, prowadzenia manewrowej walki powietrznej i atakowania celów na prędkościach okołodźwiękowych, utrzymuje się skos skrzydła  $45^{\circ}$ , a z prędkością naddźwiękową i podczas atakowania celów powietrznych o dużej prędkości lotu utrzymuje się skos skrzydła  $72^{\circ}$ .

Wyposażenie i uzbrojenie samolotu umożliwia:

a/ przechwytywanie niewidocznych celów powietrznych z tylnej półsfery, lecących z dowolnego kierunku na wysokości od 50-20000 m lub z przedniej półsfery, lecących na wysokości od 2500-22000 m;

b/ przechwytywanie niewidocznych wzrokowo celów powietrznych - nosicieli zakłóceń pasywnych i atakowania ich z tylnej lub przedniej półsfery pod sylwetką 3/4, jeżeli wykonują lot na średnich, dużych lub stratosferycznych wysokościach oraz na małych wysokościach - tylko z tylnej półsfery. Atak przy tym może być przeprowadzony z przniżenia lub przewyższenia względem celu lecącego na wysokościach od 2000-6000 m;

c/ przechwytywanie niewidocznych wzrokowo celów powietrznych stosujących zakłócenia aktywne - z tylnej półsfery, pod sylwetką 1/4 z atakowaniem z przniżenia lub przewyższenia, na wysokościach od 2000-6000 m;

d/ atakowanie i niszczenie niewidocznych wzrokowo celów powietrznych, w przedziale osiąganych prędkości i wysokości lotu przez samolot, przy

użyciu układu obserwacji i celowania "S-23" oraz uzbrojenia raketowego i artyleryjskiego;

e/ atakowanie i niszczenie widocznych celów naziemnych /nawodnych/ przy użyciu uzbrojenia: raketowego, artyleryjskiego i bombardierskiego, które jest podwieszane na zewnątrz samolotu. Samolot może być uzbrojony w następujące pociski raketowe i bomby:

- R-23, H-23, R-13 - odpowiednie pociski raketowe kierowane R-23R i R-23T, H-23, R-13M i R-3S;
- S-24, S-5 - pociski raketowe niekierowane S-24B i S-5;
- bomby lotnicze o wagomiarze do 500 kg i zbiorniki zapalające o wagomiarze 500 kg;
- zasobniki rakiet UB-32 i UB-16 z rakietami S-5;
- odpowiedni pojemnik z aparaturą "DELTA-NGE" do sterowania pociskami raketowymi H-23;
- podkadłubowa wielozamkowa belka bombowa MBD-2-67U, zamki BDZ-60-23FI i BDZ-60-23KI.

Wyposażenie radiotechniczne i radionawigacyjne umożliwia wykonanie naprowadzenia przyrządowego na cel powietrzny i nawigowanie samolotu za pomocą autopilota z wykorzystaniem trzech uprzednio zaprogramowanych punktów zmiany kierunku i czterech lotnisk, przewidzianych w locie do zmiany kierunku, z korektą współrzędnych według jednej z czterech zaprogramowanych radiolatarni znaczników systemu RSBM.

#### 1.1. Niektóre dane taktyczno-techniczne samolotów Su-22M4 i MiG-23MF

1	2	3	4
Lp.	Wyszczególnienie	Su-22M4	MiG-23MF
1	Załoga	1	1
2	Liczba silników i ciąg.	1x7800 kg na dopalaniu	1x12200-12500 kg /11968-12262 daN/ na dopalaniu i 8300kg /8142 daN/ na zakresie maksymalnym
3	Silnik	A1-21F3	29-300
4	Prędkość maksymalna: - przy ziemi - ewolucyjna	H=11 km, $\alpha=63^\circ$ M=1,7 N=1,6 /z 2xR=60/ H=200m, $\alpha=63^\circ$ 1350 km/h/bez podw./ 1250 km/h/2x2000 kg ład. bomb./	2500 km/h, M=2,35 1350 km/h 400-500 km/h

1	2	3	4
5	Prędkość pionowego wznoszenia		na $H=0$ i $V_{T1}=1250$ km/h $V_Z=200-210$ m/s na $H=11$ km i $M=2,0$ $V_Z=140-150$ m/s
6	Pułap /praktyczny/	na ZPSPD 15200 m na ZPSM 12000 m	17500 m
7	Czas osiągnięcia pułapu		7 min.
8	Pojemność zbiorników głównych	4500 l	4920 l
9	Pojemność zbiorników podwieszanych	2x800 l 2x1150 l	3x800 l
10	Łączna pojemność zbiorników paliwa /gł. i dod./	8400 l	7320 l
11	Liczba punktów do podwieszeń zewnętrznych	8 /10/	7
12	Maksymalny udźwig uzbrojenia	4000 kg	1600 kg
13	Maksymalny ciężar startowy	19400 kg	18400 kg
14	Maksymalny dopuszczalny ciężar do lądowania	13400 kg	15200 kg
15	Ciężar pustego samolotu	11270 kg	10960 kg
16	Ciężar samolotu bez podwieszeń uzbrojenia /paliwo, załoga	15230 kg	
17	Maksymalny zasięg	z ład.bomb.1000 kg $H=200$ m, 1400 km $H=8-11$ km, 2300 km z ład.bomb.2000 kg $H=200$ m, 1070 km $H=8-11$ km, 1780 km w wariancie prze- lotowym 2550km	/ $\alpha=16^\circ$ , $M=0,75$ ; $H=9,5-12$ km/ bez zb.dod. $L=1200$ km z 3xzb.dod. $L=2300$ km
18	Maksymalna długość trwania lotu		/ $\alpha=16^\circ$ , $M=0,65$ $H=9,5-12$ km/ bez zb.dod. 1 godz. 30 min. z 3xzb.dod. 3 godz.
19	Minimalny czas rozpędzania		/ $H=1$ km, $V_p=600$ km/h do $V_p=1300$ km/h/ $t_{rp}=35$ /s / $H=10$ km, $M=1,0$ do $M=2,1$ / $t_{rp}=100$ s
20	Maksymalne przeciążenie		7

1	2	3	4
21	Prędkość oderwania		280-290 km/h
22	Minimalna długość rozbiegu	z betonowej DS, 1500 m	/na ZPSPD/ 580-600 m /do H=25 m/ 1200-1300m
23	Prędkość przyziemienia		z klapami na 50° 250-260 km/h bez klap 300-310 km/h
24	Minimalna długość rozbiegu po wylądowaniu	na betonowej DS ze spadochronem hamowania 1100 m	ze spadochronem hamowania, $\alpha_3 = 50^\circ$ 750-800 m bez spadochronu hamowania $\alpha_3 = 50^\circ$ 1200-1300m ze spadochronem hamowania $\alpha_3 = 0^\circ$ 1100-1150m
25	Ciężar pustego dodatkowego zbiornika na paliwo	PTB- 800 l, waga 70 kg PTB-1150 l, waga 85 kg	o pojem. 790 l 65 kg
26	Ciężar podwieszanych bloków zamkowych		2xBDZ-60-23FI - 53 kg 2xBDZ-60-23KI - 60 kg 2xAPU-23 dla P-23 -195 kg

1.2. Zasadnicze pokładowe urządzenia i przyrządy pilotażowo-nawigacyjne samolotów Su-22M4 i MiG-23MF

Lp	NAZWA URZĄDZENIA	PRZEZNACZENIE	JEST NA WYPOSAŻENIU
			Su-22M4      MiG-23MF TYP            TYP
1	2 Prędkościomierz	3 Do określenia prędkości lotu	4 US-1600
2	Wskaźnik liczby Ma	Do określenia prędkości lotu	UISM-1
3	Wysokościomierz barometryczny	Do określenia wysokości barometrycznej lotu samolotu	UW-30-2
4	Kompleks celowniczo-nawigacyjny	Do rozwiązywania nawigacyjnych i celowniczych zadań przy bombardowaniu, strzelaniu i odpalaniu rakiet	WD-28 PrNK-54
5	System nawigacyjny-pilotażowy	Do rozwiązywania zadań nawigacyjnych	FOLIOT-11-23 RSBN-6s
6	Aparatura radiotechnicznego systemu bliskiej nawigacji	Do ciągłego wskazywania bieżących wartości azymutu i odległości do radiolaterni systemu oraz innych nawigacyjnych elementów lotu /w. KZ/. Współpracuje z naziemnym radiotechnicznym systemem bliskiej nawigacji. Współpracuje z PrNK-54	RSBN-6s "RADIKAL"
7	Aparatura radiotechnicznego systemu dalekiej nawigacji	Do określenia hiperbolicznych współrzędnych miejsca samolotu wg radiosygnali naziemnych radiolaterni dalekiej nawigacji rozmieszczonych w odległości około 1000 km między sobą. Może wykorzystywać radiolaternie systemu LORAN. Współpracuje z PrNK-54	RSBN "SKIP-2"
8	Odbiornik sygnałów kursu	Do odbioru radiosygnali radiolaterni kursu oraz wskazan położenia samolotu w stosunku do kierunku lądowania za pomocą wskaźnika. Wchodzi w skład PRMG	KRP-F KRP-F

1	2	3	4	5
9	Odbiornik radiosygna- łów zniżania		GRP	GRF
10	Układ sygnałów powie- trznych		SWS /P-72-3-2/	-
11	Bezwładnościowy układ kursu		JKW-8	-
12	Układ kursu i wysoko- ści		-	SKW-2N-2
13	Pokładowe radioloka- cyjne urządzenia dop- lerowskie		DLSS-7	-
14	Elektroniczna maszyna cyfrowa		CWM-20-22	-
15	Automatyczny radiokom- pas		ARK-22	ARK-15M
16	Odbiornik sygnałów zręcznikowych		MRP-66	MRP-56P
		Do odbioru radiosygnarów radiolokacji zniżania i wskazań położenia samolotu w stosunku do pionu zniżania za pomocą wskaźnika współpracy z naziemnym urządzeniem PRMG		
		Do ciągłego rozdzierania, zobrazowania i prze- kazywania odbiorcom informacji o wysokościowo- prędkościowych parametrach lotu. Współpracuje z wysokościomierzem barometrycznym UW-30-2 i prędkościomierzem UMS. Wchodzi w skład PrMK-54		
		Do przekazywania informacji nawigacyjno-pilo- tażowej do wskaźników PWN i PwK /pilotażowo- nawigacyjny wskaźnik i pilotażowy wskaźnik koment/ oraz do elektronicznej maszyny cyfro- wej dane odnośnie: kursu, katów przechylenia i pochylenia; prędkości liniowej samolotu i przyspieszenia w płaszczyźnie pionowej. Wcho- dzi w skład PrMK-54		
		Do podawania sygnałów aktualnego kursu, prze- chylenia i pochylenia samolotu do SAU i S-23 aktualnego kursu do RSBM		
		Do automatycznego ciągłego pomiaru W i KZ oraz zliczenia przebytej drogi w prostokątnym orto- dromicznym układzie współrzędnych. Wchodzi w skład PrMK-54		
		Wchodzi w skład PrMK-54 jako główny element wliczający i rozkładający zadania nawiga- cyjne i celownicze		
		Do określenia kąta kursowego radiolokacji /radiostacji/ oraz innych nawigacyjnych ele- mentów lotu. Może współpracować z PrMK-24/		
		Do dźwiękowej /w słuchawkach pilota/ i świet- lonej sygnalizacji przelotu nad anteną nadajni- ka radiosygnarów znacznikowych i automatyczne- go przelazowania ARK z DRL na BHL podczas za- jęcia do lądowania		

1	2	3	4	5
17	Radionyskosciomierz	Do określania rzeczywistej wysokości lotu. Wskazuje bieżącą wysokość lotu w przedziale 0-6000 m. Wskazuje bieżącą wysokość lotu w przedziale od 0-1500 m za pomocą wskaźnika A-035. Ponadto nadaje sygnał dźwiękowy i świetlny na niebezpiecznej wysokości.	RW-21 /A-035/  Współpracuje z PIM-54	RW-4
18	Radlostacja pokładowa	Do zabezpieczenia radiotelefonicznej łączności radiostacjami naziemnymi i samolotowymi na wcześniej nastrojenych kanałach	R-862	R-872M
19	Układ obserwacji i celowania w składzie: - stacja radiolokacyjna - miernik ciepłoty - celownik optyczny	Do wykrycia, automatycznego śledzenia celu i nakierowania uzbrojenia metodą aktywnej lub pasywnej lokacji oraz do wykorzystania jako celownik optyczny	-	S-23E SAPIR-23E TP-23-1 ASP-230
20	System sterowania bronią	Do sterowanego zrzutu bomb i środków bojowych z KMGU z nakazanym wariantem i zakresem zrzutu. A ponadto do sterowania odpaleniem rakiet i strzelania z działek nieruchomych oraz SPPU, zrzutu zbiorników paliwa /bloków/, awaryjnym zrzutem wszystkich podwieszonych, blokowaniem komend zrzutu oraz sygnalizacji obecności środków rażenia na podwieszonych	SUO-54	-
21	Aparatura przyrządowego naprowadzania na cel powietrzny	Do przyjmowania i rozkodowania sygnałów przekazywanych z punktu naprowadzania w czasie wykonywania lotu według przyrządów na przechwylenie celu powietrznego	-	ARL-SM /ARE-SME/
22	Pokładowe urządzenie aktywnej odpowiedzi	Do zwiększenia zasięgu wykrywania samolotów przez RLS oraz przekazywania do RLS sygnałów rozpoznawczych i informujących o wysokości lotu (wiadomości o pozostałości paliwa SO-69/)	SO-69	SOD-57M SO-69
23	Pokładowe urządzenie rozpoznawcze samolotu	Do wysyłania sygnałów odpowiadających na sygnały zapytujące urządzeń identyfikacji wszystkich rodzajów wchodzących w system "Kremnij-2" oraz wysyłania sygnałów niebezpieczeństwa w razie konieczności	SRO-2 z SBEOE	SRO

1	2	3	4	5
24	System automatycznego pilotowania samolotu	Do automatycznego pilotowania samolotu	SAU-22M-2	SAU-23A
25	Automatyczny rejestrator parametrów lotu	Do rejestracji parametrów lotu		SARPP
26	Urządzenie ostrzegające o opromieniowaniu samolotu	Do ostrzegania pilota o opromieniowaniu samolotu przez maziemną lub pokładową stację radiolokacyjną, sygnałem świetlnym na wskaźniku i dźwiękowym w słuchawkach	SPO-15LE	SPO-10
27	Pilotażowo-nawigacyjny wskaźnik	Do wskazywania kursu, kąta kursowego radiolotarni, kursu i ścieżki zniżania podczas lądowania	PNP	NPP
28	Pilotażowy wskaźnik komend	Do wskazywania parametrów pilotażu np. pochylenia, przechylenia, ścieżki zniżania i horyzontu	KPP	KPP

UWAGA: x/ patrz załącznik nr 1  
 xx/ patrz załącznik nr 2

1.3. Wykorzystanie kompleksu celowniczo-nawigacyjnego PrNK-54 i niektórych jego urządzeń dla nawigowania samolotu Su-22M4

Kompleks celowniczo-nawigacyjny PrNK-54, w który wyposażony jest samolot Su-22M4, przeznaczony jest do rozwiązywania nawigacyjnych i celowniczych zadań podczas bombardowania, strzelania i odpalania rakiet typu KPR i NPR. Z zakresu nawigacji kompleks PrNK-54 wspólnie z autopilotem typu SAU automatycznie steruje samolotem i rozwiązuje następujące zadania:

- lot po zaprogramowanej trasie lotu, składającej się z 6 punktów zmiany kierunku lotu /PZK/ z automatyczną lub ręczną zmianą PZK;
- zmianę nakazanej trasy lotu z wyjściem na dowolny z zaprogramowanych PZK, cel naziemny lub lotnisko, zaprogramowane jako PZK;
- automatyczną korekcję współrzędnych zliczonych przez kompleks i według danych RSDN lub RSBN;
- wzrokową /wizualną/ korekcję zliczonych współrzędnych miejsca znajdowania się samolotu według zaprogramowanych PZK z przelotem lub bez przelotu nad nimi;
- zapamiętanie współrzędnych geograficznych wykrytego celu /obiektu orientacyjnego/ i możliwości powtórnego wyjścia na ten cel /obiekt orientacyjny/;
- dokładne określenie kursu za pomocą JKW według geodezyjnie dowiązanego, w stosunku do miejsca stoiska samolotu, obiektu orientacyjnego lub według osi drogi startowej za pomocą głowicy celownika S-17WG-1;
- powrót z dowolnego punktu trasy na jedno z zaprogramowanych lotnisk z wyjściem do punktu rozpoczęcia trzeciego /czwartego/ zakrętu ze znizowaniem do wysokości manewru do lądowania  $600 \pm 30$  m;
- wykonanie manewru lądowania i zejścia do lądowania na zaprogramowane lotnisko do wysokości 60 m;
- powtórne wykonanie manewru do lądowania na zaprogramowanym lotnisku;
- wyjście na lotnisko nie zaprogramowane i wykonanie nad nim manewru do lądowania za pomocą RSBN, ARK i JKW;
- podanie do SAU oraz na zobrazowanie pilotowi sygnałów sterowania samolotem.

Ponadto, PrNK-54 zabezpiecza start z trzech zaprogramowanych lotnisk zapasowych bez powtórnego wprowadzania współrzędnych lotniska startu.

Podczas rozwiązywania zadań z zakresu nawigacji pilotowi podawana jest /zobrazowana na wskaźnikach/ następująca informacja:

- numer kolejnego PZK;

- odległość do PZK lub wybranego lotniska lądowania;
- bieżący kurs samolotu, nakazany kurs na PZK, kąt kursowy radiolantarni nawigacyjnej i azymut samolotu w stosunku do nakazanej linii drogi;
- komendy dyrektywne wykonania optymalnego manewru do wyjścia na nakazany tor lotu i wykonanie lotu po nim /na podstawie wskazań wskazówek dyrektywnych wskaźnika KPP/.

Do rozwiązywania zadań nawigacyjnych w kompleksie PrNK-54 wykorzystywane są następujące urządzenia:

- układ sygnałów powietrznych typu SWS /P-72-3-2/;
- bezwładnościowy układ kursu typu JKW-8;
- doplerowski miernik prędkości podróżnej i kąta znoszenia typu DISS-7M;
- radiotechniczny system bliskiej nawigacji /RSEN/;
- radiotechniczny system dalekiej nawigacji /RSDN/;
- automatyczny radiokompas typu ARK-22;
- urządzenie aktywnej odpowiedzi typu SO-69.

Z zakresu rozwiązywania zadań celowniczych podczas bombardowania, strzelania i odpalania rakiet, kompleks PrNK-54 określa i przekazuje informację do systemu sterowania bronią oraz do wskaźników pilota odnośnie wykonania:

- bombardowania poprzez automatyczne wypracowanie danych i naprowadzenie na ruchome i nieruchome cele i zabezpieczenie formowania marki celowniczej, obliczenie pozostałości czasu lotu do zrzutu bomb, a także komendy na zrzut bomb z lotu poziomego, nurkowego i wznoszącego, przy współpracy z SAU z widocznością i bez widoczności ziemi na wcześniej zaprogramowany cel;

- przy strzelaniu z działek i NFR kompleks zabezpiecza formowanie marki celowniczej, a także formowanie i określenie kątów odchylenia ruchomego stanowiska strzeleckiego oraz komend nakazanej i zakazanej odległości w następujących reżimach:

- strzelanie do celów ruchomych i nieruchomych z działek pokładowych i z podwieszanych ruchomych stanowisk strzeleckich SPPU-22-01 oraz niekierowanymi pociskami raketowymi typu S-5, S-8, S-24, S-25 z lotu nurkowego;

- strzelanie do celów naziemnych ze stanowisk SPPU-22-01 z lotu poziomego w wariancie - ustalony kąt i kierowanie ogniem programowane;

- strzelanie do tyłu - ustalony kąt;

- strzelanie do małomanewrowych celów powietrznych z działek pokładowych ze stanowisk SPPU-22-01 /kąt zerowy/ i niekierowanymi raketami typu S-5M, a także raketami samonaprowadzającymi typu R-60.

Podczas strzelania i odpalania rakiet kierowanych z głowicą laserową /H-25, H-29L/ z lotu poziomego i nurkowego, naprowadzanie za pomocą kompleksu zabezpieczane jest automatycznie. Ponadto kompleks zabezpiecza automatyczne formowanie i programowanie - korekcyjne śledzenie marki celowniczej do celów naziemnych, oraz formowanie komend z dowolnej i zakazanej odległości, a także automatyczne przejście na reżim "V<sub>0</sub>" w przypadku uszkodzenia elektronicznej maszyny cyfrowej /CWM/.

Przy zastosowaniu dwóch rodzajów uzbrojenia w jednym ataku z lotu nurkowego do celów naziemnych, kompleks zabezpiecza formowanie potrzebnego kąta kierowania dla strzelania z NPR lub SPPU-22-01, formowanie i wydawanie komend z dowolnej i zakazanej odległości. Ponadto wypracowuje podczas strzelania i bombardowania komendy na automatyczny zrzut bomb w następującym połączeniu:

- NPR S-5 i bomby;
- NPR S-8 i bomby;
- NPR S-2M i bomby;
- NPR S-25 i bomby;
- SPPU i bomby,

Oprócz tego PrNK-54 zabezpiecza bombardowanie i strzelanie przy ręcznym ustawieniu marki celowniczej oraz ręcznym naprowadzaniu i śledzeniu celu, za pomocą przycisku "MIETKA" przy odpalaniu KPR z samonaprowadzającymi się głowicami laserowymi /automatyczny reżim pracy stacji "KLON-54"/. Określenie odległości do RLS i celu z nieznanymi współrzędnymi przy odpalaniu KPR w wariancie /automatyczny reżim pracy urządzenia "WI-JUGA"/.

Formowanie i przekazanie sygnału "niebezpieczeństwo" przy bombardowaniu celów naziemnych podczas osiągnięcia niebezpiecznej strefy określonej promieniem rozlotu odłamków podczas wyprowadzania z nurkowania.

#### 1.3.1. Wykorzystanie systemu automatycznego sterowania /SAU/

Na samolocie Su-22M4 zamontowany jest system automatycznego sterowania samolotami typu SAU, który zapewnia w czasie lotu:

- a/ tłumienie krótkotrwałych wahań samolotu;
- b/ stabilizację kątów przechylenia samolotu w przedziałach  $\pm 80^{\circ}$ ;
- c/ stabilizację kątów pochylenia samolotu w przedziałach  $\pm 35^{\circ}$ ;
- d/ stabilizację kursu lotu samolotu przy kątach przechylenia mniejszych niż  $\pm 7^{\circ}$ ;
- e/ stabilizację wysokości barometrycznej;
- f/ stabilizację wysokości rzeczywistej lotu samolotu od 100 do 1000m;

g/ automatyczne doprowadzenie samolotu do lotu poziomego z dowolnych kątów przechylenia przy kątach pochylenia w przedziałach  $\pm 40^{\circ}$ ;

h/ automatyczne lub dyrektywne sterowanie samolotem przy wykonywaniu bocznej naprowadzania podczas bombardowania z lotu poziomego i lotu wznoszącego /do momentu wprowadzenia samolotu w lot wznoszący/, a także przy bombardowaniu z lotu wznoszącego i przy powtórny manewrze ataku na wykryty cel;

i/ automatyczne lub dyrektywne sterowanie samolotem w kanale przechylenia podczas lotu po trasie, przy tym w kanale pochylenia wykonywana jest stabilizacja kąta pochylenia, wysokości barometrycznej lub wysokości rzeczywistej lotu;

j/ automatyczne lub dyrektywne sterowanie samolotem przy powrocie na jedno z zaprogramowanych lotnisk, przy zejściu do lądowania na zaprogramowanym i nie zaprogramowanym lotnisku /wyposażonym w RSBM/ oraz przy powtórny zejściu do lądowania na jednym z zaprogramowanych lotnisk do wysokości 60 m;

k/ ręczne sterowanie samolotem wg kursu z wykorzystaniem pilotażowo-nawigacyjnego wskaźnika PNP i włączeniu w SAU zakresu lądowania.

Automatycznego pilota "SAU" włącza się do pracy po starcie samolotów, schowaniu podwozia i klap. SAU zapewnia również sterowanie lotem samolotu według sygnałów /komend z kompleksu celowniczo-nawigacyjnego PrNK-54/ w czasie nawigowania po trasie jak również podczas bombardowania na zakresie:

- "naprowadzenie boczne";
- "powtórne zejście na wykryty cel";
- "bombardowanie z lotu wznoszącego".

Nawigowanie samolotu na zakresie automatycznej stabilizacji: położenia kątowego samolotu i wysokości barometrycznej, można wykonywać w całym przedziale użytkowym prędkości i wysokości lotu w wariancie bez podwieszeń i z podwieszeniem pełnego ładunku bojowego /4000 kg bomb/.

W nawigowaniu samolotu na małych wysokościach na zakresie radiowysokościomierza RW-MW, SAU zapewnia stabilizację wysokości rzeczywistej, nad równiną /o małych pochyleniach do  $2-3^{\circ}$ / rzeźbą terenu i powierzchnią wody, na wysokościach od 100-1000 m i przy locie z ładunkiem bomb do 1000kg w przedziale prędkości lotu od 600-1350 km/h, a na wysokościach od 200-1000 m - z pełnym ładunkiem bojowym /4000 kg bomb/ przy prędkościach lotu nie mniejszych niż 700 km/h.

W przypadku uszkodzenia radiowysokościomierza lubniżenia się w locie:

- poniżej 130 m przy locie w przedziale wysokości 190-1000 m;

- poniżej 90 m przy locie w przedziale wysokości 140-190 m;
- poniżej 60 m przy locie w przedziale wysokości 100-140 m,

a także przy przejściu samolotu na ujemne kąty pochylenia większe niż  $5^{\circ}$ , następuje automatyczne wyprowadzenie samolotu z niebezpiecznej wysokości lotu z przeciążeniem 2-4 do momentu osiągnięcia dodatniego kąta pochylenia  $15-20^{\circ}$  z jednoczesnym doprowadzeniem samolotu do przechylenia zerowego.

Wyprowadzenie samolotu z powyższych niebezpiecznych wysokości odbywa się z jednoczesnym podawaniem ciągłego sygnału dźwiękowego do słuchawek pilota i zaświeceniem na tablicy /SAS/ lampki SAU. W takim wypadku wyłącza się SAU i przechodzi na ręczne sterowanie samolotem.

### 1.3.2. Wykorzystanie układu sygnałów powietrznych /SWS/

Układ sygnałów powietrznych zabezpiecza pracę wysokościomierza UW-30-2 i wskaźnika prędkości rzeczywistej i liczby Ma UMS-2,5-2. Podczas lotu i planowanym lądowaniu na lotnisku startu nakazaną wysokość lotu utrzymuje się według wysokościomierza UW-30-2 ustawionym wg ciśnienia na poziomie drogi startowej oraz zgodnie z wykonanymi obliczeniami na ziemi. Natomiast podczas lotu po trasie z lądowaniem na innym lotnisku aniżeli startu, po wzniesieniu się do nakazanej wysokości na wysokościomierzu WD-28 i UW-30-2, ustawia się ciśnienie standardowe 760 mm Hg /1013,25 hPa/ i wykonuje się lot mierząc wysokość lotu względem tego ciśnienia. Przed lądowaniem ustawia się na wysokościomierzach ciśnienie na wysokości drogi startowej, lotniska lądowania. W wypadku startu z lotniska położonego na wysokości powyżej 1000 m nad poziom morza na wysokościomierzach ustawia się ciśnienie standardowe 760 mm Hg, a wskazaną wysokość zapisuje się w nakolanku jako wysokość umowną równą "zero" wysokości. Po starcie wysokość lotu określa się wg UW-30-2, przyjmując za zero podziałki "umowne zero", przed lądowaniem na wysokościomierzu ustawia się wartość ciśnienia atmosferycznego równą ciśnieniu panującemu na poziomie drogi startowej lotniska na którym ląduje.

### 1.3.3. Wykorzystanie bezwładnościowego układu kursu /JKW-8/

Układ JKW przekazuje informacje do wskaźników KPP i PNP, a także do elektronicznej maszyny cyfrowej CWM-22 o położeniu samolotu w locie, w celu rozwiązania zadań z zakresu nawigowania i celowania podczas użycia uzbrojenia. Przygotowania do lotu JKW dokonują specjaliści przed lotem przy pracującym silniku, w wyjątkowej sytuacji przygotowanie może wykonać również pilot. Po przygotowaniu JKW na wskaźniku KPP zostaną zobrazowane

kąty przechylenia i pochylenia samolotu w stosunku do miejsca stania samolotu, a na wskaźniku PNP - ustawi się kurs geograficzny.

JKW wypracowuje:

- kurs;
- kąty przechylenia i pochylenia;
- składowe bezwzględnej prędkości liniowej samolotu względem dwóch osi poziomych platformy stabilizowanej żyroskopowo;
- przyspieszenie samolotu w płaszczyźnie pionowej.

Podczas wykonywania lotów na zastosowanie bojowe JKW wykorzystuje się tylko na zakresie korekcji integralnej.

#### 1.3.4. Wykorzystanie automatycznego radiokompasu /ARK/

Radiokompas współpracuje z naziemną radiolaternią stanowiąc najprostszy system radionawigacyjny o zasięgu do 400 km. Radiolaternie indyfkowane są kodem literowym lub fonią. Wykorzystanie właściwej radiolaterni odbywa się przez wybranie częstotliwości fali na której dana radiolaternia pracuje /strojenie/ lub wybranie odpowiedniego kanału. Wskazania położenia współpracującej radiolaterni wypracowuje odbiornik pokładowy /ARK/, określając kąt kursowy radiolaterni /KKR/. Za pomocą ARK można rozwiązać następujące zadania nawigacyjne: lot do i od radiolaterni, pomiar kąta znoszenia /KZ/ i prędkości podróżnej /W/, a także określenie pozycji samolotu /PS/ przez namierzanie na jedną lub dwie radiolaternie. Dane radionmiarów radiolaterni przekazywane są na wskaźnik KKR oraz do kompleksu celowniczo-nawigacyjnego. Radiokompas typu ARK-22 posiada 8 kanałów częstotliwości, z których każdy odpowiada parze radiolaterni prowadzących DRL i ERL, ponadto ARK-22 może współpracować z PSBN.

#### 1.3.5. Wykorzystanie doplerowskiego miernika prędkości podróżnej i kąta znoszenia /DISS/

Doplerowski miernik prędkości podróżnej i kąta znoszenia /DISS/ przeznaczony jest do określenia i przekazania do kompleksu celowniczo-nawigacyjnego wielkości prędkości podróżnej /W/ i kąta znoszenia /KZ/ samolotu. Jest to urządzenie radiotechniczne pracujące na zasadzie wykorzystania efektu "DOPLERA":

$$f_{\text{odb}} = f_0 + F_D$$

gdzie:

$f_{\text{odb}}$  - częstotliwość odbierana;

$f_0$  - częstotliwość wypromieniowana;

$F_D$  - częstotliwość dopplerowska,

przy czym:

$$F_D = \frac{2W_c}{\lambda_0}$$

$W_c$  - prędkość zgodna z kierunkiem wiązki wypromieniowanej;

$\lambda_0$  - długość fali wypromieniowanej.

### 1.3.6. Wykorzystanie urządzenia aktywnej odpowiedzi /SO/

Urządzenie aktywnej odpowiedzi /SO/ jest aparaturą pokładową układu radiolokacji wtórnej, a przeznaczone do sterowania ruchem samolotów w powietrzu na trasie oraz w rejonie lotniska w celu zwiększenia bezpieczeństwa lotu, a także zwiększenia zasięgu radiolokacyjnego systemu lądowania /RSL/ i wykrywania.

Urządzenie to zapewnia: odróżnienie sygnałów od samolotów na tle zakłóceń, przekazanie wysokości lotu do RSL, przekazanie informacji o pozostałości paliwa na samolocie i sygnału automatycznego rozpoznania samolotu do naziemnych RSL kierujących ruchem lotniczym.

### 1.3.7. Wykorzystanie odbiornika znaczników sygnałów radiowych /MRP/

Odbiornik znaczników sygnałów radiowych typu MRP służy do sygnalizacji przelotu samolotu nad radiolatarniami systemu lądowania i automatycznego przełączania ARK z BRL na BRL podczas zejścia do lądowania.

### 1.3.8. Wykorzystanie radiowysokościomierza /RW/

Radiowysokościomierz przeznaczony jest do określania rzeczywistej wysokości lotu w przedziale od 0 do 6000 m. Wskazuje bieżącą wysokość lotu za pomocą wskaźnika w przedziale wysokości od 0-1500 m i do innych odbiorników /w tym do kompleksu celowniczo-nawigacyjnego/ - w przedziale od 0 do 6000 m. Wysokościomierz ten jednocześnie nadaje sygnał dźwiękowy i świetlny przy obniżaniu lotu samolotu poniżej nakazanej niebezpiecznej wysokości.

Błąd radiowysokościomierza przy pomiarze wysokości w locie poziomym i przy kątach przechylenia oraz pochylenia do  $30^\circ$  wynosi na wysokościach od 0 do 20 m  $\pm 2$  m, a na wysokościach od 20 do 1500 m -  $\pm 10\%$  od zmierzzonej wysokości. Natomiast podczas zwiększenia kątów przechylenia i pochylenia od  $45^\circ$  błąd ten pomiaru wysokości zwiększa się dwukrotnie. Nakazaną niebezpieczną wysokość lotu ustawia się za pomocą pokrętła i znacznika niebezpiecznej wysokości na wskaźniku.

1.3.9. Podstawowe układy i urządzenia kompleksu celowniczo-nawigacyjnego typu PrNK-54 i jego ideowy schemat na samolocie Su-22M4

Kompleks celowniczo-nawigacyjny typu PrNK-54 składa się z poszczególnych bloków i urządzeń konstrukcyjnie niezależnie wykonanych i połączonych w całość do zabezpieczenia rozwiązania zadań nawigacyjnych i zastosowania bojowego uzbrojenia samolotu.

Do zasadniczych elementów kompleksu celowniczo-nawigacyjnego należy zaliczyć:

- Elektroniczna maszyna cyfrowa CWM20-22 jako centralne wyliczające urządzenie do rozwiązywania zadań nawigacyjnych i zastosowania uzbrojenia samolotu.

- Układ wyliczająco-celowniczy dla zapewnienia celowania i pomiaru współrzędnych, w skład tego układu wchodzi:

a/ głowica celownicza typu S-17WG-1, zapewniająca pomiar współrzędnych kątowych celu w dół do  $18^{\circ}$  i w górę  $6^{\circ}$ , a w płaszczyźnie poziomej  $\pm 12^{\circ}$  oraz daje możliwość określenia odległości do celu według siatki nieruchomej. Natomiast odchylenie znaczników określa bieżący kąt pochylenia samolotu;

b/ laserowa stacja podświetlania i pomiaru odległości "KLOK-54": zapewniająca pomiar odległości i podświetlenie celu promieniem lasera podczas strzelania i bombardowania.

- Układ informacyjno-nawigacyjny, który zapewnia pomiar parametrów ruchu własnego samolotu. W skład tego układu wchodzi:

a/ układ sygnałów powietrza SWS, który służy do pomiaru prędkości powietrznej, wskazywania liczby Ma oraz pomiaru wysokości bezwzględnej i względnej;

b/ bezwładnościowy układ kursu JKW, który przeznaczony jest do pomiaru kursu, prędkości podróźnej, przyspieszeń oraz przechyleń i pochyłeń samolotu;

c/ doplerowski miernik prędkości podróźnej i kąta znoszenia DISS, który zapewnia pomiar KZ i W;

- radiowysokościomierz, który zapewnia pomiar wysokości od 0 do 1500m;

d/ radiotechniczny system bliskiej nawigacji /RSBN/ "RADIWAŁ";

e/ radiotechniczny system dalekiej nawigacji /RSDN/ "SKIP-2", który dokonuje namiaru odległości w kwadracie współrzędnych o boku 1200 km, może współpracować z systemem "LORAN-S" lub "LORAND" składającym się z 3 radiolatarni położonych w odległościach do 1000 km. Radiolatarnie te pracują w systemie hiperbolicznym w paśmie częstotliwości 100-200 kHz, zasięg systemu 1500-2000 km i 4000 km. RSDN określa współrzędne z dokład-

nością 100-200 m i pracuje w warunkach: przechwycenia, śledzenia oraz pomiaru;

- Układ sterowania, składa się z: autopilota typu SAU-22M2; urządzenia sterowania uzbrojeniem /SUO/; urządzenia kierowania rakietami "WIJUGA"; urządzenia sterowania stacją "KLON-54" i "MIETKA"; urządzenia sterowania pokładowym telefonem SPU oraz pulpitemi sterowania np.: PSR-54 do programowania warunków strzelania, bombardowania i urządzenia "FN-23K-1" do programowania zadań nawigacyjnych, a także z pulpitemi do automatycznego wprowadzania danych nawigowania i ręcznej kontroli przed lotem. Programując zadania nawigacyjne wprowadza się do maszyny cyfrowej za pomocą karty perforowanej i pulpitu dane dotyczące współrzędnych lotniska startu, 6 pośrednich punktów trasy lotu, 3 lotnisk zapasowych lub radiolatarni RSBN. System zabezpiecza zmianę kierunku lotu w ręcznym lub automatycznym sterowaniu samolotu. Pozwala na operatywny lot na dowolny pośredni punkt trasy lub jedno z trzech lotnisk. Zabezpiecza również po tej samej trasie lot powrotny oraz lądowanie. Zabezpiecza powtórny nalot na cel naziemny z zastosowaniem lewego lub prawego kręgu.

Ponadto w system ten wchodzi taśma magnetyczna służąca do kontroli parametrów lotu.

- Bloki sprzężenia sygnałów i rozdziału sygnałów BSR-54 oraz blok wzmacniaczy i zasilania BUP-17M, który zapewnia podawanie prądu do funkcjonowania celownika.

- Blok przetwarzania i łączności BPS-32K, przeznaczony do przetwarzania informacji, podawanej z CWM i zapisywania jej na taśmie magnetycznej.

- Blok nadajników przyspieszeń katowych samolotu /DUS/ stanowiący układ trzech przyrządów żyroskopowych, zapewniających pomiar i wydawanie trzech składowych prędkości katowych samolotu w stosunku do jego osi pionowej, podłużnej i poprzecznej.

- Pulpit zakresów specjalnych PSR-54 - przeznaczony do kierowania kompleksem PrNK-54 w zakresie rozwiązywania zadań celowania.

#### 1.4. Wykorzystanie systemu nawigacyjno-pilotażowego "POLIOT-1I" w lotach dla celów nawigowania na samolocie MiG-23MF

Na wyposażeniu samolotu MiG-23MF znajduje się system nawigacyjno-pilotażowy "POLIOT-1I" w skład którego wchodzi:

- aparatura radiotechnicznego systemu bliskiej nawigacji /RSBN/;

- system kursu i wysokości /SKW/;
- nadajniki prędkości powietrznej /DWS/;
- nadajniki wysokości.

Wymieniony system pracuje w zakresie ręcznego sterowania i zapewnia wykonanie następujących zadań nawigacyjnych:

- lot po trasie z wykorzystaniem trzech uprzednio zaprogramowanych punktów zmiany kierunku lotu /PZK/ i czterech lotnisk przewidzianych w locie do zmiany kierunku lotu, z korekcją współrzędnych według jednej z czterech zaprogramowanych radiolatarni /RSBN/ rozmieszczonych na lotniskach lub ustawionych na odcinkach lotu między strefami zasięgów punktów nawigacyjnych;

- wyprowadzenie samolotu z dowolnego punktu trasy na jedno z czterech zaprogramowanych lotnisk;

- wyprowadzenie samolotu w TWA do punktu początku manewru do lądowania, wykonanie manewru do lądowania z wyjściem w strefę działania radiolatarni kursu /KRN/, zaprogramowanego lotniska lądowania na zakresie "powrót", jeżeli odbierane są sygnały korekcji z radiolatarni RSBN. W wypadku gdy nie ma sygnałów korekcji z radiolatarni RSBN, wyprowadzenie samolotu w rejon lotniska lądowania odbywa się podobnie jak lot do PZK, przez zliczenie współrzędnych i bez uwzględnienia manewru przebijania cennur na tym lotnisku;

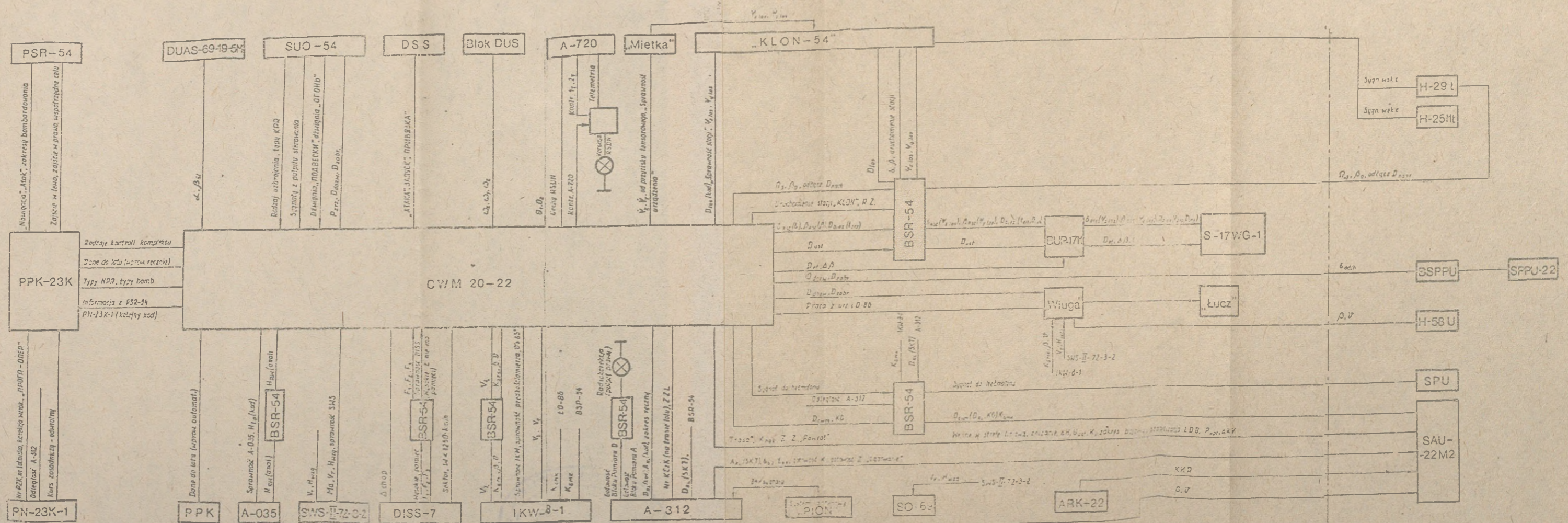
- wyprowadzenie samolotu na uprzednio nie zaprogramowane lotnisko lądowania, wyposażone w radiolatarnię RSBN;

- wykonanie manewru do lądowania według systemu PRMG z jednoczesnym pomiarem odległości początku drogi startowej;

- wykonanie powtórnego manewru do lądowania na zaprogramowanym lotnisku lądowania, jeżeli odbierane są sygnały korekcji radiolatarni RSBN danego lotniska;

- wykonanie manewru do lądowania tylko według radiolatarni RSBN z jednoczesnym pomiarem odległości do radiolatarni RSBN /ze znizaniem do wysokości 300 m/.

Działanie systemu "POLIOT-11" sprawdza się za pomocą: pilotażowego wskaźnika komend kursu /KPP/; pilotażowo-nawigacyjnego wskaźnika /NPP/; licznika odległości /PPD/ oraz wskaźnika SEI na zakresach "lot po zaprogramowanej trasie", "Powrót" i "Lądowanie".



Rys. 1. IDEOWY SCHEMAT KOMPLEKSU CELOWNICZO-NAWIGACYJNEGO "PrNK-54" na samolocie Su-22M4

LEGENDA:

- ECM - elektroniczna maszyna cyfrowa
- BSR - blok sprzężenia i rozdziału sygnałów
- BUP - projektor świetlny
- SWS - system sygnałów powietrznych
- DISS - system doplerowski
- JKW - system bezwładnościowy
- LUCZ - sygnalizacja świetlna i zapis

- A-036 - radiowysokościomierz
- A-312 - radiotechniczny system bliskiej nawigacji
- A-720 - radiotechniczny system dalekiej nawigacji
- ARK - automatyczny radiokompas
- SAU - automatyczny pilot
- SO - urządzenie aktywnej odpowiedzi /transponder/
- S-17WG-1 - głowica celownicza
- DUS - blok przyrządów żyroskopowych pomiaru przechyleń
- PPK-23 i PPK - pulpity wprowadzania danych
- PN - pulpit nawigacyjny

## 2. WŁAŚCIWOŚCI NAWIGOWANIA SAMOLOTÓW Su-22M4 i MiG-23MF PRZY POMOCY RSBN

Wyposażenie tych samolotów w aparaturę RSBN w znacznym zakresie ułatwia ich nawigowanie, ponieważ zapewnia on wykonanie następujących zadań:

- a/ określenie w czasie lotu współrzędnych biegunowych miejsca samolotu odnośnie radiolaterni RSBN-4N;
- b/ określenie nakazanego kursu i odległości do kolejnych punktów zmiany kierunku na trasie lotu /PZK/ w czasie lotu po zaprogramowanej trasie;
- c/ w zakresie "POWRÓT" wyjście na dowolnie zaprogramowane lotnisko z zabezpieczeniem zniżania z wysokości przelotowej po nakazanym torze lotu w płaszczyźnie pionowej oraz wykonanie manewru do lądowania podczas ręcznego sterowania;
- d/ wykonanie manewru do lądowania z wykorzystaniem radionawigacyjnego systemu lądowania typu PRMG w zakresie ręcznego, dyrektywnego lub automatycznego sterowania;
- e/ przestrojenie się w czasie lotu na nie zaprogramowane radiolaternie RSBN i PRMG, wyjście na nie podczas ręcznego sterowania oraz zejście do lądowania podczas ręcznego, dyrektywnego lub automatycznego sterowania samolotem.

Strefą działania systemu RSBN jest kwadrat o boku równym 6000 km. Zadania nawigacyjne w tej strefie rozwiązywane są w ortodromicznym układzie współrzędnych.

Oś  $x$  tego układu przechodzi wzdłuż południka geograficznego przez punkt początku układu współrzędnych i w kierunku północnym ma wartość dodatnią.

Oś  $y$  jest prostopadła do osi  $x$  i w kierunku wschodnim ma wartość dodatnią.

Wszystkie kierunki mierzone są w stosunku do osi  $x$ , która jest jednocześnie południkiem umownym.

W związku z powyższym, aby nawigować można było z wykorzystaniem systemu RSBN, należy wykonać odpowiednie przygotowanie do lotu, które polega na:

- a/ przygotowaniu mapy specjalnej;
- b/ wyborze trasy lotu i określeniu potrzebnych danych do wprowadzenia do systemu;
- c/ przygotowaniu mapy do lotu;
- d/ wprowadzeniu potrzebnych danych do systemu RSBN /zaprogramowanie/;
- e/ sprawdzeniu przed lotem prawidłowości wprowadzenia potrzebnych danych /zaprogramowania/ oraz sprawdzeniu sprawności systemu.

Przygotowanie mapy specjalnej - obejmuje wrysowanie siatki współrzędnych ortodromicznych i określenie danych wyjściowych lotnisk zapasowych oraz innych punktów naziemnych.

Siatka współrzędnych ortodromicznych z zasady powinna być jednakowa dla wszystkich jednostek Wojsk Lotniczych Frontu. Wrysowanie tej siatki wykonuje się z zasady na mapie w skali 1 : 1000000. Początek współrzędnych ortodromicznych wybiera się, wychodząc z konkretnych warunków bazowania. Punkt początku układu jest określony wcześniej i podany przez przełożonych. Przez punkt początku współrzędnych przeprowadza się osie X i Y. Na osi wrysowuje się punkty /podziałkę/ co 2 cm mapy i przez nie przeprowadza się linie równoległe do poszczególnych osi. Linie oddalone od osi co 100 km pogrubia się. Powstałą siatkę opisuje się tak, aby było wygodnie z niej korzystać w czasie lotu.

Po wrysowaniu na mapę siatki współrzędnych umieszcza się na niej położenie radiolatarni RSBN lotniska własnego i zapasowych, które będą wykorzystane w locie. Dla każdego z tych lotnisk i punktów na trasie lotu określa się:

- a/ współrzędne ortodromiczne radiolatarni RSBN;
- b/ kąt zbieżności południków -  $\Delta$ ;
- c/ umowną deklinację magnetyczną -  $\Delta M_y$ ;
- d/ kurs magnetyczny lądowania -  $\Psi_{MDS} / \Delta M /$ ;
- e/ kurs geograficzny lądowania -  $\Psi_{GDS}$ ;
- f/ kurs ortodromiczny lądowania -  $\Psi_{DS} / ^\circ /$ ;
- g/ odległość miejsca postoju RSBN od osi DS  $/ Z_0 /$ ;
- h/ kanały pracy, kwarca i kody radiolatarni RSBN i PRMG.

Powyższe dane umieszcza się w tabeli danych wyjściowych i przechowuje się oddzielnie /patrz załącznik nr 4/. Mapa specjalna i tabela danych wyjściowych przygotowawana jest przez starszego nawigatora pułku lub eskadry. W sporadycznych sytuacjach może być sporządzona przez pilota bezpośrednio przed lotem. Przykład tabeli danych wyjściowych patrz załącznik nr 3.

#### Wybór trasy lotu.

Wyboru trasy lotu dokonuje się z uwzględnieniem otrzymanego zadania, sytuacji taktycznej oraz możliwości wykorzystania systemów radionawigacyjnych. W wypadku korzystania z RSBN w charakterze punktów zmiany kierunku lotu /PZK/ należy wybierać obiekty charakterystyczne, aby w przypadku awarii systemu radionawigacyjnego nie było utrudnione nawigowanie samolotu.

Po wyborze trasy lotu wyznacza się lotniska zapasowe i określa dane do wprowadzenia w system w celu zaprogramowania trasy lotu.

Do systemu wprowadza się następujące dane, które będą wykorzystywane w nawigowaniu samolotu:

- współrzędne ortodromiczne PZK i radiolatarni RSBN;
- kąty zbieżności południków punktów rozmieszczenia radiolatarni RSBN, które wykorzystane będą w programowaniu;
- deklinację magnetyczną lotniska startu;
- geograficzny kierunek lądowania na lotniskach na których przewiduje się lądowanie  $\Delta\psi_{GDS} = 0-179^\circ$ ;
- odległość miejsca rozmieszczenia radiolatarni RSBN od osi drogi startowej na lotniskach na których przewiduje się lądowanie;
- szerokość geograficzną punktu początku ortodromicznego układu siatki współrzędnych;
- średnią szerokość geograficzną trasy lotu  $\psi_{sr}$ .

#### Sposób określenia współrzędnych ortodromicznych PZK i radiolatarni RSBN

Określenie współrzędnych ortodromicznych przeprowadza się za pomocą linijki pomiarowej odnośnie linii siatki lub osi współrzędnych. Jeżeli PZK znajduje się w odległości większej niż 800 km od początku układu współrzędnych, to ich współrzędne ortodromiczne oblicza się według trygonometrii sferycznej:

$$\left[ \begin{array}{l} \sin x = \sin \psi_s \cdot \cos \varphi_0 - \cos \psi_s \cdot \sin \varphi_0 \cdot \cos / \lambda_s - \lambda_0 /; \\ \sin y = \frac{\cos \psi_s \cdot \sin / \lambda_s - \lambda_0 /}{\cos x} \end{array} \right]$$

gdzie:

- $x, y$  - ortodromiczne współrzędne PZK;
- $\varphi_0, \lambda_0$  szerokość i długość sferyczna punktu układu współrzędnych ortodromicznych;
- $\psi_s, \lambda_s$  szerokość i długość sferyczna PZK.

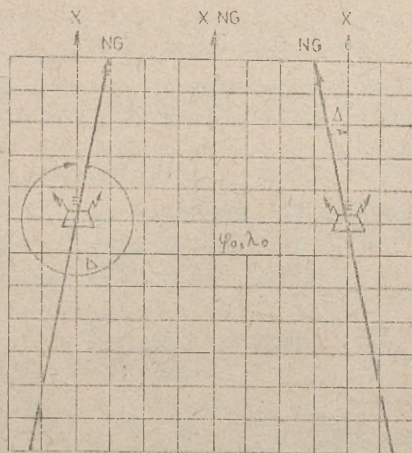
Szerokość sferyczną oblicza się według wzoru:

$$\psi_s = \psi - 8^\circ 39' \cdot \sin 2\psi$$

Rezultaty obliczeń według wyżej podanych wzorów otrzymamy w wartościach kątowych /radianach/. W celu przeliczenia ich na kilometry należy wartości kątowe pomnożyć przez umowny promień Ziemi  $R = 6372,9$  km.

### Sposób określania zbieżności południków "Δ"

Kąt zbieżności południków jest to kąt zawarty pomiędzy północnym kierunkiem południka geograficznego, a dodatnim kierunkiem osi X.



Rys. 2. Kąt zbieżności południków

Wartość kąta zbieżności odczytujemy zgodnie z ruchem wskazówek zegara od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ . Kąt ten może być zmierzony za pomocą kątomierza z dokładnością do  $0,5^\circ$  lub obliczony według wzoru:

$$\Delta = |\lambda - \lambda_0| / \sin \varphi \quad \text{-- na wschód od osi } x$$

$$\Delta = 360^\circ - |\lambda_0 - \lambda| / \sin \varphi \quad \text{-- na zachód od osi } x$$

gdzie:

$\varphi$  - współrzędne geograficzne punktu, dla którego obliczany jest  $\Delta$  ;

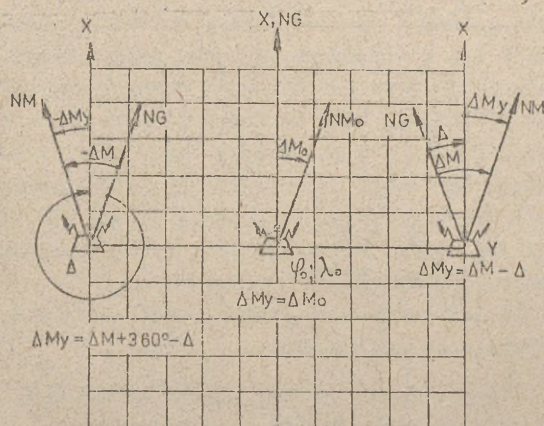
$\lambda_0$  - długość geograficzna punktu początku układu współrzędnych ortodromicznych.

Wartość kąta zbieżności południków "Δ", wprowadza się do programu wykorzystania RSBN, w celu przeliczenia azymutu geograficznego samolotu w odniesieniu do radiolatarni RSBN na kurs ortodromiczny w czasie lotu po

trasie i w zakresie "POWRÓT" /w odniesieniu do odległości większej niż 250 km od radiolatarni RSBN/ oraz w celu przeliczania ortodromicznego kursu samolotu na kurs geograficzny podczas zejścia do lądowania na lotnisku zaprogramowanym.

Umowna deklinacja magnetyczna  $\Delta M_y$  / i sposób jej określania

Umowna deklinacja magnetyczna  $\Delta M_y$  jest to kąt zawarty pomiędzy dodatnim kierunkiem osi X, a północnym kierunkiem południka magnetycznego.



Rys. 3. Umowna deklinacja magnetyczna

Odczytywana umowna deklinacja magnetyczna jest od osi X /w prawo ma znak plus, a w lewo znak minus/. Dla punktów rozmieszczonych na wschód od osi X,  $\Delta M_y = \Delta M - \Delta$ , a dla punktów rozmieszczonych na zachód od osi X,  $\Delta M_y = \Delta M + 360^\circ - \Delta$ .

Wartość umownej deklinacji magnetycznej wprowadza się do mechanizmu korekcyjnego w celu otrzymania kursu ortodromicznego.

### Arkusz obliczeń nawigacyjnych 1/

Arkusz obliczeń nawigacyjnych jest wykonywany wówczas, gdy w locie po trasie wykorzystywany będzie RSBN. Arkusz taki wypełnia nawigator eskadry /pilot/, a sprawdza starszy nawigator i szef łączności pułku. Następnie jest on przekazywany technikowi urządzeń radioelektronicznych w celu wprowadzania danych z arkusza do systemu RSBN na pokładzie samolotu. Wprowadzanie tych danych powinno być wykonywane w obecności pilota /nawigatora/ i ich kontroli. Po wprowadzeniu wszystkich danych należy sprawdzić prawidłowość wypracowania azymutu i odległości /według wskazówek nakazanego kursu i ruchomej podziałki na pilotażowo-nawigacyjnym wskaźniku NPP/ i porównać je z danymi zawartymi w arkuszu.

### Przygotowanie mapy do lotu

Mapę do lotu przygotowuje się w ten sposób, że wrysowuje się na nią siatkę współrzędnych ortodromicznych. Linie tej siatki przeprowadza się jak na mapie specjalnej. Następnie wrysowuje się trasę lotu z jej PZK i innymi punktami. Dla głównych punktów trasy, obiektów kontrolnych i obiektu uderzenia określa się i wrysowuje wartości azymutów ortodromicznych i odległości w stosunku do tych radiolatarni RSBN, które będą wykorzystywane w celu korekcji podczas lotu na danym odcinku lotu. Rozliczenie trasy należy przeprowadzić nie tylko według czasu ale i według pozostałej do PZK odległości. Kąt drogi ortodromicznej /KDO/ jest to kąt zawarty pomiędzy dodatnim kierunkiem osi X, a linią drogi. KDO należy mierzyć w stosunku do osi X względnie pionowych linii ortodromicznych siatki współrzędnych ortodromicznych.

Jeśli na mapie nie jest wrysowana siatka współrzędnych ortodromicznych, to KDO można obliczyć według wzoru:

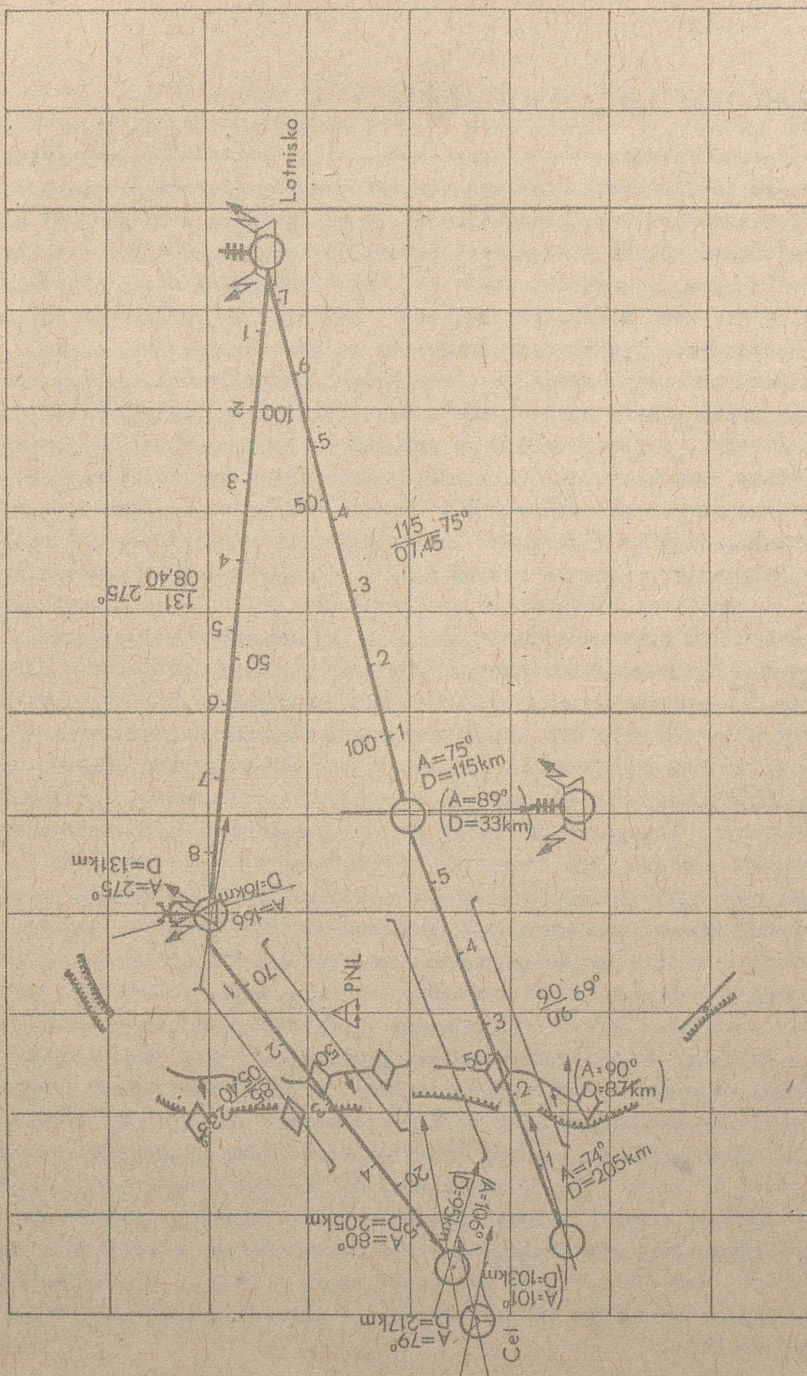
$$KDO = KDG - \Delta \quad /na\ wschód\ od\ osi\ X/;$$

$$KDO = KDG + 360^\circ - \Delta \quad /na\ zachód\ od\ osi\ X/.$$

W tym przypadku KDG mierzony jest w stosunku do południka geograficznego i dla każdego punktu pomiaru określa się wartość kąta zbieżności południków / $\Delta$ /.

Pilot, oprócz normalnych danych informacyjnych, powinien mieć wartości kątów zbieżności południków wszystkich lotnisk zapasowych /zaprogramowanych i nie zaprogramowanych/, a także geograficzne i ortodromiczne kursy lądowania na tych lotniskach i kanały pracy ich radiolatarni RSBN i PRMG.

-----  
1/ Patrz załącznik nr 3



Rys. 4. Przygotowanie mapy do lotu według programu z wykorzystaniem RSBN

### Wykonanie lotu z wykorzystaniem RSBN

Po zajęciu miejsca w kabine samolotu, pilot powinien włączyć niezbędne w czasie lotu przełączniki i urządzenia, ustawić ciśnienie barometryczne lotniska startu na wysokościomierzu, a przełącznik "ARK-RSBN" ustawić w położeniu "RSBN" /РСВН/, przełącznik "ZADANY KURS AUTOM.-RĘCZNIЕ" /КУРС ЗАДАН. АВТОМ.-РУЧН. " ustawić w położeniu "AUTOM" /АВТОМ/ natomiast na tablicy sterowania RSBN przełącznik "Ψ + 180 - WYŁĄCZ" /Ψ - 180 - ВЫКЛ. / w położenie odpowiadające kursowi lądowania.

W celu kontroli sprawności systemu RSBN i prawidłowego zaprogramowania trasy lotu, należy po podgrzaniu systemu nacisnąć przycisk kontroli "СОГЛАСОВ. М. КУРСА " utrzymując go przyciśnięty do momentu zatrzymania się ruchomej podziałki NPP /Pilotażowo-nawigacyjny wskaźnik/, a następnie nacisnąć przycisk-lampkę "1AЭР" /1. Lotnisko/ i kolejno wszystkie przyciski-lampki "ППМ". Następnie nacisnąć przycisk lampkę "PO" i kolejno wszystkie cztery przyciski lampki "....AЭР". W czasie sprawdzania należy się upewnić, że obliczone i przekazane na NPP i PPD-2 odległości i kursy nakazane w granicach dopuszczalnych błędów odpowiadają wartościom obliczonym w "Arkuszu obliczeń nawigacyjnych".

Po zakończeniu sprawdzania nacisnąć przycisk-lampkę "1. AЭР" i "ППМ".

Jeżeli w charakterze FZK wykorzystuje się radiolatarnię RSBN innego lotniska, wówczas należy nacisnąć przycisk-lampkę tego lotniska i przycisk-lampkę "PO".

Po wykołowaniu na drogę startową w razie potrzeby przeprowadzić uzgodnienie kursu.

Po starcie wyjść na nakazaną linię drogi ustalonym sposobem dla danego lotniska, a w momencie przeletu WPT włączyć sekundomierz, przyjąć nakazany kurs i utrzymywać go za pomocą wskazówki NPP naprzeciw górnego trójkątnego znacznika. Jeżeli nakazany kurs się zmniejsza to występuje znoszenie samolotu w prawo od nakazanej linii drogi, a jeżeli nakazany kurs się zwiększa to występuje znoszenie samolotu w lewo od nakazanej linii drogi. W wypadku konieczności wykonania lotu po nakazanej linii drogi należy uwzględnić znoszenie /KZ/, podebrać kurs i utrzymywać go za pomocą wskazówki 1 i znacznika NPP. W czasie dolotu do pierwszego FZK w odległości 40 km na tablicy sterowania RSBN zaświeci się lampka sygnalizująca "Д МЕНЬШЕ 40 КМ ", a po wyjściu nad FZK, przyrząd PPD-2 wskaże odległość równą "0", natomiast wskazówka kursu NPP zacznie obrót o 180°.

Po wyjściu nad FZK nacisnąć przycisk-lampkę "ППМ-2" i rozpocząć zakręt na nowy kurs. Przy tym na NPP wypracuje się kurs nakazany, a na PPD-2 odległość do FZK-2.

Jeżeli w charakterze kolejnego PZK wykorzystuje się zaprogramowaną radiolaternię RSBN, należy na tablicy sterowania RSBN nacisnąć przycisk-lampkę tej radiolaterni /"...AЭP"/ i przycisk-lampkę "PO".

Po tej czynności wskazówka nakazanego kursu wskaże kurs na radiolaternię PZK, a PPD-2 - odległość do niego. W przypadku radiokorekcji wskazówka KKR /kąta kursowego radiolaterni/ wskaże kąt kursowy radiolaterni, a PPD-2 odległość /nachyloną/ do niej. Podczas przelotu nad radiolaternią odległość wskazywana na PPD-2 równa jest wysokości lotu.

Dalsze wykonywanie lotu po trasie na kolejne PZK odbywa się w tej samej kolejności i w ten sam sposób, co i do pierwszego PZK. Podczas wejścia w strefę zasięgu kolejnej radiolaterni RSBN w celu realizacji radiokorekcji należy nacisnąć odpowiedni przycisk-lampkę "...AЭP".

W czasie lotu po trasie wskazówka kursu nakazanego NPP wskazuje według ruchomej podziałki NPP azymut ortodromiczny samolotu /kurs ortodromiczny/ w odniesieniu do radiolaterni RSBN, przy wykorzystaniu której realizowana jest korekcja, a ostrym końcem - kursowy kąt tej radiolaterni.

Przy przelocie ostatniego PZK, względnie po wykonaniu zadania /polecenia przerwania zadania/, wyjście na lotnisko lądowania wykonuje się w zakresie "POWRÓT". W tym celu na tablicy sterowania RSBN należy nacisnąć przycisk-lampkę lotniska lądowania /"...AЭP"/ i "BO3BP41". Jeżeli zakres "POWRÓT" włączony jest w odległości większej niż 250 km od lotniska lądowania, to wskaźnik NPP wypracowuje kurs rzeczywisty i nakazany na radiolaternię RSBN lotniska, a PPD-2 odległość do niego.

W przypadku wyjścia samolotu na odległość mniejszą niż 250 km od lotniska lądowania /lub włączeniu odpowiedniego zakresu/ i wejściu w zasięg danej radiolaterni RSBN np. lotniska lądowania, to system RSBN automatycznie włącza "POWRÓT RADIOWY" i zaczyna wypracowywać:

a/ rzeczywisty kurs geograficzny samolotu /w stosunku do południka przechodzącego przez lotnisko lądowania/;

b/ nakazany kurs geograficzny do jednego z punktów odniesienia strefy manewru do lądowania. Jeżeli różnica między kursem rzeczywistym samolotu, a kursem lądowania jest mniejsza niż  $90^{\circ}$ , to wówczas wypracowuje się kurs nakazany do punktu pierwszego, natomiast jeżeli różnica jest większa niż  $90^{\circ}$ , to do punktu drugiego lub trzeciego;

c/ różnicę wysokości pomiędzy wysokością przelotową 9500 m, a wysokością rzeczywistą /przekazywana jest na wskazówkę położenia ścieżki ślizgu na KPP/.

Przyrząd PPD-2 w dalszym ciągu wypracowuje odległość do radiolaterni RSBN.

Po włączeniu zakresu "POWRÓT" należy sprawdzić, czy położenie przełącznika "Ψ + 180° - БЫКЛ," odpowiada kursowi lądowania oraz czy ustawienie ciśnienia barometrycznego na wysokościomierzu jest prawidłowe. W sytuacji kiedy samolot znajduje się powyżej wysokości 9500 m, to należy się zniżyć do tej wysokości, a jeżeli poniżej wówczas można kontynuować lot na tej wysokości do momentu wyjścia samolotu na ścieżkę zniżania. W tym przypadku wskazówka położenia ścieżki ślizgu wskaźnika KPP będzie znajdować się w skrajnym górnym położeniu. Znacznik odczytu kursu wskaźnika KPP będzie w dalszym ciągu pokazywał różnicę kursu pomiędzy nakazanym, a rzeczywistym.

Zniżanie do wysokości manewru lądowania rozpoczyna się w odległości 100-120 km do radiolatarni. Moment początku zniżania określa się po obniżeniu wskazówki położenia ścieżki ślizgu wskaźnika KPP w dół poniżej znacznika zerowego wskazówek.

Maksymalna odległość od lotniska rubieży początku zniżania będzie wówczas, kiedy wyjście na lotnisko będzie z kursem zbliżonym do kursu lądowania, minimalna - podczas wyjścia z kursem przeciwnym do kursu lądowania.

We wszystkich przypadkach podczas zniżania według wskazówki położenia ścieżki zniżania /ślizgu/ na wskaźniku KPP nachylenie ścieżki zniżania będzie wynosiło  $6 \pm 1^\circ$ . Zniżanie kończy się na wysokości 600 m. Po wyjściu na wysokość manewru lądowania, zejście do lądowania wykonuje się według programu wprowadzonego do systemu RSBN lub według wskazówek kierownika lotów.

Wykonanie lotu z wykorzystaniem RSBN na lotnisko nie zaprogramowane wyposażone w system RSBN i PRMG.

W sytuacji kiedy istnieje potrzeba wyjścia samolotu na lotnisko lądowania nie zaprogramowane, a posiadające na swym wyposażeniu rozwinięty system RSBN i PRMG, wówczas gdy chcemy wykorzystać do tego lotu pokładowy system RSBN należy:

a/ włączyć przyciski-lampki "СБРОС" i "ВОЗВРАТ" na tablicy sterowania RSBN;

b/ na tablicy sterowania RSBN ustawić kanały pracy RSBN i PRMG lotniska lądowania;

c/ określić kurs ortodromiczny do lotniska lądowania i wykonać lot z tym kursem;

d/ podczas wejścia w strefę zasięgu radiolatarni RSBN lotniska lądowania ustawić przełącznik "ARK-PCBH" w położeniu "PCBH" i sprawdzić kurs według wskazówki KKR wskaźnika NPP. Należy przy tym pamiętać, że wskazów-

ka KKR drugim końcem - względem ruchomej podziałki wskaźnika NPP - wskazuje azymut geograficzny samolotu w odniesieniu do radiolatarni RSBN lotniska lądowania, a ruchoma podziałka NPP wypracowuje kurs ortodromiczny;

e/ ustawić na wysokościomierzu ciśnienie barometryczne lotniska lądowania;

f/ wykonać zniżanie według wskazań wysokościomierza i PPD-2;

g/ po wyjściu na radiolatarnię RSBN wykonać manewr do lądowania według wskazań kierownika lotów danego lotniska.

## 2.1. Nawigowanie samolotów Su-22M4 i MiG-23MF w lotach koszących i na małych wysokościach

Lot koszący na samolotach Su-22M4 i MiG-23MF może odbywać się na wysokości do 200 m nad terenem z uwzględnieniem naturalnych i sztucznych przeszkód, natomiast lot na małej wysokości od górnej granicy lotu koszącego do wysokości 900 m nad powierzchnią ziemi /wody/.

Loty koszące z zasady wykonuje się w dzień w warunkach atmosferycznych nie gorszych niż dla lotów wzrokowych z widocznością ziemi, a w ugrupowaniu zwartym w składzie nie większym niż klucz samolotów.

Loty koszące i na małych wysokościach wykonuje się w celu osiągnięcia taktycznego zaskoczenia i zmniejszenia efektywności przeciwdziałania środków OPL nieprzyjaciela. Nawigowanie samolotu w powyższych warunkach charakteryzuje się następującymi właściwościami:

- trudnością prowadzenia orientacji wzrokowej z powodu ograniczenia możliwości obserwacji terenu;
- nerwowo-psychicznym napięciem i zmęczeniem pilota spowodowanym bliskością ziemi;
- dużymi prędkościami przemieszczania się obiektów orientacyjnych, małym czasem ich obserwacji w celu rozpoznania;
- ograniczonymi możliwościami wykorzystania mapy do prowadzenia orientacji geograficznej;
- zmniejszeniem zasięgu działania radiotechnicznych środków nawigowania samolotu, a także promienia działania samolotu;
- zwiększenie prawdopodobieństwa powstania błędów w nawigowaniu w wyniku zmniejszenia się możliwości porównania, oceny i kontroli danych otrzymanych z różnych przyrządów i urządzeń.

W czasie wykonywania lotu koszącego, a także na małej wysokości w dolnym zakresie tej wysokości występuje zjawisko perspektywicznej obserwacji obiektów orientacyjnych, w wyniku czego zmieniają się kształty i rozmiary obserwowanych obiektów /celów/. Ponadto w locie nad terenem poła-

dowanym widoczność i czas obserwacji obiektów orientacyjnych znsjdują-  
cych się w dolinach znacznie się zmniejsza, ponieważ są one zakrywane  
przedmiotami terenowymi, a pilot nie rozporządza wystarczającym czasem  
do ich rozpoznania.

Duży wpływ na nawigowanie samolotu po nakazanej trasie lotu w locie  
koszącym i małej wysokości ma prędkość kątowna, która zależy od kąta kur-  
sowego obiektu, odległości do niego, wysokości i prędkości lotu. W ta-  
kiej sytuacji lepsze warunki nawigowania są wówczas gdy lot odbywa się  
na wysokościach 300-500 m, a obserwowane obiekty będą się przewieszczać  
w odległości 300-1000 m od linii drogi samolotu.

Wszystko to wymaga od pilota w czasie lotu zwiększenia uwagi. Szczeg-  
ólnie należy zwrócić uwagę na wytrzymanie wysokości lotu i nakazanych  
elementów nawigacyjnych. Złożoność i zależność rozwiązania zadania na-  
wigacyjnego w takich warunkach, wyklucza praktycznie stosowanie metod  
analitycznych do rozwiązania zadań nawigacyjnych. Również ograniczone są  
możliwości stosowania do tego celu metod graficznych, które na jednodziej-  
scowych samolotach np. MiG-23 i Su-22 są w ogóle nie do przyjęcia. Powyż-  
sze ograniczenia możliwości nawigowania tradycyjnego narzuca konieczność  
automatyzacji procesu nawigowania samolotu, a więc wykorzystanie urzą-  
dzeń radiotechnicznych.

W tym celu dla zapewnienia bezpieczeństwa lotu należy wykorzystywać  
radiowysokościomierz z ustawieniem minimalnej bezpiecznej wysokości lotu  
oraz RSBN, który również z powodu wykonania lotu koszącego i na małej  
wysokości będzie miał ograniczenia w zasięgu. Nakłada to na pilota obo-  
wiązek prowadzenia orientacji szczegółowej w czasie lotu, ponieważ sys-  
tem RSBN prowadzi autonomiczne zliczenie drogi bez wprowadzenia korekcyj-  
a tym samym bez uwzględnienia wpływu wiatru. W tych warunkach zaleca się  
co pewien czas zwiększać wysokość lotu do strasy działania RSBN i prze-  
prowadzić korekcję miejsca samolotu według najbliższych radiolatarni  
RSBN.

Loty na wymienionych wysokościach w odniesieniu do nawigowania wyma-  
gają utrzymania dokładnego kursu. Dopuszczalnie nawet niewielkiej róż-  
nicy w utrzymaniu kursu obliczonego, może prowadzić do znacznych błędów  
w określeniu miejsca samolotu, a nawet do utraty orientacji geograficz-  
nej.

Podczas lotu z prędkością 900 km/h w czasie 5 min. błąd w utrzymaniu  
kursu  $5^{\circ}$  powoduje odejście samolotu od linii drogi o 6,5 km.

A zatem pilot, powinien nieustannie określać miejsce samolotu według  
wcześniej wyznaczonych na trasie lotu charakterystycznych obiektów orien-  
tacyjnych, które powinien znać na pamięć. Odległość widoczności obiektów

orientacyjnych w locie koszącym i na małej wysokości przedstawia poniższa tabela.

Tabela 1

Obiekty orientacyjne	Odległości wykrycia /w km/ na wysokości lotu /m/			
	100	300	500	1000
Miasta:				
- duże	6	12	18	30
- małe	3	5	7	12
Rzeki i jeziora:				
- duże	3	5	10	16
- małe	2	3	8	11
Szczy i linie kolejowe	2	5	9	15
Lasy	3	5	10	15

Należy brać pod uwagę to, że wraz ze wzrostem prędkości lotu pogarsza się widzialność obiektów orientacyjnych z powodu silizny na szkle pancernym. Wszystkie omawiane właściwości nawigowania samolotu w locie koszącym i małej wysokości stwarzają trudności i zobowiązują pilota do szczególnie dokładnego przygotowania się do lotu i jego wykonania. W tym też celu w czasie przygotowania do lotu główną uwagę skupia się na zapoznaniu z przeszkodami i wrysowanie ich na mapę dla zapewnienia bezpieczeństwa oraz wykorzystania ich podczas prowadzenia orientacji wzrokowej.

Ważną rolę spełnia również zapoznanie się z cechami szczegółowymi poszczególnych obiektów orientacyjnych według których będzie można łatwo je rozpoznać podczas lotu. Ponadto określa się, jakie środki radiotechniczne mogą być wykorzystane w czasie lotu na poszczególnych odcinkach trasy i w jakiej kolejności. Ogólnie można stwierdzić, że możliwości wykorzystania systemów nawigacyjnych /kątowno-odległościowych i odległościowych/ w czasie lotu koszącego i na małej wysokości jest ograniczona ze względu na zmniejszenie zasięgu ich działania. Jeżeli naziemne stacje umieścimy na śmigłowcach, zasięg kątowno-odległościowych systemów znacznie się zwiększy i można je z powodzeniem wykorzystywać do wyjścia na cel przy znanych współrzędnych. Kontrolę wyjścia na linie nakazanej drogi i kontrolę lotu po trasie można również przeprowadzać za pomocą radiokompasu lub radionamiernika. Niemniej należy pamiętać, że na małych wysokościach zasięg łączności UKF znacznie się zmniejsza i na wysokościach 300-600 m wynosi 50-70 km, to samo dotyczy radiolatarni prowadzących.

W takiej sytuacji aby wyjść na cel naziemny odpowiednio zamaskowany i przy złej widoczności w końcowym etapie lotu do celu wybiera się charakterystyczny obiekt, od którego wykonuje się lot według kursu i czasu z wykorzystaniem środków radionawigacyjnych oraz orientacji wzrokowej. Przed wykonaniem lotu koszącego i na małej wysokości przeprowadza się inżynierjno-nawigacyjne obliczenie lotu.

## 2.2. Nawigowanie samolotów Su-22M4 i MiG-23MF na dużych wysokościach i w stratosferze

Nawigowanie samolotów Su-22M4 i MiG-23MF na dużych wysokościach obejmuje przedział wysokości 4000-12000 m /według  $H_{AW}$ /, a w stratosferze powyżej 12000 m /według  $H_{AW}$ /.

Loty na dużych wysokościach i w stratosferze wykonuje się w celu przechwytywania obiektów powietrznych i zwiększenia promienia działania samolotu w czasie wykonywania innych zadań bojowych.

Nawigowanie samolotu na tych wysokościach charakteryzuje się następującymi właściwościami:

a/ pogorszeniem warunków orientacji wzrokowej - ponieważ obiekty małe i średniej wielkości z zasady nie są rozpoznawalne. Przy ograniczonej widzialności i obecności zachmurzenia w granicy 5-7/10 prowadzenie orientacji wzrokowej znacznie się komplikuje, a nawet może być niemożliwe. Ciemne od chmur mogą być przyjęte za masywy lasne, jeziora lub miejscowości. Ponadto prowadzenie orientacji wzrokowej na tych wysokościach utrudniane jest tym, że znaczna część ziemi zakryta jest przez kadłub i skrzydła samolotu, a podczas wznoszenia się pod dużymi kątami część nosowa samolotu zakrywa z przodu obiekty orientacyjne i wyklucza możliwość ich obserwacji. Jeżeli podczas lotów na wysokości 1000 m szerokość nie obserwowanego pasa ziemi wynosi 1,5 do 2 km, to podczas lotów na wysokości 15000 m wynosi ona 22-30 km. Utrudniona jest dokładność wzrokowego określenia miejsca samolotu z powodu zbyt małych kątów wizowania obiektów orientacyjnych /z wysokości 12000-13000 m dokładność określenia wynosi 10-15 km/.

Odległość widoczności obiektów orientacyjnych latem w locie na wysokości 10000 m w jasną pogodę przy dobrej widoczności może być następująca:

Tabela 2

Obiekty orientacyjne	Odległość widoczności
1	2
Duże jezioro linia brzegowa morza	250 km
Miasta:	
- duże	70-80 km
- średniej wielkości	50-60 km
- miejskie ośrodki	30-40 km
Drogi startowe o betonowej nawierzchni	do 100 km

O ile prowadzenie ogólnej orientacji wzrokowej na dużych wysokościach przy dobrej widzialności jest ułatwione /zwiększa się odległość wykrycia dużych obiektów orientacyjnych/, to prowadzenie orientacji szczegółowej z wysokości dużej i stratosfery jest znacznie utrudnione.

Podczas przechwytywania celów powietrznych wzrókowe poszukiwanie i ich wykrycie na tych wysokościach jest również utrudnione. Odległość wykrycia pojedynczego samolotu pod sylwetkami 0/4 i 1/4 wynosi 5-8 km. Lepsze warunki wykrycia w takiej sytuacji są przy poszukiwaniu od strony słońca. Ponadto długotrwałość obserwacji polerowanych części samolotu i chmur oświetlonych słońcem prowadzi do zwiększenia czasu odczytywania wskazań przyrządów umieszczonych w nieoświetlonej bezpośrednio słońcem kabine, a także ze wzrostem wysokości lotu zmniejsza się rozpraszanie światła, w rezultacie czego zwiększa się kontrastowość między oświetlonymi, a nie oświetlonymi obiektami.

b/ pogorszenie możliwości manewrowych samolotu - ponieważ zmniejsza się zakres prędkości i prędkości wznoszenia. W pobliżu pułapu praktycznego samolotu pogarsza się podłużna i poprzeczna stateczność, co utrudnia utrzymanie nakazanych warunków lotu, wzrastają dopuszczalne prędkości do wykonania zakrętu, w wyniku czego promień i czas zakrętu, osiąga duże wartości co należy uwzględnić w czasie wykreślenia trasy lotu, np. w stratosferze na  $H = 19000$  m przy  $V = 2$  Ma, przechyleniu  $\beta = 30^\circ$ , promień zakrętu  $R = 62$  km, a czas zakrętu wyniesie 5,5 min. Pogorszenie w stratosferze możliwości manewrowych samolotu ograniczają możliwości lotu w szybach zwartych i luźnych, co ma ujemny wpływ na nawigowanie grup uderzeniowych i wykonanie zadań bojowych.

c/ zmniejszeniem zużycia paliwa i zwiększeniem zasięgu oraz długotrwałości lotu - obliczenie lotu na ziemi powinno być wykonywane z uwzględnieniem faktycznego lub prognostycznego wiatru.

Przy wyborze profilu lotu należy określić nie tylko kierunek i prędkość wiatru, ale również prądy strumieniowe i temperatury na poszczególnych wysokościach.

Na dużych wysokościach w strefie prądów strumieniowych prędkość wiatru może przekraczać 300 km/h, w wyniku czego nawet przy dużych prędkościach lotu kąt znoszenia może osiągnąć 10-15° i nieuwzględnienie wiatru może doprowadzić do znacznego odchylenia samolotu od nakazanej linii drogi.

Ponadto odchylenie faktycznej temperatury na dużych wysokościach, od standardowej prowadzi do zmniejszenia lotnych właściwości samolotu i tak jeśli faktyczna temperatura jest wyższa od standardowej o 5°C, to zwiększa się godzinowe zużycie paliwa i zmniejsza się rzeczywista prędkość powietrzna samolotu w przybliżeniu o 1%.

Zmianę pułapu praktycznego przy odchyleniu faktycznej temperatury od standardowej można określić za pomocą następującego wzoru:

$$\Delta H = 60 \cdot (t_{std} - t_H)$$

gdzie:

$t_{std}$  - temperatura standardowa;

$t_H$  - faktyczna temperatura na danej wysokości.

W tym przypadku gdy chcemy wykonać lot na maksymalny zasięg, wysokość lotu powinna być mniejsza od praktycznego pułapu samolotu. Szczególnie rozkład faktycznej temperatury na danych wysokościach należy uwzględniać w dolnej stratosferze, kiedy możliwe jest przecięcie tropopauzy i wejście w troposferę przy stałej wysokości lotu. Wysokość tropopauzy zależy od szerokości geograficznej, pory roku i procesów zachodzących w atmosferze.

d/ zwiększeniem zasięgu działania środków radiotechnicznych - wyposażenie samolotów MiG-23 i Su-22M4 w system RSBN znacznie ułatwia pilotowi oraz nawigowanie po nakazanych trasach lotu na dużych wysokościach i stratosferze.

Wykorzystanie tego systemu jest szczególnie celowe przy konieczności dokładnego wyjścia na poszczególne PZK lub naziemny obiekt. Zasięg RSBN w lotach na dużej wysokości i stratosferze wynosi od 250-400 km, co w pełni zapewnia na takiej odległości ciągłe określanie do naziemnej radiolotarni RSBN azymutu i odległości, a tym samym miejsca samolotu.

Uwzględniając w lotach na dużej wysokości i w stratosferze ograniczone możliwości dokładnego nawigowania, za pomocą orientacji wzrokowej, wykorzystanie systemów radionawigacyjnych i radiolokacyjnych w znacznej mierze ułatwia możliwość wykonania zadań bojowych przez dokładne wyjście

na cel z uwagi na półautomatyczne prowadzenie samolotu po nakazanej trasie, wyprowadzenia go na nakazany punkt, wraz ze wskazaniem momentu dolo-  
tu do punktu i momentu przelotu nad punktem.

### 2.3. Nawigowanie samolotów Su-22M4 i MiG-23MF w chmurach i nad chmurami

Nawigowanie samolotów Su-22M4 i MiG-23MF w chmurach i nad chmurami za-  
licza się do lotów w trudnych warunkach atmosferycznych, a charakteryzu-  
ją się one następującymi właściwościami:

a/ całkowity brak możliwości wzrokowego określenia położenia samolotu  
- w związku z tym nawigowanie samolotu w chmurach odbywa się według przy-  
rzędów. Loty w chmurach powodują zwiększenie napięcia psychicznego, utrudniają utrzymanie nakazanych warunków lotu i prowadzą do szybkiego zmęczenia pilota. Loty w takich warunkach wymagają ciągłego treningu i trwałych nawyków u personelu latającego w lotach według przyrzędów.

W celu ułatwienia pilotowania samolotu w chmurach wykorzystuje się automatycznego pilota "SAU" w zakresie "Stabilizacja" lub "Doprowadzenie", co w rezultacie upraszcza pilotowanie samolotu i pozwala pilotowi skupić się na przyrządach nawigacyjnych oraz kontroli linii drogi samolotu przy pomocy radiotechnicznych środków nawigacji np. RSBN.

b/ występowanie prądów pionowych powodujących turbulencję i "rzucanie" samolotem - co utrudnia pilotowi pilotowanie samolotu szczególnie bez włączenia zakresu "Stabilizacja" lub zakresu "Doprowadzenie" i prowadzi do szybkiego zmęczenia pilota. Loty w chmurach przy dużej turbulencji powodują "rzucanie" samolotem, które może spowodować naruszenie określonego schematu podziału uwagi, naruszenie kolejności pracy na przyrządach w kabinie samolotu, powstawanie błędów w technice pilotowania i nawigowania samolotu;

c/ możliwość oblodzenia samolotu - co stwarza poważne niebezpieczeństwo w pilotowaniu i nawigowaniu samolotu. Oblodzenie samolotu występuje szczególnie w okresie jesienno-zimowym w locie w chmurach do wysokości 3000 m, a w okresie letnim na wysokościach powyżej 3000 m przy temperaturze otaczającego powietrza od 0 do - 10°C.

We wszystkich takich sytuacjach podczas lotu w chmurach, powinno być włączone ogrzewanie przedniej szyby kabiny oraz odbiornika ciśnienia powietrza /OCP/.

Niemożliwość prowadzenia orientacji wzrokowej oraz możliwości wystąpienia u pilota złudzeń co do przestrzennego położenia samolotu oraz niedowierzanie prawidłowości wskazań przyrządów może doprowadzić do naruszenia nakazanych warunków lotu i braku kontroli nad prawidłowością nawigowania samolotu. W związku z powyższym znacznie ułatwia nawigowanie samo-

lotu w takich warunkach autopilot i wykorzystanie pokładowych środków nawigacji np. na samolocie MiG-23 systemu nawigacyjno-pilotażowego "POLIOT-11", a na samolocie Su-22M4 kompleks celowniczo-nawigacyjny PrNK-54. Pilotowanie samolotu nad chmurami jest znacznie prostsze od pilotowania w chmurach, natomiast nawigowanie wykonuje się za pomocą środków radiotechnicznych, ściśle utrzymując nakazane warunki lotu /kurs, prędkość i wysokość lotu oraz czas/. Ponadto widoczność horyzontu pozwala określić wzrokowo położenie samolotu i nie występuje oblodzenie.

#### 2.4. Nawigowanie samolotów Su-22M4 i MiG-23MF w nocy

Nawigowanie w nocy związane jest z pogorszeniem warunków prowadzenia orientacji wzrokowej z powodu słabej widoczności powierzchni ziemi i nie oświetlonych obiektów orientacyjnych, a także zmniejszeniem dokładności nawigacyjnych pomiarów za pomocą kątowych radiotechnicznych systemów w wyniku działania "błędu nocnego".

W nocy widzialność powierzchni ziemi i naziemnych obiektów orientacyjnych zależy od pory roku, fazy księżyca, charakteru terenu, warunków atmosferycznych i wysokości lotu.

Występowanie pokrywy śnieżnej zwiększa intensywność oświetlenia i powoduje bardziej ostry kontrast naziemnych obiektów orientacyjnych /niezamarznięte rzeki i jeziora, masywy leśne itp./, a jednocześnie zaśnieżone obiekty orientacyjne tracą swoją kontrastowość i zlewają się z tłem terenu.

Najbardziej niekorzystne warunki do prowadzenia orientacji wzrokowej występują na wiosnę i jesienią, kiedy orientacyjne obiekty zniekształcają się z powodu różnokolorowej powierzchni ziemi.

Podczas jasnej nocy przy pełni księżyca wystarczająco dobrze rozróżnia się naziemne obiekty orientacyjne /rzeki, jeziora, masywy leśne, miasta i osiedla/. Podczas ciemnej nocy znacznie polepsza się widzialność świetlnych obiektów orientacyjnych odległość do nich pozornie zmienia się i jest ją stosunkowo trudno określić.

Do wzrokowej obserwacji naziemnych obiektów orientacyjnych wymagana jest dobra adaptacja oka, oraz znajomość charakterystycznego ich oświetlenia na pamięć. Trudności w ustaleniu odległości bardzo często prowadzą do pomylenia obiektów, a tym samym złego określenia miejsca samolotu.

Odległość widzialności świetlnych obiektów orientacyjnych przedstawia tabela.

Tabela 3

Obiekty orientacyjne	Odległość widzialności
1	2
Duże miasta	120-140 km
Błask reflektora przeciwlotniczego /lub lotniskowej stacji reflektorowej typu APM/	110-120 km
Światła pieców hutniczych	60-80 km
Duże stacje kolejowe	50-75 km
Małe miasta	30-50 km
Kodowo-neonowa latarnia lotniskowa typu KNS /z H = 1000 m/	30-40 km

W lotach nocnych w stratosferze całkowicie nie jest możliwe prowadzenie orientacji wzrokowej bez widoczności świetlnych obiektów orientacyjnych. W takiej sytuacji nawigowanie odbywa się tylko według przyrządów i wykorzystania środków radionawigacji /astronawigacji/. W czasie lotu nocnego z zasady wyklucza się możliwość korzystania z mapy /za wyjątkiem map pokładowych dzienników i przyrządów przystosowanych do pracy w zamkniętej kabinie/. Dlatego też pilot podczas wykonywania lotu po trasie w nocy powinien znać na pamięć nawigatorski plan lotu, dane obliczone i wprowadzone do RSBN.

Przed lotem po trasie w nocy szczególnie dokładnie powinno się ocenić warunki atmosferyczne, ponieważ w czasie lotu ich ocena jest bardzo trudna i niewyklucza się nieoczekiwane wejścia w chmury. Ocenę pogody powinno się prowadzić pod kątem wykluczenia w czasie lotu w wejście w takie warunki atmosferyczne, które zagrażają bezpieczeństwu lotu /chmury burzowe/. Loty w nocy w trudnych warunkach atmosferycznych np. w chmurach, szczególnie utrudniają pilotowanie i nawigowanie samolotu. Na trudności te mają wpływ:

- niemożliwość określenia wzrokowo zjawisk atmosferycznych;
- zwiększenie się ilości i ostrości poświaty na oszkleniu kabiny;
- powstanie z przodu samolotu ekranu świetlnego od świateł ANO, jeśli są włączone;

- powstanie błędów w pracy środków radiotechnicznych nawigowania samolotu oraz zwiększenie się zakłóceń łączności radiowej.

Największe błędy w radionawigacyjnych systemach kątowych powstają o zmroku, i na 1-2 godziny przed wschodem oraz 1-2 godziny po zachodzie słońca, błędy osiągają wówczas 30-40°, a nawet więcej. W nocy błędy te mogą osiągnąć wartości 10-15°.

W celu zmniejszenia efektu błędu nocnego powinno się do nawigowania wykorzystywać radiolatarnie pracujące na falach dłuższych i oddalone od trasy do 100 km, a ponadto określać średnie radionamiary. Naziemne radiolatarniki nie mają błędu nocnego, niemniej ich zasięg i dokładność określenia radionamiarów znacznie się zmniejsza.

Nawigowanie samolotu w nocy w TWA wykonuje się w zasadzie tylko według danych obliczonych z wykorzystaniem środków radiotechnicznych, szczególnie w locie po trasie. Natomiast technika wykonania samego lotu po trasie, wykorzystanie systemu RSBN i innych przyrządów pilotażowo-nawigacyjnych nie różni się zasadniczo od lotu w dzień.

W takich warunkach celowe jest wykorzystywanie pilota automatycznego na zakresie "Stabilizacja", co znacznie ułatwia pilotowanie i nawigowanie samolotu.

#### 2.5. Nawigowanie samolotów Su-22M4 i MiG-23MF nad morzem

Loty nad morzem różnią się zasadniczo od lotów nad lądem, gdyż uzależnione są od oświetlenia naturalnego i pogody. Podczas występowania chmur kłębiastych przy zachmurzeniu mniejszym niż 10/10 pojawiają się na powierzchni morza świetlne plamy od promieni słonecznych, na tle których cienie od chmur stwarzają złudzenie wysp. Natomiast podczas pełnego zachmurzenia ciemne tło morza stwarza skomplikowaną sytuację szczególnie o zmroku, gdyż zmniejsza się znacznie widzialność i nie jest widoczny horyzont naturalny. Prowadzenie orientacji wzrokowej przy niewidoczności linii brzegowej jest niemożliwe. A więc nawigowanie samolotu wykonuje się tylko z wykorzystaniem środków radiotechnicznych.

Jeżeli podczas lotów nad lądem przy widzialności 10-15 km pilot nie ma trudności w utrzymaniu położenia przestrzennego samolotu, to podczas lotów nad morzem przy dymce, gdy powierzchnia jego jest spokojna, to nawet w odległości 15-20 km może się zacierać horyzont naturalny i mogą powstać złudzenia co do wartości kąta przechylenia i pochylenia samolotu.

Przy braku chmur i ograniczonej widzialności i nie występowania fal podczas lotu, a szczególnie podczas wykrywania okrętów może powstać złudzenie, że okręty "wiszą" w powietrzu. Powstanie tych zjawisk jest mniej prawdopodobne podczas lotu poziomego w przypadku obserwacji słońca pod określonym kątem.

Zjawisko utraty położenia przestrzennego, najczęściej powstaje podczas wykonywania zakrętów z nabieraniem wysokości, kiedy kąt miejsca oraz azymut słońca zmieniają się, a kąt nabierania wysokości utrudnia obserwację powierzchni wody w pobliżu samolotu w linii kursu.

Jeżeli pilot wykonuje lot według przyrządów, możliwość powstania złudzeń będzie sprowadzona do minimum. W wypadku wykonywania lotu z widocznością, kiedy znaczna część uwagi pilota poświęcona jest obserwacji powierzchni morza, może również powstać zjawisko złudzeń. Szczególnie duże utrudnienia pojawiają się podczas lotu w ciemną noc przy bezchmurnym niebie, kiedy gwiazdy odbijają się w morzu, a pilot poszukuje niezbędne obiekty świetlne.

Lot nad morzem na małej wysokości podczas silnego wiatru jest niebezpieczny z powodu dużej turbulencji, a przy słabym wietrze lub ciszy, kiedy powierzchnia wody jest gładka, wymaga od pilota dużych umiejętności prawidłowego wzrokowego określania wysokości lotu. Podczas lotu w takich warunkach pilotowanie powinno odbywać się według wysokościomierza. Oprócz tego sygnalizator niebezpiecznej wysokości lotu, powinien być ustawiony na radiowysokościomierzu.

Nawigowanie samolotu podczas lotu nad morzem wyróżnia się następującymi właściwościami:

- brakiem obiektów orientacyjnych;
- niemożliwość określenia niektórymi sposobami nawigacyjnych elementów lotu;
- błędami w określeniu pozycji samolotu oraz nawigacyjnych elementów lotu za pomocą radiolatarni oraz radionamierników na skutek występowania błędu "efektu brzegowego";
- niemożliwością racjonalnego rozmieszczenia środków naziemnego elektronicznego zabezpieczenia lotu /NEZL/, chociaż zasięg pracy tych środków nad morzem jest znacznie większy niż nad lądem.

W celu zmniejszenia błędów radionamierzenia spowodowanych "efektem brzegowym" należy wybierać radiolatarnie takie, których linie radionamierzenia przecinają linię brzegową pod kątem zbliżonym do  $90^{\circ}$ .

Trasę lotu wybiera się z uwzględnieniem jak najmniejszych ilości punktów zmiany kierunku lotu /PZK/. Natomiast odejście od linii brzegowej nad własnym terenem powinno być od bardzo charakterystycznego obiektu orientacyjnego najlepiej oznaczonego punktem radionawigacyjnym, co umożliwia kontrolę drogi na pierwszym odcinku trasy.

Kontrolę drogi po trasie co do kierunku i odległości należy prowadzić wszystkimi dostępnymi sposobami. Podstawowymi środkami określającymi kąt znoszenia /KZ/ i prędkość podróżną nad morzem są urządzenia doplerowskie.

System RSBN zapewnia wystarczającą dokładność wyjścia samolotu w nakazany /zaprogramowany/ punkt w morzu, zarówno z radiokorekcją, jak i z autonomicznym zliczaniem współrzędnych.

## ZAKOŃCZENIE

Na współczesnych samolotach myśliwsko-bombowych i myśliwskich znajdują się na wyposażeniu do celów pilotażowo-nawigacyjnych oraz zastosowania bojowego uzbrojenia przyrządy, urządzenia i systemy, które automatyzują proces pilotowania, nawigowania, bombardowania, strzelania, fotografowania itp. Konieczność automatyzacji pilotowania i nawigowania wynika przede wszystkim z dużych trudności podołaniu przez pilota wszystkim czynnościom pilotażowo-nawigacyjnym podczas wykonywania zadań bojowych, a szczególnie w lotach koszących oraz na małych wysokościach z prędkością zbliżoną do prędkości dźwięku.

W wymienionych warunkach lotu, porównanie, ocena i kontrola danych pilotażowo-nawigacyjnych otrzymywanych z różnych przyrządów i urządzeń pokładowych jest praktycznie bardzo trudna do zrealizowania, spowodowało to, że na samolotach jednomiejscowych rozwiązywanie zadań pilotażowo-nawigacyjnych najczęściej realizowane jest za pomocą techniki obliczeniowej.

Dlatego na współczesnych samolotach np. Su-22M4 znajduje się elektroniczna maszyna cyfrowa typu CWM-20-22, która jest głównym elementem kompleksu celowniczo-nawigacyjnego typu PrNK-54, wyliczającym i rozwiązującym zadania celowania do celów naziemnych i nawigowania samolotów automatycznie.

Kompleks celowniczo-nawigacyjny typu PrNK-54 jak również system pilotażowo-nawigacyjny typu "POLIOT-1I" względnie systemu RSBN jako elementu kompleksu /w procesie nawigowania samolotu znacznie ułatwia działalność pilota oraz stwarza możliwości wykonania zadania bojowego w skomplikowanej sytuacji nawigacyjno-taktycznej, zapewniając wyprowadzenie samolotu na nakazany punkt w rejonie działań lub lotnisko lądowania w sposób zautomatyzowany zgodnie z zaprogramowanym planem lotu/.

Zastosowanie automatyki w systemie nawigowania samolotem znacznie ułatwia działalność pilota. Jednakże, tak jak każde zjawisko ma to również odwrotną stronę: im więcej funkcji człowieka przejmuje automatyka, tym trudniejsza staje się działalność pilota w przypadku awarii lub niesprawności automatyki.

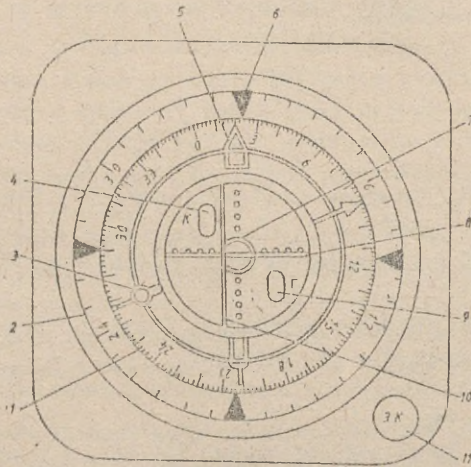
Automatyzacja, nie zwalnia pilota /załogę/ od obowiązku nawigowania samolotu za pomocą orientacji wzrokowej, czasu, kursu oraz radionawigacji.

Pełne wykorzystanie przez pilota /załogę/ samolotu wszystkich sposobów nawigowania po nakazanej trasie lotu gwarantuje pewność wykonania zadania bojowego z zachowaniem bezpieczeństwa lotu.

W niniejszym skrypcie zostały omówione tylko niektóre problemy wynikające z nawigowania współczesnych samolotów bojowych w celu wykonania zadań z nakazanymi warunkami lotu lub podyktowaną sytuacją taktyki działań. Problemy te, przedstawiono w uproszczonej postaci, biorąc pod uwagę cel niniejszego opracowania.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Samolot Su-22M4. Metodyka szkolenia, część II. Zastosowanie bojowe. Wydawnictwo DWL - 1986 r.
2. Samolot Su-22M4. Instrukcja techniki pilotowania. Wydawnictwo DWL - 1985 r.
3. Samolot MiG-23MF. Metodyka szkolenia. Część I. Technika pilotowania i nawigowania. Wydawnictwo DWL - 1980 r.
4. Samolot MiG-23MF. Instrukcja użytkowania i techniki pilotowania. Wydawnictwo DWL - 1981 r.
5. Regulamin lotów lotnictwa wojskowego /RL-86/. Wydawnictwo DWL - 1986 r.
6. Nawigacja lotnicza. Podręcznik. Wydawnictwo MON/DWL - 1979 r.
7. Kompleksowe systemy nawigacyjne. Skrypt. Wydawnictwo ASG WP - 1976 r.
8. Regulamin służby nawigatorskiej lotnictwa wojskowego /RSN-76/. Wydawnictwo MON/DWL - 1977 r.

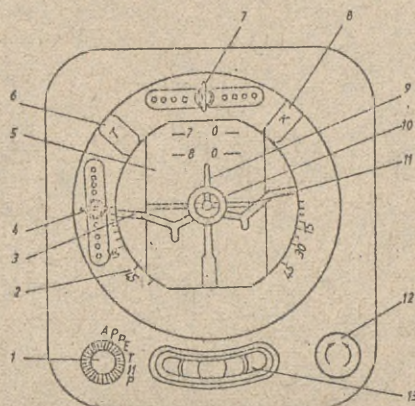


Pilotażowo-nawigacyjny wskaźnik NPP:

1 - ruchoma podziałka kursu; 2 - podziałka KKR; 3 - wskazówka oznaczenia kursu; 4 - sygnalizator ciężkości kursu "K"; 5 - wskazówka oznaczenia kursu; 6 - znacznik odczytu kursu; 7 - znacznik zerowy wskazówek 0 i 10; 8 - wskazówka położenia ścieżki zniżania; 9 - sygnalizator ciężkości zniżania "T"; 10 - wskazówka położenia ścieżki kursu; 11 - pokrętło nastawnika kursu

Wskaźnik NPP wskazuje:

- a/ kierunek lotu samolotu w stosunku do radiolatarni, który odczytuje się na ruchomej podziałce kursu według wskazówki KKR;
- b/ kurs samolotu, który odczytuje się na ruchomej podziałce kursu według nieruchomego indeksu;
- c/ kąt kursowy radiolatarni - KKR, który odczytuje się na nieruchomej podziałce, naprzeciw ostrza wskazówki KKR;
- d/ nakazany kurs samolotu, który ustawia się ręcznie pokrętłem "ЭК" lub wypracowuje się automatycznie w zależności od położenia przełącznika "КУРС ЗАДАН АВТОМ-РУЧН.". Przy zejściu na niezaprogramowane lotnisko nastawnik kursu ustawia się ręcznie;
- e/ położenie stref równosygnalowych ścieżki kursu i ścieżki zniżania radiolatarni w stosunku do samolotu na zakresie "Лądowanie", wskazywane przez wskazówki 8 i 10, patrz rys. 1;
- f/ gotowość do pracy kanałów podłużnego i poprzecznego aparatury RSBN na zakresie "Лądowanie", określanych według przesłonięcia sygnalizatorów ścieżki kursu i ścieżki zniżania, po znalezieniu się samolotu w zasięgu działania radiolatarni systemu lądowania wg przyrządów PRMG.



Pilotażowy wskaźnik komend kursu KPP:

1 - przysiek-lampka "APETMP"; 2 - podziałka przechylenia; 3 - symetka samolotu; 4 - znacznik zerowy położenia ścieżki zniżania; 5 - podziałka pochylenia; 6 - sygnalizator kanału pochylenia "I"; 7 - znacznik zerowy położenia ścieżki kursu; 8 - sygnalizator kanału przechylenia "K"; 9 - dyrektywna wskaźówka przechylenia; 10 - znacznik zerowy wskaźówek 9 i 11; 11 - dyrektywna wskaźówka pochylenia; 12 - pokrętło zerowania horyzontu; 13 - wskaźnik ślizgu

Wskaźnik KPP wskazuje:

- a/ wartość kątów przechylenia i pochylenia samolotu w czasie lotu;
- b/ dyrektywne sygnały sterowania w kanałach poprzecznym i podłużnym, wskazywane przez wskaźówki przechylenia i pochylenia po włączeniu ich na sterowanie automatyczne lub dyrektywne w zakresie "Lądowania";
- c/ włączenie i działanie zakresu automatycznego i dyrektywnego sterowania przez zasłonięcie znaczników "K" i "I";
- d/ odchylenie od nakazanego kursu, które określa znacznik 7, na zakresach "Lot po trasie", "Powrót" i "Powtórne zejście";
- e/ odchylenie od nakazanego toru lotu w płaszczyźnie pionowej na zakresie "Powrót", wskazywane przez znacznik 4;
- f/ odchylenie od nakazanej wysokości lotu na zakresie "Powtórne zejście";
- g/ położenie stref równosygnalowych ścieżki kursu i ścieżki zniżania radiolatarni w stosunku do samolotu na zakresie "Lądowanie", wskazywane przez znaczniki położenia 4 i 7.

Arkusz obliczeń nawigacyjnych

Trasa lotu: WPT ..... PZK1 ..... PZK2 ..... PZK3 ..... KPT .....

Lp.	Oznaczenia umowne	Nazwa danych	Jednostki miary	PZK			Lotniska			Przewodzień w blok
				PZK1	PZK2	PZK3	Lotnisko 1 startu	Lotnisko 2	Lotnisko 3	
1		Nr kanału R/BN /kwarc. kod/								SzCzPK
2		Nr kanału P/MC /kwarc. kod/								SzCzPK
3	$\varphi$ GOS	Geograficzny kurs lądowania /od $0^{\circ}$ do $179^{\circ}$ /	stopnie							d/P
4	$+Z_0$	Odległość osi OS do miejsca postoju R/BN	m							B..P
5	$X_w$	Współrzędna ortodromiczna PZK 100 lotniska $X_w = X+5000$	km							B..N
6	$Y_w$	Współrzędna ortodromiczna PZK 100 lotniska $Y_w = Y+500$	km							B..N
7	$JM_u$	Kąt zbliżności podłotników	stopnie, minuty							B..N
8	$\pm JM_u$	Umowna ortodromiczna deklinacja magnetyczna $JM_u = JM_{100}$ przy $J < 180^{\circ}$ $JM_u = 360^{\circ} - JM_{100}$ przy $J > 180^{\circ}$	stopnie							km
9	$\gamma_0$	Szerokość geograficzna początku układu współrzędnych ortodromicznych	stopnie							B..N
10	$r$	Szerokość geograficzna lotniska startu /rejonu lotów/	stopnie							Pszk
Sprawdzenie przed startem		W celu sprawdzenia nacięńc. Lotnisko 1 OR Lotnisko 1			Lotnisko 1 PZK1	Lotnisko 1 PZK2	Lotnisko 1 PZK3	Lotnisko 2 O2	Lotnisko 3 OR	Lotnisko 4 OR
		Powinny wskazać się następujące dane								
		D / km/								

Dane sprawdził: ..... Dane wprowadził: .....

Dane obliczył: ..... 15..... 13..... 17.....

U w a g a: 1. Przy nacięńciu przycisku "KONTROLA" ukazuje się na PPD-2 D = 291,5 km.  
 2.  $\gamma_0$  - rezerwany kurs miejsca płyty postojowej samolotów w czasie sprawdzania do trzech PZK i czterech lotnisk.



