



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. Generała Broni Karola Swierczewskiego

KATEDRA OPL
OŚRODEK OBLICZENIOWY INSTYTUTU DOWODZENIA

4 3/2

80 SŁYTKU
GENEROWEGO
Egz. Nr 2

ppłk dypl. Włodzimierz BOJKO
ob. Marek PALUSZYŃSKI

**PRAWDOPODOBIENSTWO ZNISZCZENIA CELU
POWIETRZNEGO DLA ZESTAWU RAKIET
PRZECIWLOTNICZYCH
PROGRAM „TARCZA-1B”**

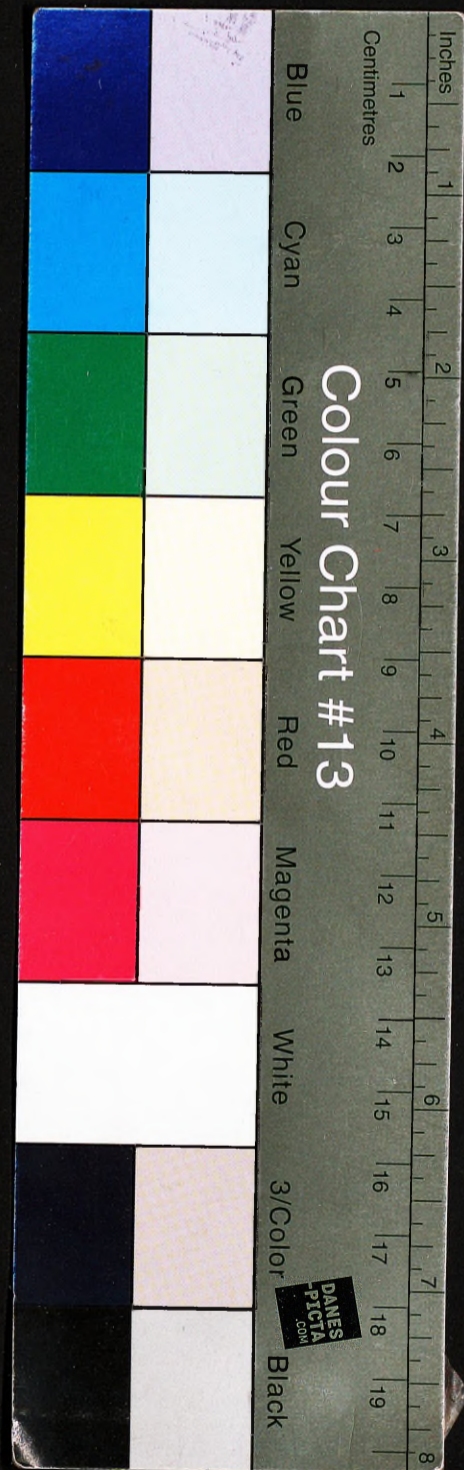


36507

WARSZAWA

LIPIEC

1969



4 3/2

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. Generała Broni Karola Świerczewskiego

KATEDRA OPL
OŚRODEK OBLICZENIOWY INSTYTUTU DOWODZENIA

DO CZYTKU
SLUŻBOWEGO



Egz. Nr **2**

ppłk dypl. Włodzimierz BOJKO
ob. Marek PALUSZYŃSKI

PRAWDOPODOBIENSTWO ZNISZCZENIA CELU
POWIETRZNEGO DLA ZESTAWU RAKIET
PRZECIWLOTNICZYCH
PROGRAM „TARCZA-1B”



1-24

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
OŚRODEK OBLICZENIOWY
INSTYTUT DOWODZENIA

36507

WARSZAWA

LIPIEC

1969

Stron 24

Amel. prot. 12657.

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. gen. broni K. Świerczewskiego

KATEDRA OPL
OŚRODEK OBLICZENIOWY INSTYTUTU DOWODZENIA

DO UŻYTKU
SŁUŻBOWEGO



Bgz. No. 11.

2

ppłk dypl. Włodzimierz BOJKO
ob. Marek PALUSZYŃSKI

PRAWDOPODOBIEŃSTWO ZNISZCZENIA CELI POWIETRZNEGO DLA
ZESTAWU RAKIET PRZECIWPŁOYNIOWYCH

PROGRAM "TARUZA - 1B"



WARSZAWA

LIPiec

1969 r.

ARCHIWUM
BIBLIOTEKI SZKOLENIOWEJ
AKADEMII SZTABU GENERALNEGO
im. gen. broni K. Świerczewskiego

236507

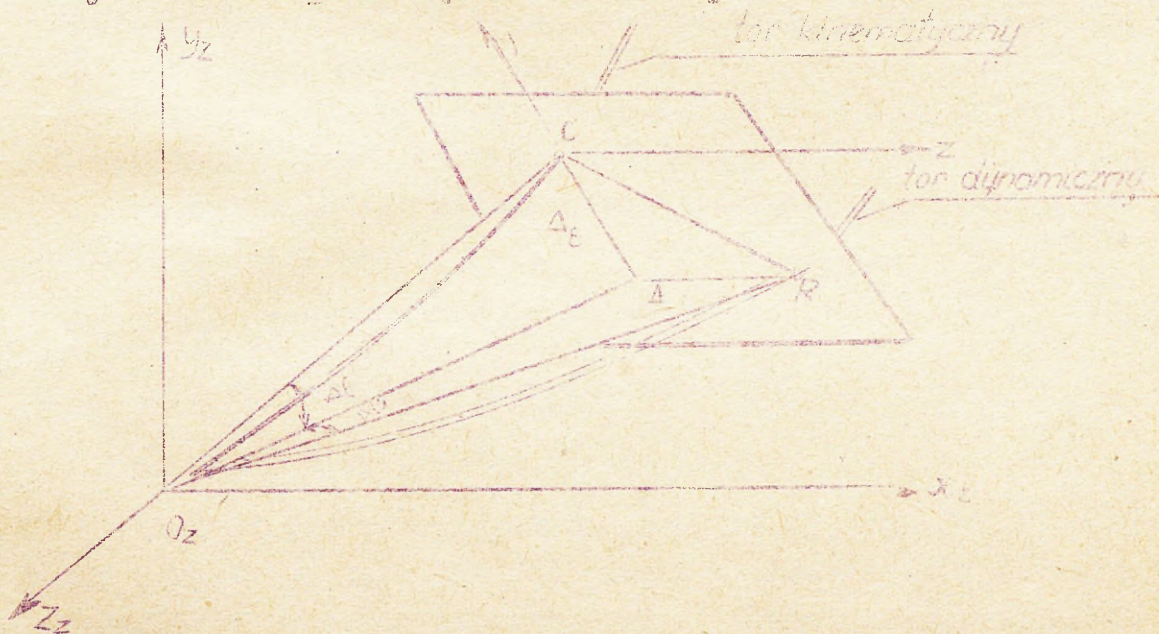
1. OPIS PROGRAMU.

1.1. Teoretyczne podstawy i charakterystyka problemu x/.

A. Błędy naprowadzenia.

W procesie naprowadzania pocisk rakietowy powinien poruszać się po torze kinematycznym, zgodnym z równaniami kinematycznymi opisującymi ten ruch, dla określonej metody naprowadzania. Zależności te w układzie naprowadzania realizowane są jednak w sposób przybliżony.

Ponadto sposoby określania współrzędnych celu i rakiety w procesie naprowadzania obarczone są błędami, a możliwości manewrowe rakiety - ograniczone. Powyższe prowadzi do uchyleń rakiety od celu w płaszczyźnie oktagonowej.



Rys. 1.

$$\Delta \varepsilon = \varepsilon_C - \varepsilon_R$$

$$\Delta \beta = \beta_C - \beta_R$$

wartości katowe błędów naprowadzenia.

$$\Delta c = r_R' \cdot \Delta \varepsilon = n_\varepsilon$$

$$\Delta p = r_R' \cdot \Delta \beta = n_\beta$$

liniowe wartości błędów naprowadzenia,

gdzie r_R - odległość rzeczywista do rakiety.

x/ Materiał został zrecenzowany z notatek ppłk dypl. Mariana Wójcika, sporządzonych na wykładach w Akademii Wojskowej w Kijowie.

Błędy naprowadzania prowadzą do rozrzutu torów w płaszczyźnie ekranowej.

Ze względu na przyczyny powstawania, błędy naprowadzenia można podzielić na trzy grupy:

- błędy dynamiczne;
- błędy fluktuacyjne;
- błędy techniczne przyrządów.

a. Błędy dynamiczne.

Błędem dynamicznym naprowadzania nazywamy błąd wypracowania skutecznego sygnału wejściowego, określonego prawem ruchu celu i rakiety.

Do przyczyn powstawania błędów dynamicznych zaliczamy:

- ograniczoną wartość współczynnika wzmacnienia układu kierowania co powoduje, że stery pocisku reagują na sygnał kierowania z pewnym opóźnieniem;
- bezwładność rakiety oraz elementów układu kierowania;
- przybliżony sposób rozwiązywania zależności kinematycznych.

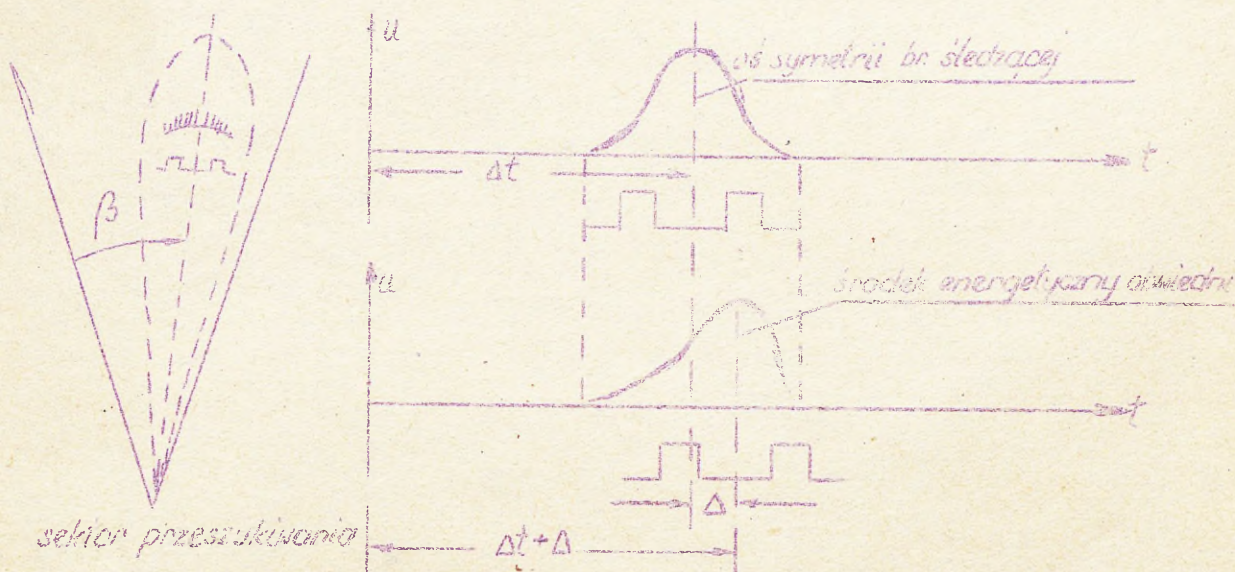
Błąd dynamiczny zawsze posiada składową systematyczną i składową przypadkową.

h_{ed} ; h_{pd} - systematyczne składowe

σ_{ed} ; σ_{pd} - przypadkowe składowe.

b. Błędy fluktuacyjne.

Błędami fluktuacyjnymi nazywamy błędy, powodujące uchYLENIA rakiety od toru kinematycznego w płaszczyźnie ekranowej, powstające w procesie naprowadzania w wyniku zmiany warunków odbicia i przechodzenia w atmosferze sygnałów od celu i rakiety oraz w wyniku szumów urządzeń radiotechnicznych układu kierowania /głównie cieplnych/.



Rys. 2.

Wartość współrzędnej celu określa się położeniem osi symetrii branki śledzącej w stosunku do początku sektora przeszukiwania anteny SNR. Os symetrii zgrywa się ze środkiem energetycznym obwiedni pęczki impulsów od celu. W procesie śledzenia celu występuje zniekształcenie obwiedni impulsów w wyniku:

- fluktuacji efektywnej powierzchni odbicia celu;
- refrakcji atmosferycznej /ugięcia wiązki/;
- wpływu ziemi;
- szumów wewnętrznych urządzeń radiotechnicznych układów kierowania.

Przy zniekształceniu obwiedni impulsów powstaje błąd o określeniu współrzędnej katowej. Błędy fluktuacyjne posiadają wyłącznie składową przypadkową.

$\sigma_{\theta 1}, \sigma_{\theta 2}$

e. Błędy techniczne przyrządów.

Błędami technicznymi przyrządów nazywamy błędy powodujące uchYLENIA pocisku od toru kinematycznego w płaszczyźnie ekranowej. Błędy te spowodowane są ograniczoną dokładnością wykonania przyrządów i urządzeń wchodzących w skład układu

kierowania oraz ich rozstrojenia w procesie eksploatacji. Ponadto niektóre zależności matematyczne w układzie kierowania realizowane są w sposób przybliżony. Błędy techniczne przyrządów zawierają systematyczną i przypadkową składową. Składowa systematyczna błędu powoduje uchylenia toru średniego od toru kinematycznego, a składowa przypadkowa powoduje uchylenie każdego toru od środka rozrzutu.

$h_{ef} ; h_{ed}$ - składowe systematyczne
 $G_{ef} ; G_{ed}$ - składowe przypadkowe.

B. Sumaryczne błędy naprowadzenia.

Jeżeli w jednym i tym samym kierunku działa jednocześnie kilka grup błędów przypadkowych podlegających normalnemu prawu rozkładu, to w wyniku ich działania powstaje sumaryczny błąd przypadkowy również podlegający normalnemu prawu rozkładu.

$$G_p = \sqrt{G_{pd}^2 + G_{pf}^2 + G_{pe}^2}; \quad G_e = \sqrt{G_{ed}^2 + G_{ef}^2 + G_{ee}^2}$$
$$h_p = h_{pd} + h_{pe} \quad h_e = h_{ed} + h_{ee}$$

Postać analityczna normalnego prawa sumarycznych błędów naprowadzenia /strzelania/ w płaszczyźnie ekranowej posiada postać:

$$f_1(y, z) = \frac{1}{2\pi G_p G_e} \exp\left[-\frac{(y - h_{ed})^2}{2G_e} - \frac{(z - h_{pd})^2}{2G_p}\right]$$

Praktycznie odchylenia standardowe w kierunku i w położeniu są w przybliżeniu równe $G_e \approx G_p$ dlatego też eliptyczne prawo rozrzutu w tym wypadku możemy zamienić prawem kołowym, a błąd standardowy tego prawa otrzymamy:

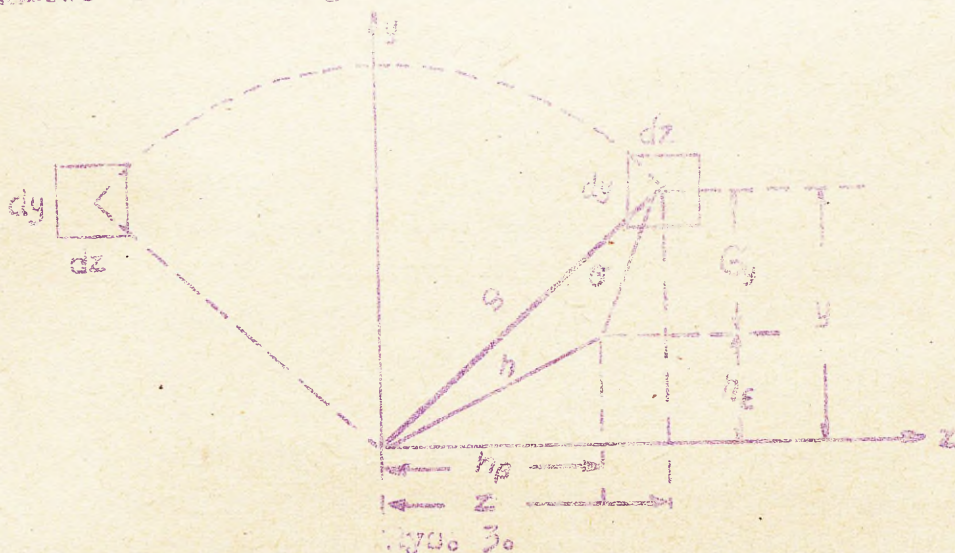
$$G = \sqrt{G_e \cdot G_p} \quad h = \sqrt{h_e^2 + h_p^2}$$

wtedy prawo normalne przyjmie postać:

$$f_1(y, z) = \frac{1}{2\pi G^2} \exp\left[-\frac{y^2 + z^2}{2G^2}\right]$$

a dla przypadku gdy nie występują błędy systematyczne:

Przy założeniu prawa rozkładu sumarycznych błędów strzelania, prawdopodobieństwo tego, że rakietę odchyli się od średniej rozkładu o pewną wartość S /m/ wadźną pronicenia będzie jednakość dla dowolnego kierunku.



- wielkość chybienia pocisku w płaszczyźnie okranowej

$$S = \sqrt{y^2 + z^2}$$

Prawdopodobieństwo trafienia toru rakiety w elementarną powierzchnię $dy \cdot dz$ będzie zależało od wielkości chybienia i nie będzie zależało od kierunku wystąpienia chybienia.

Przy braku błędów systematycznych prawo rozkładu wielkości przypadkowej S przedstawiamy:

$$f(S) = \frac{S}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{S^2}{2\sigma^2}\right)$$

Na podstawie opracowania wyników strzelania przeprowadzonych do realnych celów określono, że:

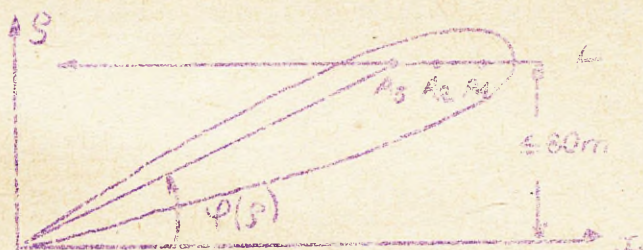
$\sigma = 0,00057 \cdot R_w$	= dla metody trzech punktów
$\sigma = 0,00055 \cdot R_w$	= dla metody połowicznego prostowania toru
$h = 0,55 \sigma$	

Gdzie: R_w - odległość rzeczywista do punktu spotkania rakiety z celem.

C. Rozrzut punktów zadziałania radiozapalnika.

W przeciwlotniczym pocisku rakiętowym wykorzystuje się radiozapalnik o wąskiej charakterystyce kierunkowej układu antenowego. Zapalnik powinien spowodować rozzerwanie się głowicy bojowej pocisku w takim momencie czasu by zapewnić trafienie w cel maksymalną ilość elementów.

Radiozapalnik jest to radiolokator impulsowy, składający się z nadajnika i odbiornika. Cel zostaje opromieniony impulsami wysokiej częstotliwości wypracowanymi w urządzeniu nadawczym. Urządzenie odbiorcze przyjmuje odbite od celu ^{wydarzeń} impulsy, amplituda których zależy od odległości do celu i rekursu. W miarę zbliżania się rakiety do celu warstwa amplituda odbitych impulsów i przy osiągnięciu określonej jej wartości następuje zadziałanie zapalnika. Jednak przy stałej wartości chybiaenia zadziałanie zapalnika może nastąpić

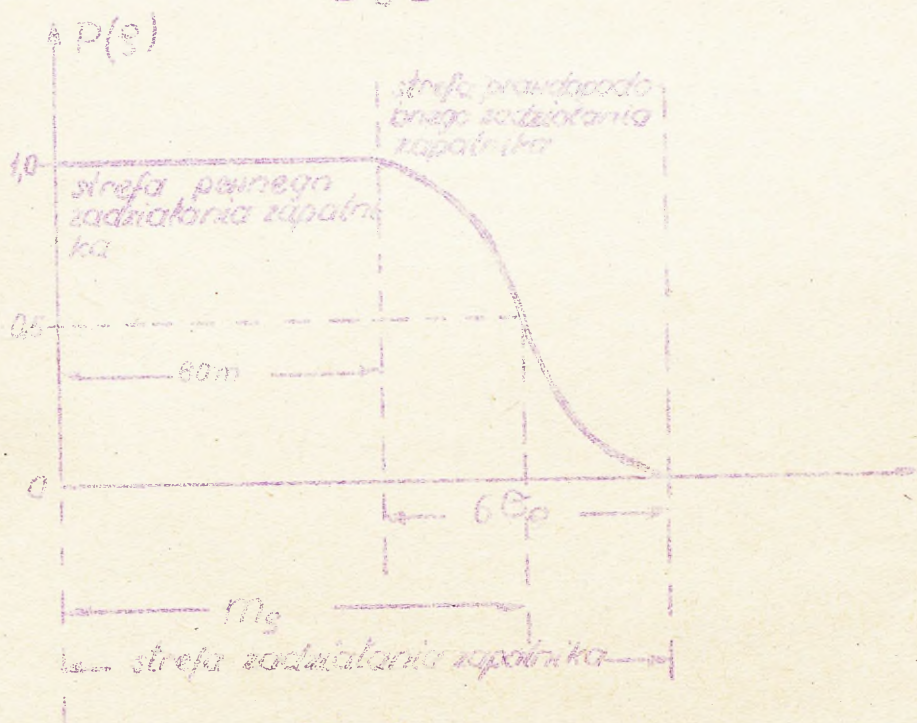


Rys. 4.

w momencie gdy cel znajduje się w punkcie A_1 wiązki promieniowania w punkcie A_2 lub A_3 , gdyż określona wartość amplitudy odbitego sygnału może być uzyskana w dowolnym z tych punktów w zależności od czynników przypadkowych, między innymi od efektywnej powierzchni odbicia. Czyli przy stałej wartości chybiaenia nastąpi rozrzut kątów zadziałania radiozapalnika o następującym rozkładzie:

$$f\left[\frac{\varphi(S)}{S}\right] = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{\varphi(S)}} \exp\left\{-\frac{[\varphi(S) - m_{\varphi(S)}]^2}{2\sigma_{\varphi(S)}^2}\right\}$$

Radiozapalnik zadziała w momencie gdy rakietą znajduje się w odległości 60 m od celu, lecz w związku z występowaniem przypadkowych wahań amplitudy odbitego sygnału zadziałanie zapalnika może nastąpić również w tak zwanej strefie prawdopodobnego zadziałania zapalnika /Rys. 5/.



Kys. 5.

$6\sigma_0$ - przestrzeń rozrzutu punktów zadziałania radiozapalnika.

Krzywą opisującą strefę zadziałania radiozapalnika możemy przedstawić w postaci analitycznej następująco:

$$P(s) = 1 - F\left(\frac{s - m_0}{\sigma_0}\right)$$

Natomiast prawo rozkładu punktów zadziałania radiozapalnika możemy przedstawić:

$$\psi(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} \left[1 - F\left(\frac{s - m_0}{\sigma_0}\right) \right] \exp\left\{ -\frac{[(s - m_0)]^2}{2\sigma_0^2} \right\}$$

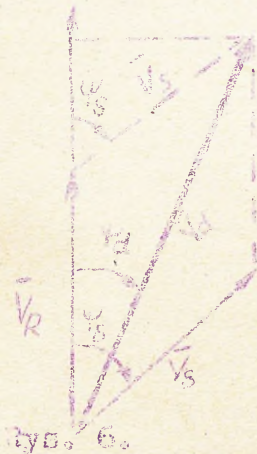
D. Charakterystyki rozlotu odłamków.

Ładunek bojowy rakiety charakteryzuje się:

- ilością odłamków powstających przy wybuchu;
- wagą odłamków;
- kątem rozlotu odłamków;
- gęstością rozkładu odłamków w kącie rozlotu;
- prędkością odłamka w momencie spotkania z celem.

Przy wybuchu pocisku w warunkach stacjonarnych odłamki rozlatują się w kierunkach promieniowych, w przybliżeniu

prostopadle do wzdłużnej osi pocisku, tworząc ciągły obszar rozlotu. W dynamice rozlot odłamków następuje z uwzględnieniem prędkości pocisku w momencie wybuchu /rys. 6/.



V_R - prędkość rakiety w momencie wybuchu;
 V_d - prędkość odłamka w dynamice;
 V_S - prędkość odłamka w statyce.

$$\vec{V}_d = \vec{V}_R + \vec{V}_S$$

$$V_d^2 = V_S^2 + V_R^2 + 2V_R \cdot V_S \cdot \cos \gamma$$

$$\alpha = \arctg \frac{V_S \cdot \sin \gamma}{V_R + V_S \cdot \cos \gamma}$$

rys. 6.

Strzelanie prowadziny do celu ruchomego lecz przy obliczeniach przyjmuje się cel jako punkt nieruchomy i przechodzi się do ruchu względnego. Chcąc uzyskać wektor prędkości względnej odłamka należy do wektora prędkości odłamka w dynamice dodać ze znakiem przeciwnym wektor prędkości celu /rys. 7/.



Rys. 7.

$$\vec{V}_{wzg} = \vec{V}_d - \vec{V}_c = \vec{V}_S + \vec{V}_R - \vec{V}_c$$

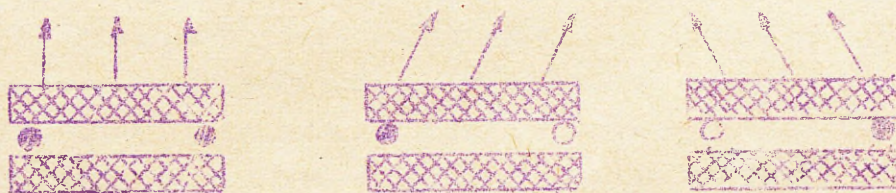
$$\vec{V}_R - \vec{V}_c = \vec{V}_{zb}$$

$$\vec{V}_{wzg} = \vec{V}_S + \vec{V}_{zb}$$

W ruchu względnym stożek rozlotu będzie skierowany wzdłuż wektora prędkości względnej \vec{V}_{wzg} . Prędkość względna zależy od zmiennych wartości V_c i V_R w związku z tym jest ona również wartością zmienną.

Jeżeli rozpatrzymy przypadek stałej wartości prędkości pocisku to wartość V_{wzg} i kąt nachylenia V_{wzg} w stosunku do osi wzdłużnej rakiety będzie zależał od prędkości celu.

Stożek rozlotu odłamków w dynamicznie pokrzywa się z kierunkiem V_{wzg} . W związku z tym kąt rozlotu odłamków będzie zależny od prędkości celu. Moment rozzerwania się głowicy bojowej powinien być tak dobrany by następował w chwili gdy cel znajduje się w stożku rozlotu. Moment rozzerwania się głowicy bojowej określa się położeniem celu w stosunku do charakterystyki kierunkowej układu antenowego radiozapalnika. Dlatego też należy zgrać położenie tej charakterystyki z ruchomym położeniem stożka rozlotu odłamków. Zrealizowanie tego warunku następuje wiele trudności natury technicznej co zmusza do wprowadzenia szeregu uproszczeń. Na przykład dla zapalnika "Szmel" zgranie to osiągnięto, dla samolotu typu Il-28 i prędkości zbliżenia $V_{zb} = 1100$ m/sek przy locie pocisku i celu na kursie zbliżeniowym czyli dla kąta nachylenia charakterystyki $\varphi(\rho) = 73^\circ - 74^\circ$. Zapewnia to skuteczne rażenie celu przy prędkościach zbliżenia w granicach 600 - 1500 m/sek. Dla zapalnika "Owoc" wprowadzono dwie wartości kątów nachylenia charakterystyki kierunkowej układu antenowego zapalnika i dwa punkty rozmieszczenia detonatorów ładunku bojowego, co pozwala na zmianę kąta rozlotu odłamków przy pozostałych stałych warunkach.



Rys. 8. Kąty nachylenia charakterystyki

$$\varphi(\rho) = 76^\circ \text{ dla } V_{zb} = 620-950 \text{ m/sek i } V_{zb} = 1240-1510 \text{ m/sek}$$

$$\varphi(\rho) = 69^\circ \text{ dla } V_{zb} = 950-1240 \text{ m/sek i } V_{zb} = 1510-1750 \text{ m/sek.}$$

E. Prawo rażenia celu.

Uprzednie określiliśmy prawo rozrzutu torów w płaszczyźnie ekranowej w zależności od wielkości chylenia ρ

$$\varphi(\rho) = \frac{\rho}{6^\circ} \exp\left(-\frac{\rho^2}{25^\circ}\right)$$

oraz prawo nadziałania radiozapalnika

$$P(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} \int_0^s \frac{1}{\sigma} \exp\left\{-\frac{(\rho(s) - \rho(r))^2}{2\sigma^2}\right\} dr$$

Znając powyższe prawo możemy określić współrzędne punktu wybuchu pocisku względem celu. Następnie w zależności od współrzędnych wybuchu pocisku należy określić prawdopodobieństwo zniszczenia celu. Zależność między współrzędnymi punktu wybuchu i prawdopodobieństwem zniszczenia celu nazywamy współrzędnościowym prawem rażenia celu powietrznego.

Zniszczenie celu możemy osiągnąć w przypadku gdy odłamki trafią w:

- silnik;
- kabinę pilota;
- zbiorniki z paliwem;
- układ sterowania;
- luk bombowy;
- układ tlenowy itd. czyli wtedy gdy odłamki trafią w wrażliwe zespoły samolotu.

Przy strzelaniu rakietami typu "ziemia-powietrze" uważa się, że prawdopodobieństwo zniszczenia celu zależy od wielkości chylenia i nie zależy od kierunku chylenia. Zależność prawdopodobieństwa zniszczenia celu powietrznego od wielkości chylenia nazywamy kołowym prawem rażenia. Kołowe prawo rażenia oblicza się dla takich stałych wartości jak: cel, głowica bojowa, radiozapalnik, odległość, prędkość i parametr celu oraz metoda naprowadzenia.

Przedstawienie prawa rażenia w postaci matematycznej, z której można korzystać w praktyce następuje poważne trudności. Dlatego też złożoną postać prawa rażenia zastąpiono dowolną prostą funkcją na podstawie której otrzymujemy obliczenia zbliżone swoja wartością do wyników otrzymanych ze złożonej postaci prawa rażenia /błędy w obliczeniach nie przekraczają 10 %/.

W naszym przypadku prawo rażenia zastąpiono następującą funkcją wykładniczą:

$$G(s) = e^{-\frac{s}{\beta_0}}$$

gdzie β_0 - określony doświadczalnie wskaźnik prawa rażenia.

R_0 \ H	0,3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
J1-28	91,2	106,4	112,5	117,0	118,5	120,1	121,5	121,5	123,6	124,6	125,9	127,1	128,5	129,0	129,8	130,5
Mig-17	58,2	63,8	70,0	79,0	83,6	86,6	88,9	89,7	90,1	90,4	89,7	89,7	89,7	88,2	86,6	85,1

	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	109,4	107,9	104,9	104,8	97,3	94,2	89,7	88,5	82,1	76,5	74,5	69,9	65,4	59,3	54,7
	89,1	83,4	83,6	82,1	80,8	79,0	77,5	78,8	76,0	74,5	73,0	71,4	69,9	68,6	66,8

P. Prawdopodobieństwo zniszczenia celu jedną rakietą.

Na podstawie znajomości prawa błędów naprowadzania w płaszczyźnie ekranowej f/S i prawa zadziałania zapalnika w zależności od wielkości chybienia, możemy określić współrzędne punktu wybuchu. Znając prawo rażenia celu w zależności od wielkości chybienia możemy określić prawdopodobieństwo zniszczenia celu jednym pociskiem. Fakt zniszczenia celu jednym pociskiem jest złożonym zdarzeniem przypadkowym składającym się z dwóch zdarzeń zależnych występujących kolejno w czasie:

- uzyskanie wybuchu na odległości S od celu;
- zniszczenie celu przy chybieniu S .

To zdarzenie złożone możemy przedstawić w postaci iloczynu:

$$f(S) \cdot Y(S) \cdot G(S)$$

Dla nas jest obojętne przy jakiej wartości chybienia cel zostanie zniszczony, więc na podstawie twierdzenia o prawdopodobieństwie całkowitym zdarzenia, należy prawdopodobieństwo zsumować dla wszystkich wartości S w przedziale od 0 do ∞ . Ponieważ jednak wielkość chybienia jest wielkością przypadkową typu ciągłego, to sumę przedstawiamy w postaci całki =

$$R_1 = \int_0^{\infty} f(S) Y(S) \cdot G(S) dS$$

gdzie: R_1 - prawdopodobieństwo zniszczenia celu jedną rakieta.

Podstawiając do powyższego równania wartości poszczególnych praw i rozwiązując całkę otrzymamy prawdopodobieństwo zniszczenia celu powietrznego jedną rakieta.

Rozwiązanie powyższej całki jest bardzo pracochłonne w związku z czym dla jej rozwiązania opracowano uproszczony wzór, za pomocą którego oblicza się prawdopodobieństwo zniszczenia celu jedną rakieta.

$$R_1 = \frac{\beta_0^2}{\beta_0^2 + 2G^2} \exp\left(-\frac{h^2}{\beta_0^2 + 2G^2}\right)$$

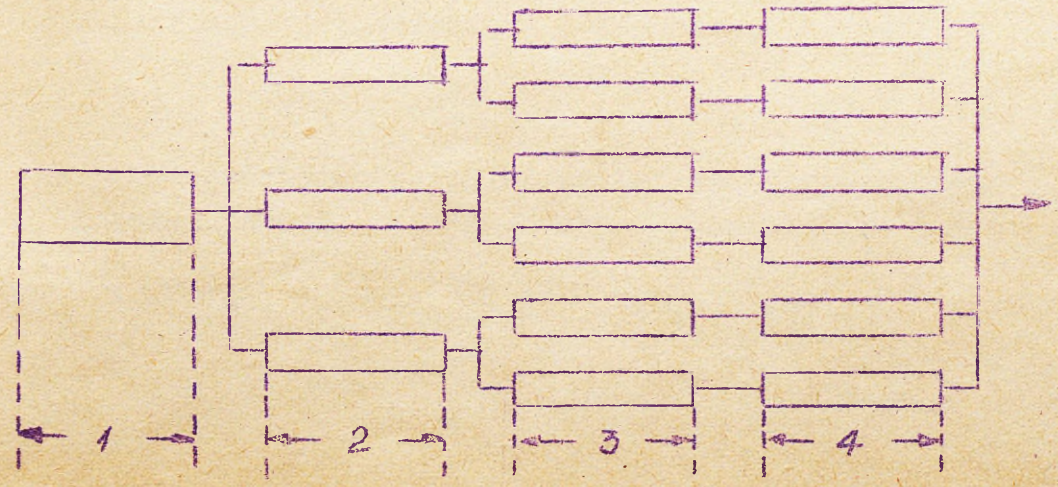
- gdzie: β_0 - doświadczalny wskaźnik prawa rażenia;
- G - sumaryczny błąd przypadkowy prawa naprowadzenia;
- h - sumaryczny systematyczny błąd naprowadzenia.

G. Prawdopodobieństwo zniszczenia celu powietrznego z uwzględnieniem pewności eksploatacyjnej.

Znając prawdopodobieństwo zniszczenia celu powietrznego jedną rakieta, możemy określić prawdopodobieństwo zniszczenia celu n raketami /bez uwzględnienia pewności eksploatacyjnej/ z zależności:

$$R_n = 1 - (1 - R_1)^n$$

Przedstawmy obecnie schemat blokowy pewności zestawu raketowego rakiet typu "ziemia-powietrze".



- 1 - Bloki naziemnych urządzeń radiotechnicznych.
- 2 - Bloki i połączenia kanałów pocisku.
- 3 - Linie połączeniowe wraz z wyrzutnią.
- 4 - Pocisk.

Każde z powyższych urządzeń cechuje się współczynnikiem gotowości bojowej K_{gb} i prawdopodobieństwem bezawaryjnej pracy w zadanym czasie $P/t/$. Wartości tych czynników dla poszczególnych urządzeń podaje poniższa tabela:

Urządzenie	1	2	3	4	Urządzenie	1	2	3	4
K_{gb}	0,90	0,98	0,92	0,85	$P/t/$	0,94	0,97	0,99	0,87

Sumaryczny współczynnik gotowości bojowej dla wszystkich urządzeń zestawu będzie iloczynem współczynników gotowości bojowej poszczególnych urządzeń,

$$K_{gb_{sum}} = K_{gb_1} \cdot K_{gb_2} \cdot K_{gb_3} \cdot K_{gb_4}$$

a prawdopodobieństwo bezawaryjnej pracy zestawu będzie iloczynem prawdopodobieństw bezawaryjnej pracy poszczególnych urządzeń zestawu

$$P/t/_{zest} = P/t/_1 \cdot P/t/_2 \cdot P/t/_3 \cdot P/t/_4$$

W przypadku gdy rozporządzamy dwoma pociskami rakietowymi jednego kanału naprowadzenia to współczynnik gotowości bojowej, przy obliczaniu prawdopodobieństwa zniszczenia celu powietrznego jedną rakieta otrzymamy ze wzoru:

$$K_{gb_{sum}} = K_{gb_1} \cdot K_{gb_2} \left[1 - (1 - K_{gb_3} \cdot K_{gb_4})^2 \right]$$

a prawdopodobieństwo zniszczenia celu jedną rakieta z uwzględnieniem pewności całego zestawu obliczamy ze wzoru

$$R_{1p} = K_{gb_1} \cdot K_{gb_2} \left[1 - (1 - K_{gb_3} \cdot K_{gb_4})^2 \right] P/t/_{zest} \cdot P_1$$

- 15 -

Nastąpiast dla przypadku, gdy na wszystkich wyrzutniach znajdują się rakiety i obliczamy prawdopodobieństwo zniszczenia celu powietrznego jedną rakieta z uwzględnieniem pewności zestawu wykorzystujemy zależność:

$$P = K_{sb_1} \left[1 - \left\{ 1 - K_{sb_2} \left[1 - \left(1 - K_{sb_3} \cdot K_{sb_4} \right)^2 \right] \right\}^3 \right]^{P/W_{zest} \cdot R}$$

1.2. Zasunięte przeznaczenie programu.

W wyniku rozwiązania zadania otrzymamy tabele prawdopodobieństwa zestrzelenia celu powietrznego jedną rakieta. Wyniki otrzymujemy kolejno dla celu o wyniarach średniego bombowca /B-28/ w całej strefie zadania zestawu w zależności od odległości poziomej i wysokości lotu rozprywanego celu, dla zaprowadzania rakiety metodą "trzech punktów" i "połowieznego prostowania toru". Wartości prawdopodobieństwa otrzymujemy bez uwzględnienia pewności eksploatacyjnej, z uwzględnieniem pewności eksploatacyjnej oraz dla strzelania w warunkach zakłóceń radioelektrycznych. Te same wartości następnie w takiej samej postaci otrzymujemy dla samolotu myśliwskiego typu Mig-17. Ponadto otrzymujemy średnie wartości wymienionych prawdopodobieństw dla poszczególnej wysokości lotu celu w granicach strefy zadania zestawu.

1.3. Charakterystyka programu.

Program "TARCZA-1B" jest opisany w autokodzie MAF-5. Pełny tekst programu znajduje się w załączniku nr 1. Podczas pracy programu oprócz jednostki centralnej z maszyną BMC "MIŃSK-22" współpracują:

- a. Czytnik start-stopowy Nr 3 jako urządzenie wejścia;
- b. Drukarka alfanumeryczna lub perforator taśmy papierowej Nr 1 jako urządzenie wyjścia.

1.4. Symbolika

- β_0 - Doświadczalny wskaźnik prawa rażenia - $\beta_0 = r/R$
 H - Wysokość lotu celu.
 D_P - Odległość pozioma celu.
 D - Odległość rzeczywista celu.
 D_d - Odległość rzeczywista do dalszej granicy strefy rażenia.
 D_b - Odległość rzeczywista do bliższej granicy strefy rażenia.
 G - Sumaryczny błąd przypadkowy prawa naprowadzania.
 h - Sumaryczny systematyczny błąd naprowadzania.
 R - Prawdopodobieństwo zniszczenia celu powietrznego jedną rakieta.
 P_1 - Prawdopodobieństwa zniszczenia celu powietrznego z uwzględnieniem pewności eksploatacyjnej zestawu.
 P_w - Prawdopodobieństwo zniszczenia celu powietrznego z uwzględnieniem pewności eksploatacyjnej zestawu, przy strzelaniu w warunkach zakłóceń.

2. Algorytm.

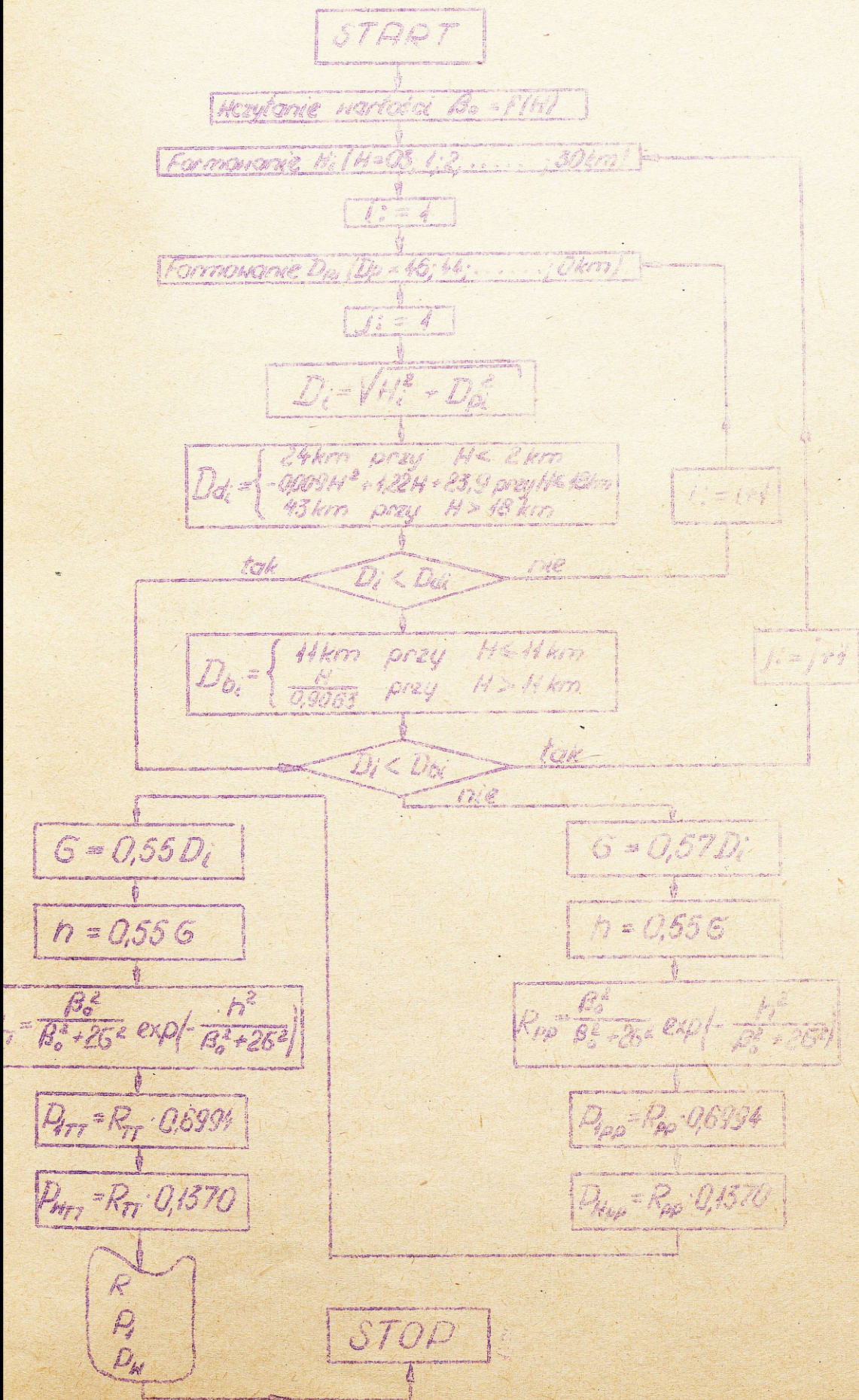
2.1. Metoda rozwiązania.

Prawdopodobieństwo zniszczenia celu powietrznego jedną rakieta oblicza się na podstawie poniższego wzoru:

$$R = \frac{\beta_0^2}{\beta_0^2 + 25^2} \exp\left(-\frac{h^2}{\beta_0^2 + 25^2}\right)$$

Powyższa zależność pozwala na uniknięcie rozwiązywania skomplikowanych esiek. Dokładność uzyskanych wyników jest wystarczająca dla praktyki. Przy obliczaniu prawdopodobieństwa zniszczenia celu powietrznego z uwzględnieniem pewności eksploatacyjnej wzięto do obliczeń współczynnik pewności eksploatacyjnej całego zestawu równy 0,5994. Przy obliczaniu natomiast prawdopodobieństwa zniszczenia celu powietrznego z uwzględnieniem pewności eksploatacyjnej zestawu, przy strzelaniu w warunkach zakłóceń, współczynnik ten przyjęto równy 0,1370.

2.2. Schemat blokowy



3. DANE WEJŚCIOWE.

3.1. Dla średniego bombowca typu Il-28.

- a/ Trzydziesiąt jeden współczynników β_0 uporządkowanych według odpowiadających im wysokości H .
 $\beta_0 = 1/H$.
- b/ Trzydziesiąt jeden różnych wysokości H w kilometrach /przy $H = 0$ wariant rozwiązania i wszystkie permutacje z $H=0$ są opuszczone/.
- c/ Czterdzieści sześć wartości odległości poziomych w kilometrach rozpoczynając od 45 km i kończąc na 0 km co 1 km.

3.2. Dla myśliwca typu MiG-17.

Przy pełnym wykorzystaniu programu dane wejściowe przygotowywane są identycznie jak dla średniego bombowca.

3.3. Instrukcja perforacji.

Wszystkie dane wejściowe są zmiennie-przecinkowa w wypadku występowania tylko liczb całkowitych mogą być perforowane bez przecinka. Wszystkie wartości w danych wejściowych muszą być dodatnie.

Całkowity czas obliczeń łącznie z wydrukiem około 30 min.

4. INSTRUKCJA OPERATORA

Program jest napisany w języku MAF-5 na M3C "MIWSK-22".

- a/ Jeżeli taśma z programem jest w autokodzie to program może być przetranslowany.
- b/ Można wczytać program cyfrowo /jeżeli taśma z programem jest w języku maszynowym/.

4.1. Liczenie.

- a/ Wprowadzić program "TARZA-13" do pamięci maszyny.
- b/ Podłożyć dane pod czytnik start-stopowy nr 1.
- c/ Włączyć perforator nr 1 i szeroką drukarkę.
- d/ Start z komórki:

<SZCZAK> = 00036

<SUMATOR> = 0000 0000 0000

e/ Po skończeniu obliczeń i wyprowadzeniu tabel wyników dla średniego bombowca STOP 1

<SZCZAK> = 01146

<SUMATOR> = 0000 0000 0001

f/ Po podłączeniu pod czytnik nr 1 danych dotyczących wysokości ponowny start po wciśnięciu klawisza <YCK>

g/ Koniec obliczeń sygnalizuje:

STOP 7777 5555 7777

<SZCZAK> = 01154

h/ Program nie posiada kontroli danych wejściowych

/0 + " czy " = " /.

Wydrukowano w 20 egz.

Egz. Nr 1 Cér.Obi.Inst.Dow.

Egz. Nr 2-20 Bibli.Tajna

Wyk. ppłk Bojko

Drnk. M.S.

Data 3.07.1969 r.

Nr ks. 01031/01776/WK

Kor. H.W.

Załącznik nr 1.

- 1 -

```

INTEGER I:J:H(2)
REAL A:P(31):H(31):D(46):F:F:G:C:R:N:S:K(2):L(3)
FUNCTION SQRT:EXP:LN:INT
REF 20
1)INDVICE 1
   ONDEVICE 3
STOP 1
KEYBOARD N1
FOR N=1:1:N1
FOR I=0:1:31
READ P I
REPEAT I
FOR I=0:1:31
READ H I
REPEAT I
FOR J=1:1:46
READ D J
REPEAT J
LINES 10
2)FOR I=0:1:31
12)IF N1:1 GO TO 17:17:13
17)TITLE          P-TWO ZESTRZELENIA JEDNA RAKIETA, SREDNIEGO ROMBOKCA LECACEGO NA WYSOKOSCI H(M)
   A=H1.1000
   WRITE A,6
   LINES 3
   SUBR 19
   GO TO 16
13)TITLE          P-TWO ZESTRZELENIA JEDNA RAKIETA, MYSLINCA TAKTYCZNEGO LECACLGO NA WYSOKOSCI H(M)
   A=H1.1000
   WRITE A
   LINES 2
   SUBR 19
   GO TO 16
19)FOR K=1:1:114
   TITLE
   REPEAT K
   LINE
   EXIT
16)TITLE I          PRZY STRZELANIU METODA IT          I          PRZY STRZEM
LINES 1
FOR K=1:1:114 TITLE REPEAT K LINE
TITLE I DP R P1 PW I DP R P1
TITLE 1
LINE
SUBR 19
<-H1.H1
IF K GO TO 0:11:0

```

E-9
K1-9
L1-9
L-9
L3-9
K2-9
L2-9
FOR J-1:1:46
A-DJ,DJ
A-7-7
A-SORT A
IF HI:18 GO TO 3:4:5
4)G-K,9,999
F-HI,1,22
F-F,23,9
G-G,F
7)IF A:6 GO TO 8:18:18
3)IF HI:2 GO TO 8:4:4
G-24,9
GO TO 7
5)G-43,9
GO TO 7
8)IF HI:11 GO TO 8:8:9
F-11,9
19)IF A:F GO TO 18:14:14
9)F-HI/9,9963
GO TO 19
14)E-E,1
TITLE I
WRITE DJ,6
C-A,9,57
W-C,9,55
C-C,C
W-W,W
S-BI,BI
C-C,2,9
R-C,S
R-W/R
R-R
R-EXP R
C-C,S
S-S/C
R-R,S
WRITE R
SPACES 5
L-I,R
S-R,9,6994
WRITE S
K1-K1,S

SPACES 5
 S-R,0,137
 WRITE S
 L1-L1+S
 SPACES 5
 TITLE 1*
 SPACES 5
 WRITE DJ
 C-A,0,55
 W-C,0,55
 C-C,C
 W-H,W
 R-B1,B1
 C-C,2,0
 C-C,R
 S-H/C
 S-S
 S-EXP S
 W-R/C
 R-H,S
 WRITE R
 SPACES 5
 L3-L3+R
 S-R,0,6994
 WRITE S
 K2-K2+S
 SPACES 5
 S-R,0,137
 WRITE S
 L2-L2+S
 TITLE 1*
 LINE 1
 GO TO 6
 10)TITLE 1 *
 WRITE DJ
 TITLE - - - - - I *
 WRITE DJ
 TITLE - - - - - 1*
 LINE

6)REPEAT J
 SUBR 1*
 15)IF I GO TO 0:11:0
 TITLE I RSR=0
 R-L/E
 WRITE R
 TITLE P1SR=0
 R-K1/E
 WRITE R
 TITLE PWSR=0

R-11/E
 WRITE R
 SPACES 5
 TITLE 1*
 SPACES 6
 TITLE P1SR-
 R-13/E
 WRITE R
 TITLE P1SR-
 R-K2/E
 WRITE R
 TITLE PWSR-
 R-L2/E
 WRITE R
 TITLE 1*
 LINE
 SUBR 19
 LINES 15
 11) REPEAT 1
 STOP 1
 REPEAT 11
 LINES 15
 STOP *7777555777
 START 1

Wsk. w 20 egz.
 Poz. nr 01777/ww

23

