Zakwalifikowano
w dniu 17 VII
07286

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. generała broni K. Świerczewskiego

Egz.-Nr 2

ppłk dypl Józef ZABŁOTNI

ZWALCZANIE PRZEZ ARTYLERIĘ PRZECIWLOTNICZĄ MAŁEGO I ŚREDNIEGO KALIBRU SAMOLOTÓW DZIAŁAJĄCYCH NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH Z DUŻYMI PRĘDKOŚCIAMI LOTU

Rozprawa doktorska

Biblioteka Szkoleniowa
Nr ewid. 05052
AON im. gen. broni K. Świerczewskiego
26092
ARCHIWUM
BIBLIOTEKI SZKOLENIOWEJ
AKADEMII SZTABU GENERALNEGO
im. gen. broni K. Świerczewskiego
V26092

REMBERTÓW SIERPIEŃ 1964

Zaświadcz... z dnia 17 III 07286

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

im. generała broni K. Świerczewskiego

[redacted]

Egz.-Nr ...

ppłk dypl Józef ZABŁOTNI

ZWALCZANIE PRZEZ ARTYLERIĘ PRZECIWLOTNICZĄ MAŁEGO I ŚREDNIEGO KALIBRU SAMOLOTÓW DZIAŁAJĄCYCH NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH Z DUŻYMI PRĘDKOŚCIAMI LOTU

Rozprawa doktorska

Biblioteka Szkoleniowa ... C 5054 Nr inw. ... AISG im. gen. ...

26092

ARCHIWUM BIBLIOTEKI SZKOLENIOWEJ AKADEMII SZTABU GENERALNEGO im. gen. ... Świerczewskiego V 26092

REMBERTÓW SIERPIEŃ 1964

A K A D E M I A S Z T A B U G E N E R A L N E G O
im. generała broni Karola Swierczewskiego

[redacted]
Egz.nr.... 2

Greckos. pod 12357 R

ppłk dypl. Józef ZABŁOTNI

ZWALCZANIE PRZEZ ARTYLERIE PRZECIWLOTNICZA MAŁEGO I SREDNIEGO KALIBRU SAMOLOTOW DZIAŁAJACYCH NA MAŁYCH WYSOKOSCIACH Z DUŻYMI PREDKOSCIAMI LOTU

/rozprawa doktorska/

Biblioteka Szkoleniowa Dz. I
15.054
Nr ewid.
AKiSG im. gen. br. K. Swierczewskiego

ARCHIWUM
BIBLIOTEKI SZKOLENIOWEJ
AKADEMII SZTABU GENERALNEGO
im. gen. broni K. Swierczewskiego
Nr 26091

OPRACOWANO
pod kierownictwem naukowym

płk prof. Józefa DACA

REMBERTOW l i p i e c 1964 r.

W S T E P

I. Charakterystyka sposobów działania lotnictwa na małych wysokościach.

1. Skład grup samolotów i sposoby pokonywania naziemnej obrony plot;
2. Możliwości wyjścia na obiekt ataku;
3. Sposoby ataku i manewry z nimi związane;
4. Charakterystyka działania lotnictwa na małych wysokościach z punktu widzenia strzelań artylerii przeciwlotniczej.

II. Możliwości techniczne sprzętu artylerii przeciwlotniczej.

1. Możliwości wykrycia celu na małej wysokości i otwarcia ognia na czas;
2. Ograniczenia techniczne sprzętu baterii artylerii przeciwlotniczej;
3. Praktyczna strefa ostrzału przy strzelaniu do samolotów na małej wysokości.

III. Skuteczność strzelania artylerii przeciwlotniczej do celów na małych wysokościach.

1. Warunki strzelania i ich wpływ na skuteczność;
2. Wskaźniki charakteryzujące skuteczność strzelania artylerii przeciwlotniczej do samolotów działających na małych wysokościach.

IV. Ogólne zasady zwalczania samolotów działających na małych wysokościach przez artylerię przeciwlotniczą.

V. Zakończenie.

W S T Ę P

Okres drugiej wojny światowej i okres powojenny cechuje szybki rozwój lotnictwa wojskowego z jednej strony oraz szybki rozwój środków obrony przeciwlotniczej z drugiej strony.

Doświadczenia drugiej wojny światowej, wojny w Korei i innych konfliktów wykazały, że na polu walki największą rolę spełni samolot myśliwsko-bombowy /myśliwski wielocelowy/, posiadający z jednej strony osiągi samolotu myśliwskiego, a z drugiej strony lekkiego bombowca. Tym bardziej jest to istotne, że możliwość wykonywania zadań przez samoloty myśliwsko-bombowe przy użyciu broni jądrowej sprawiła, iż kwestia udźwigu bomb przez samoloty lotnictwa taktycznego utraciła swoje pierwotne znaczenie. Pojedyńczy samolot myśliwsko-bombowy lub mała grupa uzbrojona w broń jądrową może wykonać zadanie, które przedtem wykonywało setki bombowców.

Już po drugiej wojnie światowej pojawiają się pierwsze konstrukcje samolotów myśliwsko-bombowych. Pierwszym na zachodzie samolotem tego typu jest samolot F-84G "Thunderjet", a następne F-84F "Thunderstreak" /są one do tej pory na uzbrojeniu Francji, NRF, Turcji, Grecji, Włoch, Belgii, Holandii, Norwegii/. Oprócz samolotów myśliwsko-bombowych w lotnictwie taktycznym znajdują się samoloty wielocelowe, np. F-86 "Sabre", "Hunter". Wszystkie te samoloty są samolotami o prędkościach dodźwiękowych.

Następnym etapem rozwoju lotnictwa myśliwsko-bombowego jest przechodzenie na sprzęt o prędkościach naddźwiękowych, przystosowany do działania w różnych warunkach meteorologicznych, wyposażony w elektronowe przeliczniki i celowniki bombardierskie oraz urządzenia nawigacyjne. Do takich samolotów należy zaliczyć F-100 A,C,D, F-101 A,B "Voodoo"; F-104 G "Super Starfighter"; F-105 D "Thunderchief"; Mirage III E i inne /dane taktyczno-techniczne samolotów myśliwsko-bombowych - załącznik 1/.

O ile pierwsze typy samolotów myśliwsko-bombowych /dodźwiękowych/ są już wycofywane z uzbrojenia, to drugie, a szczególnie samoloty F-104, F-105, Mirage III E, pozostaną

na uzbrojeniu jeszcze przez szereg lat. W poszukiwaniu jak najlepszego samolotu do działań na polu walki dąży się do opracowania samolotu naddźwiękowego skróconego startu, jak również pionowego startu. Samoloty takie są opracowywane i w najbliższej przyszłości mogą wejść na uzbrojenie.

Rozwój lotnictwa nie pozostał bez wpływu na rozwój środków obrony przeciwlotniczej. Już w czasie II wojny światowej powstały dwa nowe środki: środki rozpoznania radiolokacyjnego i przeciwlotnicze pociski kierowane. Te dwa środki w okresie powojennym szybko rozwijają się, powstaje szereg nowych konstrukcji, zwiększa się zasięg i pułap wykrywania celów powietrznych, zwiększa się zasięg i pułap zwalczania ich przez przeciwlotnicze pociski kierowane.

Działanie lotnictwa na średnich /1000-4000 m/, dużych /4000-12000 m/ i stratosferycznych /ponad 12000 m/ wysokościach stanęło pod znakiem zapytania. Same przeciwlotnicze pociski kierowane w warstwie wysokości 2000-30000 m mogą stworzyć strefę ognia z prawdopodobieństwem rażenia samolotów około 90 %.

Jednym z najtrudniejszych do pokonania braków współczesnej obrony przeciwlotniczej są ograniczone możliwości wykrywania celów powietrznych na małych wysokościach przez środki rozpoznania.

Taki stan rzeczy spowodował szukanie i opracowanie nowych form taktyki działań przez lotnictwo, które zapewniłoby minimum strat, a maksymum możliwości wykonania zadań.

Formy te można wyrazić:

- przejściem do działań samolotami pojedyńczymi /małymi grupami/;
- wykorzystaniem w maksymalnym stopniu możliwości wykonywania zadań z małych wysokości.

Przejście do działań samolotami pojedyńczymi /małymi grupami/ i z małych wysokości podyktowane jest przede wszystkim:

- ograniczonymi możliwościami lotnictwa myśliwskiego na tych wysokościach;
- niemożliwością zwalczania samolotów na tych wysokościach przez większość rakiet przeciwlotniczych /rakiety

przeciwlotnicze specjalnie przeznaczone do tego celu nie dają całkowitej pewności rażenia celów na bardzo małych wysokościach/;

- ograniczonymi możliwościami i skutecznością strzelania artylerii przeciwlotniczej przy takich sposobach działania lotnictwa.

Tak więc działanie na małych wysokościach samolotami pojedyńczymi /małymi grupami/ daje lotnictwu maksymalne szanse skrytego dotarcia do celu, a co za tym idzie ograniczenie środkom OPL czasu potrzebnego na organizację i odparcie nalotu. Oprócz tego zastosowanie nowych sposobów ataku bronią jądrową lub pociskami "powietrze-ziemia" spowodowało, że samolot może wykonać zadanie nie koniecznie docierając do obiektu uderzenia.

Wszystkie te czynniki, które działają na korzyść lotnictwa wykonującego zadania z małej wysokości, są niekorzystne dla obrony przeciwlotniczej. Stąd też zagadnienia zwalczania takich celów jest od szeregu lat problemem bardzo istotnym we wszystkich armiach świata. Do tej pory problem ten rozwiązywany jest po dwóch liniach, a mianowicie przez konstruowanie różnych systemów przeciwlotniczych pocisków rakietowych oraz przez doskonalenie sprzętu artylerii przeciwlotniczej, szczególnie małego kalibru.

Konstruowanie i wprowadzanie nowego sprzętu /przeciwlotniczych pocisków rakietowych, armat przeciwlotniczych i innego sprzętu OPL naziemnej/ pociąga za sobą bardzo duże koszty; np.: skonstruowanie i przeprowadzenie doświadczeń z pociskiem "Red Eye" kosztowało około miliona dolarów, a jest to najprostsza z wszystkich konstrukcji. W związku z tym tylko niewiele państw może pozwolić sobie na takie rozwiązywanie tego problemu.

W naszych warunkach najwłaściwszym rozwiązaniem tego zagadnienia w obecnej chwili jest poszukiwanie najbardziej optymalnych rozwiązań taktycznych i strzeleckich odnośnie sprzętu artylerii przeciwlotniczej będącego na uzbrojeniu wojsk.

Opracowane dotychczas zasady strzelań podane w instrukcjach strzelania artylerii przeciwlotniczej są oparte

na rozważaniach dotyczących średnich wysokości i dla warunków bardziej zbliżonych do tych, które miały miejsce w II wojnie światowej, a więc mało aktualnych w obecnych warunkach. Kilka artykułów opublikowanych w prasie wojskowej na ten temat było próbą oceny możliwości zwalczania przez artylerię przeciwlotniczą samolotów na małej wysokości. Brak w dalszym ciągu teoretycznego opracowania tego zagadnienia, dającego konkretne wskaźniki skuteczności zwalczania takich celów przez artylerię przeciwlotniczą w postaci prawdopodobieństwa rażenia i nadziei matematycznej. Wskaźniki takie pozwoliłyby rozwiązać szereg problemów taktycznych i strzeleckich.

Brak dokładnie sprecyzowanych możliwości i zasad zwalczania samolotów działających na małych wysokościach z dużymi prędkościami /około 1·M/ przy użyciu sprzętu będącego na uzbrojeniu skłoniły mnie do podjęcia próby teoretycznego zbadania możliwości i sprecyzowania ogólnych zasad zwalczania takich celów przez artylerię przeciwlotniczą.

Z teoretycznych rozważań nad zasadniczymi czynnikami wpływającymi na zasady zwalczania samolotów wykonujących zadania z małych wysokości /rozdział I, II i III/ wynika, że zwalczanie tych celów powinno być oparte na artylerii przeciwlotniczej małego kalibru. Artyleria przeciwlotnicza średniego kalibru /patrz rozdział II i III/ ma prawie dwukrotnie mniejsze możliwości niż małego kalibru. Przy rozpatrywaniu czynników wpływających na skuteczność strzelania wzięto pod uwagę przede wszystkim stosowanie przez lotnictwo broni jądrowej z małych wysokości, pocisków kierowanych "powietrze-ziemia" i innych środków napadu, jak również wszelkie możliwe sposoby ataków osłanianych obiektów. Z drugiej strony zostały rozpatrzone /rozdział II i III/ możliwości techniczne sprzętu i skuteczność ognia. W rozdziale IV zostały sprecyzowane czynniki warunkujące skuteczne zwalczanie celów na małych wysokościach oraz,w oparciu o wnioski z poszczególnych rozdziałów, ogólne zasady rozpoznania, prowadzenia strzelań oraz czynniki warunkujące właściwe ugrupowanie bojowe oddziałów artylerii przeciwlotniczej.

Aby nadać pracy jak najbardziej użytkowy charakter, rozważania teoretyczne oparto na obowiązującej organizacji oddziałów i pododdziałów artylerii przeciwlotniczej oraz sprzęcie znajdującym się w Wojskach OPL.

I. CHARAKTERYSTYKA SPOSOBOW DZIAŁANIA LOTNICTWA NA MAŁYCH WYSOKOSCIACH

Według poglądów państw zachodnich lotnictwo taktyczne jest przeznaczone do współdziałania z wojskami lądowymi i do lotniczego zabezpieczenia działań tych wojsk w operacjach zaczepnych i obronnych.

Do zasadniczych zadań lotnictwa taktycznego[x/] zalicza się: wywalczanie i utrzymanie panowania w powietrzu, izolacja rejonu działań bojowych, bezpośrednie wsparcie wojsk lądowych, rozpoznanie lotnicze. Zadanie "wsparcia pośredniego" według tych poglądów złożone jest na barki lotnictwa strategicznego, aczkolwiek nie zdejmuje się odpowiedzialności z taktycznych sił powietrznych za okazanie tegoż wsparcia wojskom lądowym, z którymi współdziałają i w strefie przyległej bezpośrednio do rejonu działań bojowych.

Głównymi obiektami /obiekty naziemne/ uderzeń lotnictwa w ramach tych zadań są:

a/ samoloty lotnictwa operacyjnego na lotniskach, bazy lotnicze, wyrzutnie pocisków rakietowych o przeznaczeniu operacyjnym, radiolokacyjne posterunki wykrywania i naprowadzania samolotów, stanowiska dowodzenia, składy bomb i pocisków rakietowych;

b/ zasadnicze mosty, przeprawy na liniach komunikacyjnych, składy i stacje zaopatrywania, stacje wyładowcze i załadowcze, siły żywe i sprzęt w rejonach ześrodkowania i w marszu;

c/ wyrzutnie taktyczne pocisków rakietowych, stanowiska ogniowe artylerii atomowej i konwencjonalnej, siła żywa i sprzęt na rubieżach obronnych, podstawach wyjściowych w rejonach ześrodkowania i w marszu, zasadnicze punkty oporu, stanowiska dowodzenia i węzły łączności.

Lotnictwo myśliwsko-bombowe obowiązane jest prowadzić rozpoznanie wyżej wymienionych obiektów na korzyść wojsk lądowych i lotnictwa taktycznego.

---

x/ "Instrukcja o użyciu samolotów myśliwskich i myśliwsko-bombowych", Tłumacz. z angiels. Sztab Gen. Zarząd II, 1956r. "Regulamin walki sił powietrznych Wielkiej Brytanii, cz. I", tłum. z angiels. Sztab Generalny, Zarząd II-1962 r.

Jak z powyższego wynika obiekty, na które będzie wykonywać uderzenia lotnictwo, są bardzo różnorodne pod względem swego znaczenia, powierzchni, kształtu, wymiarów, możliwości maskowania oraz wrażliwości na uderzenia z powietrza. Oprócz tego obiekty będą położone na różnych głębokościach.

Do niszczenia tych obiektów najczęściej będą wykorzystane samoloty myśliwsko-bombowe, będące podstawowymi samolotami lotnictwa taktycznego, które mogą stosować bardzo różnorodne środki rażenia, a mianowicie: lotnicze bomby zwykłe różnego przeznaczenia, bomby atomowe /broń jądrowa/ oraz pociski rakietowe niekierowane i kierowane, działka i karabiny maszynowe.

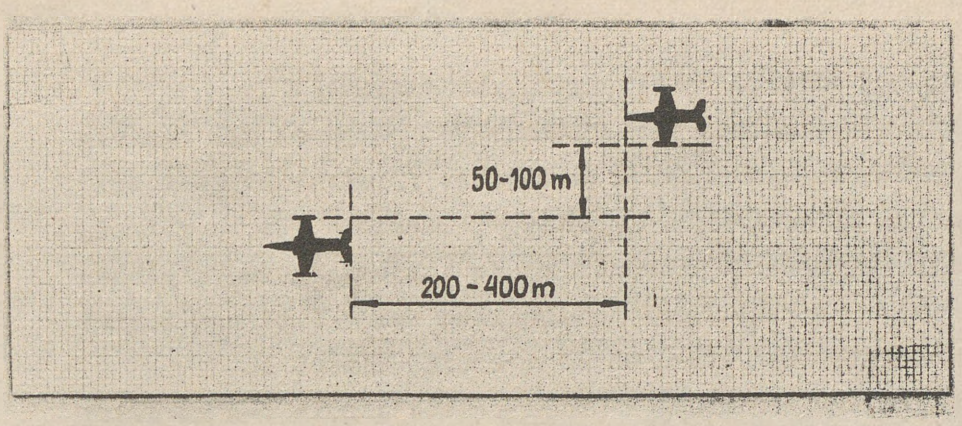
Aby właściwie zorganizować obronę przeciwlotniczą obiektów i do maksymum wykorzystać możliwości naziemnych środków OPL niezbędna jest szczegółowa znajomość taktyki działania lotnictwa taktycznego, a przede wszystkim: skład grup samolotów, sposoby pokonywania naziemnej obrony przeciwlotniczej, możliwości wyjścia na obiekt ataku, sposoby wykonania ataku i możliwe manewry samolotów w rejonie obiektu. Rozpatrzmy kolejno poszczególne czynniki.

1. Skład grup samolotów i sposoby pokonywania naziemnej obrony przeciwlotniczej

Ze względów rozpatrzonych we wstępie podstawowymi zasadami użycia lotnictwa taktycznego jest stosowanie masowych uderzeń małymi grupami samolotów myśliwsko-bombowych z małych wysokości.

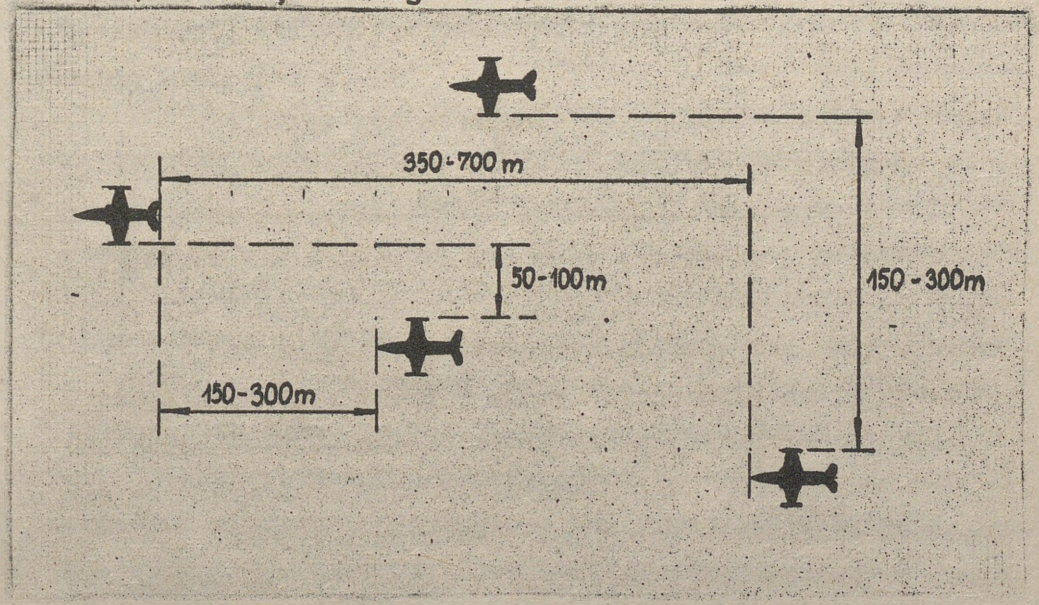
Grupy uderzeniowe samolotów myśliwsko-bombowych w czasie lotu do punktów rozejścia się, które znajdują się na rubieży wykrywania stacji radiolokacyjnych, będą składały się w większości przypadków z 4-8 samolotów /1-2 klucze/. Przelot linii styczności wojsk, jak również atak poszczególnych obiektów będzie realizowany małymi grupami 2-4 samoloty /para-klucz/.

Podstawą szyków bojowych samolotów myśliwsko-bombowych jest para, w której samolot prowadzący wykonuje atak celu naziemnego, a prowadzony - znajdujący się z tyłu pod kątem około 45° osłania go z boku, tzn. para wykonuje swoje zadania w szyku "schody" /rys.1/.



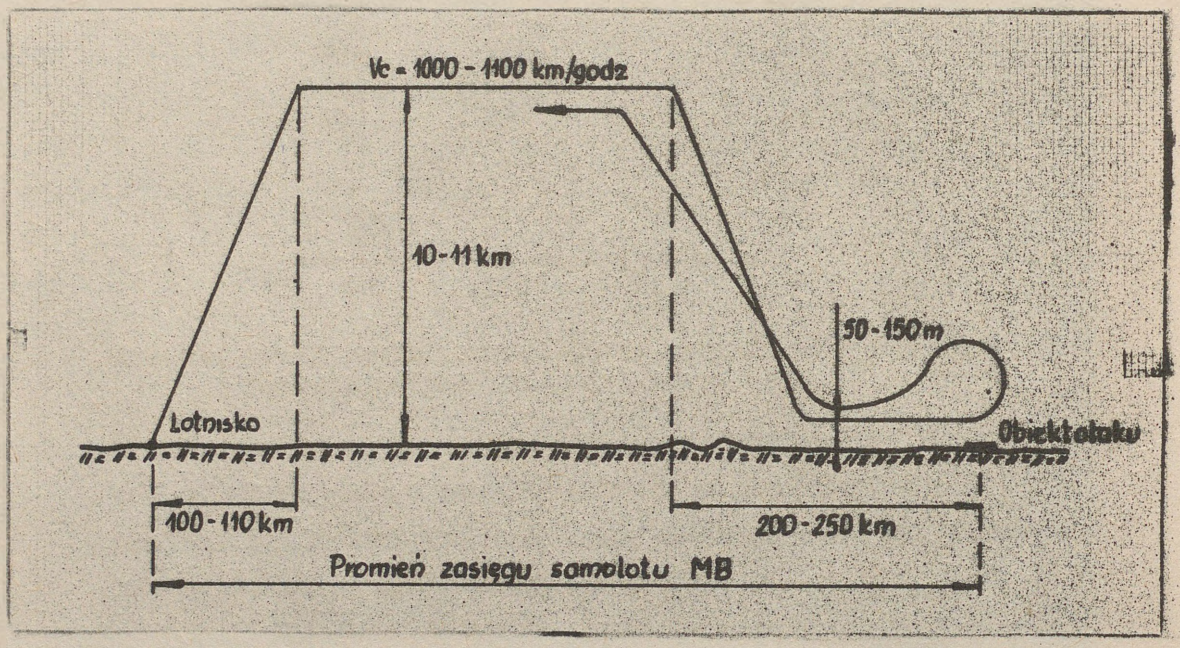
Rys.1. Para w szyku "schody"

Natomiast klucz samolotów /dwie pary/ działa najczęściej w szyku "klin " /rys.2/ oraz w niektórych przypadkach w szyku "schody". W przypadku wykonywania zadania przez całą eskadrę lub do momentu rozejścia się klucze ugrupowane w kolumnę lub żmijkę zachowują szyk klin. Jeżeli eskadra leci w kolumnie kluczy, to odległość między ostatnim samolotem poprzedzającego klucz a pierwszym samolotem następnego wynosi 600-1200 m; przy locie w żmijce kluczy odległość ta wynosi 400-800 m, a odległość wszerz - 200-400 m.



Rys.2. "Klin" klucza.

Aby dojść do obiektu ataku, małe grupy samolotów i samoloty pojedyńcze muszą pokonać system obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela. Podstawowym sposobem pokonywania obrony przeciwlotniczej jest przelot nad terenem nieprzyjaciela na wysokościach rzędu 50-150 m, przy czym lot do obiektów położonych w strefie taktycznej będzie odbywał się w zasadzie na całej marszrucie na małej wysokości, a do obiektów w głębi operacyjnej stosowany będzie profil mieszany /rys.3/.



Rys.3. Mieszany profil lotu

W obydwu przypadkach lot nad terenem zajętym przez nasze wojska będzie odbywał się na małej wysokości po trasach omijających rejony naziemnej obrony przeciwlotniczej.

Lot na małej wysokości, oprócz zalet takich jak zaskoczenie obiektu ataku i środków obrony przeciwlotniczej, cechuje szereg wad i trudności wykonania. Do najbardziej istotnych należy zaliczyć: zwiększone zużycie paliwa, a tym samym zmniejszenie promienia zasięgu, trudność wyjścia na cel i jego wykrycie. Stąd też wykonanie uderzeń na wymienione obiekty będzie poprzedzało dokładne ich rozpoznanie oraz ustalenie punktów orientacyjnych. Rozpoznanie może być realizowane przez obserwację wizualną, fotografowanie i przy użyciu środków radiotechnicznych. W taktycznej strefie przewiduje się prowadzenie

rozpoznania lotniczego z dużych i stratosferycznych wysokości wówczas, gdy to jest możliwe, najczęściej jednak rozpoznanie będzie prowadzone z małych wysokości, z lotów koszących i przy dużych prędkościach. Lansuje się, że samoloty wyposażone w kamery wahadłowe z aparatami fotograficznymi na podczerwień i ultrafiolet mogą wykonywać zdjęcia z wysokości H = 150 m przy V_c = 300 m/sek /około 1100 km/godz./. Wynika stąd, że nie tylko samoloty myśliwsko-bombowe, ale i samoloty rozpoznawcze najczęściej wykonywać będą loty na małych wysokościach.

Lot do obiektu wykonywany jest według dokładnie opracowanych, najkrótszych marszrut z takim wyliczeniem, aby z jak najmniejszym błędem wyjść na cel. Ze względu na duże zużycie paliwa przy locie na małej wysokości, stosuje się najbardziej ekonomiczne prędkości, które dla różnych typów samolotów wahają się w granicach 0,65-0,9 M /780-1100 km/godz./. Bardzo istotną rolę dla lotów na małej wysokości odgrywają punkty orientacyjne, które pozwalają lotnikowi na korygowanie trasy lotu do celu, a tym samym wyjście na cel, jego odszukanie i wykonanie ataku.

2. Możliwości wyjścia na obiekt ataku

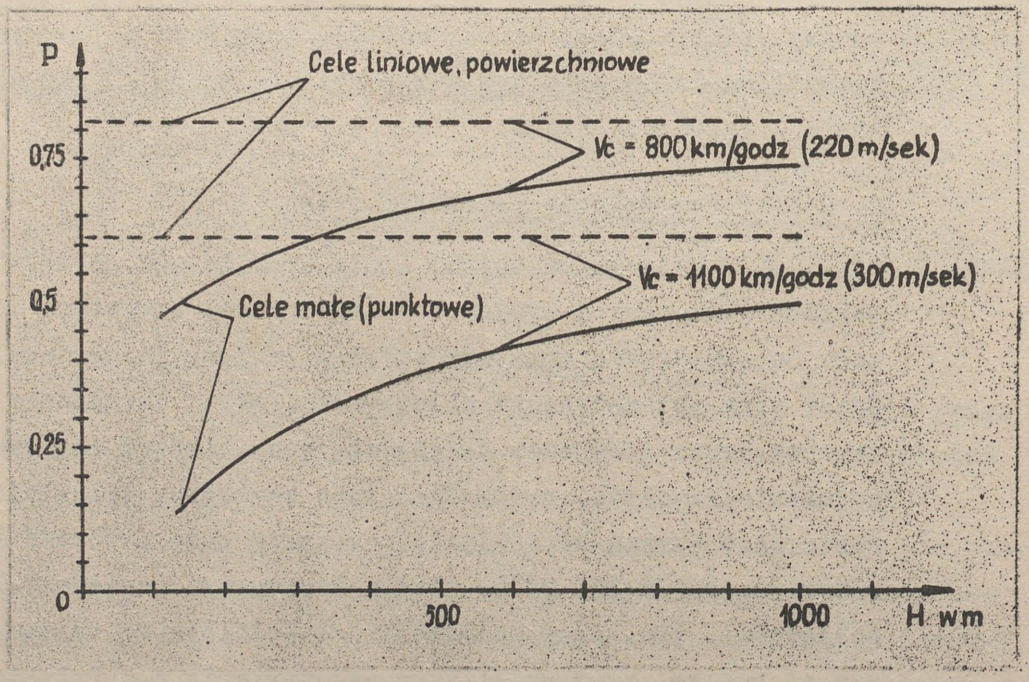
Wyjście na obiekt ataku przy lotach na małej wysokości jest bardzo trudne i zależy przede wszystkim od sposobu naprowadzenia oraz wyposażenia nawigacyjnego samolotu. Nawet przy automatycznym pilotowaniu, gdzie urządzenia elektronowe przez cały czas uwzględniają na bieżąco współrzędne położenią samolotu, prędkość i kurs samolotu, odległość do następnego punktu kontrolnego marszruty oraz prędkość i kierunek wiatru /F-105 D/[x/], błąd automatu może osiągnąć 0,5 % odległości, tzn. przy odległości od lotniska do celu wynoszącej 500 km, błąd wyjścia na cel wyniesie 2,5 km. Dlatego też marszruta dzielona jest na odcinki według punktów orientacyjnych /kontrolnych/ i każdorazowo korygowana. W przypadku wyżej podanym, jeśli trasa lotu będzie podzielona na 10 odcinków, to wyjście na cel będzie obarczone błędem około 250 m, czyli będzie bardzo dokładne. Lot prowadzony według

- - - - - - - - - - - - - - -

x/"Interavia" nr 3/1960 r.

przyrządów pokładowych i obserwacji wzrokowej będzie obarczony większymi błędami, wymaga on dużo punktów orientacyjnych /szczególnie dobre są liniowe/, leżących bardzo blisko siebie. Brak w terenie odpowiedniej ilości takich punktów może doprowadzić, że wyjście na cel będzie obarczone błędem kilku , a nawet kilkunastu kilometrów.

Wyjście na cel zależy przede wszystkim od sposobu naprowadzenia samolotu /grupy/ oraz od prędkości i wysokości lotu. Prędkość i wysokość lotu ma szczególny wpływ, jeżeli w końcowym etapie wymagane jest wizualne wykrycie celu. Prawdopodobieństwo wyjścia na cel może równać się jedności, jeżeli sposoby naprowadzenia i nawigacji zapewniają wyjście na punkt początkowy z dużą dokładnością. W tym przypadku atak może być wykonany bez wizualnego wykrycia celu /istotne dla samolotów F-104 G, F-105 D i Mirage III E/. Przy konieczności wizualnego wykrycia celu prawdopodobieństwo wyjścia na cel będzie zależało od wysokości i prędkości lotu samolotu /rys.4/.



Rys.4, Prawdopodobieństwo wyjścia na obiekt ataku przy wykrywaniu wizualnym[x/].

x/ "Osnowy taktiki istrebitielno-bombardirowocznoj awiacji" 1961 r. - Monino.

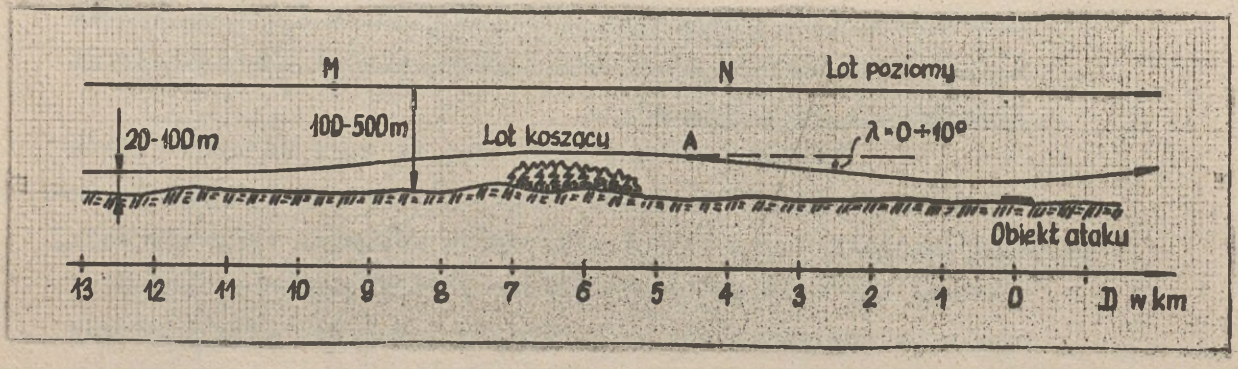
Drugim czynnikiem warunkującym czy atak na obiekt będzie wykonany z pierwszego zalotu /przy wizualnym wykryciu obiektu/ zależy od odległości wykrycia, która zależy od szeregu czynników takich, jak: kształt, wymiary, kontrastowość kolor i maskowanie obiektu, rzeźba terenu, warunki oświetlenia, ostrość widzenia przez lotnika itp. Doświadczalnie ustalono, że odległość wykrycia obiektu małego z wysokości 200-500 m wynosi około 4-6 km, a grupowego nieco więcej. Niezbędna odległość wykrycia obiektu, aby wykonać atak jest tym większa, im większa jest prędkość samolotu, przy tym lot powinien odbywać się po prostej bez skrętów, które wymagają większej odległości wykrycia. Z rozważań powyższych wynika wniosek: samoloty myśliwsko-bombowe nie posiadające elektronowych urządzeń nawigacyjnych i celowniczych, zapewniających automatyczne wprowadzenie na obiekt i celowanie, w większości przypadków /przy locie na $H < 500$ m z $V_c = 0{,}8$-$0{,}9$ M/ będą musiały wykonać powtórne zajście na cel, względnie wykonać odpowiedni manewr w rejonie celu, natomiast samoloty wyposażone w te urządzenia /F-101, F-104 G, F-105 D, Mirage III E/ mogą wykonać atak przy jednym zalocie niezależnie od wysokości i prędkości lotu.

Należy jednak podkreślić, że przy użyciu środków klasycznych /zwykłych bomb, rakiet i broni strzeleckiej/ konieczne jest w większości przypadków wizualne wykrycie celu, dlatego też i samoloty wyposażone w elektronowe urządzenia nawigacyjno-celownicze będą musiały wykonywać albo powtórne zajście na cel, albo odpowiednie manewry w jego rejonie. Wszelkie manewry zwiększają czas przebywania samolotu w rejonie celu. O ile czas przebywania samolotu w rejonie obiektu ataku z trasy wynosi około 0,5-1 minuty, to przy powtórnym zajściu lub wykonywaniu odpowiednich manewrów w jego rejonie czas ten zwiększa się do 3-4 minut. Jest to oczywiście niekorzystne dla samolotów wykonywujących swoje zadanie, a korzystne dla naziemnych środków OPL.

3. Sposoby ataku i manewry z nimi związane

Sposoby ataków dzieli się ze względu na: położenie osi samolotu względem ziemi, kolejność wchodzenia do działania samolotów /pododdziałów/, sposób celowania. W myśl tego do pierwszej grupy sposobów działania zaliczamy: atak z lotu poziomego, z nurkowania i przy kątach wznoszących; do drugiej grupy - atak równoczesny, kolejny samolotów /pododdziałów/, kolejny na obiekty; do trzeciej grupy - celowanie indywidualne i grupowe.

Atak z lotu poziomego jest jednym z najprostszych i stosuje się go w przypadkach, gdy warunki meteorologiczne /pułap chmur/ nie pozwalają na wykonanie ataku innym sposobem. Atak z lotu poziomego może być wykonywany z wysokości od 20-500 m. Przy wysokościach rzędu 20-100 m nosi on nazwę ataku z lotu koszącego /rys.5/.



Rys.5. Atak z lotu poziomego. Odcinek MN odpowiada prawdopodobnym odległościom odpalania pocisków kierowanych.

Atak /bombardowanie/ z lotu poziomego z małych wysokości wymaga bardzo ścisłego przestrzegania parametrów ruchu /wysokości, prędkości, kursu, kąta zrzutu bomb itp./.

Z punktu widzenia rażenia atakowanego obiektu, atak z lotu poziomego z wysokości 200-500 m celowy jest tylko przy obiektach dużych oraz przy atakowaniu pociskami kierowanymi /"Bullpup" GAM-83A, 83B; "NORD" 5110 AS-20, AS-30 itp./. Odległość odpalania pocisków jest różna i zależy od zasięgu danego pocisku i odległości wykrycia obiektu ataku i może dla wyżej wymienionych pocisków kierowanych wynosić 9000-4000 m.

Przy locie na wysokościach rzędu 200-300 m odległość odpalania będzie bliższa dolnej granicy. Z lotu koszącego mogą być bombardowane obiekty stanowiące przeszkodę pionową, np.: czołgi, samochody, tunele, transport kolejowy itp. Atak z lotu poziomego, szczególnie koszącego, jest korzytny, ponieważ daje dużą możliwość zaskoczenia, a czas przebywania samolotów w strefie ognia artylerii przeciwlotniczej jest bardzo krótki.

Z punktu widzenia artylerii przeciwlotniczej jedyną dodatnią zaletą tego ataku jest lot samolotu według jednej z hipotez przyjętych w konstrukcji przeliczników i celowników, tzn. lot prostoliniowy, poziomy z jednostajną prędkością, co pozwala na prowadzenie strzelania na całym kursie, nie biorąc pod uwagę innych ograniczeń, które zostaną rozpatrzone w rozdziale II.

Warunki strzelania artylerii przeciwlotniczej będą polepszone, jeżeli samolot nie może wykonać ataku z trasy i zmuszony będzie do powtórnego zajścia na cel, gdyż czas przebywania samolotu w rejonie obiektu wzrośnie 2-3 razy.

Atak z lotu nurkowego jest zasadniczym sposobem ataku środkami klasycznymi. Zaletami tego ataku są: dobre warunki wykrycia i rozpoznania atakowanego obiektu, duża skuteczność, możliwość wykorzystania wszystkich klasycznych środków rażenia, znajdujących się na samolocie. Wadami - zależność od warunków meteorologicznych, stwarzanie dogodnych warunków do strzelania artylerii przeciwlotniczej.

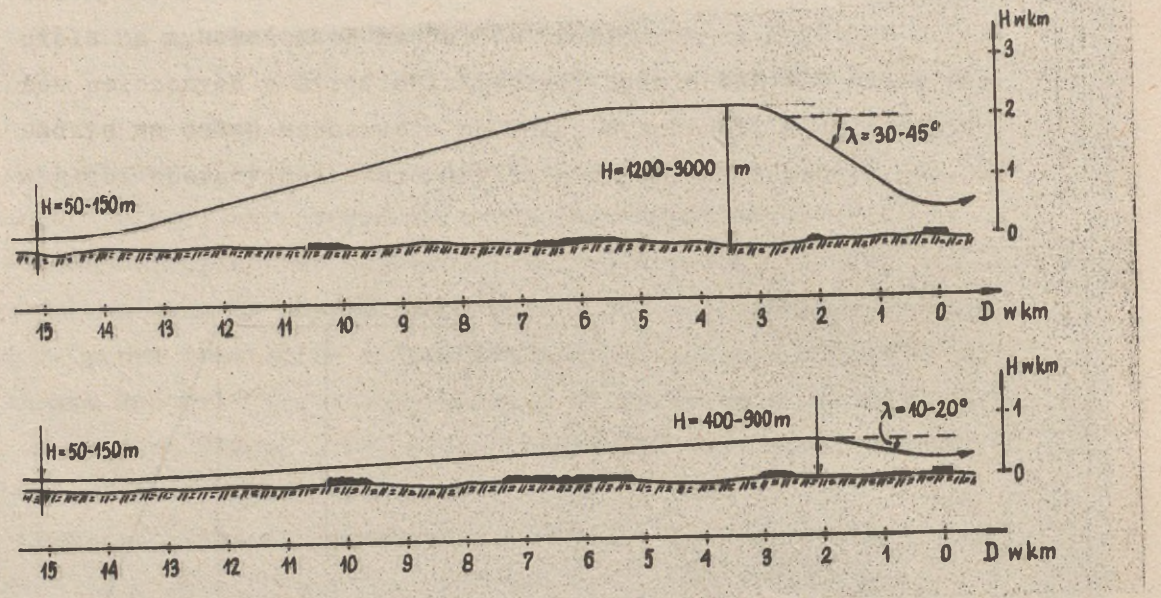
Rozróżniane są dwa sposoby atakowania z lotu nurkowego, tzn. z lotu szybowego, przy kątach $\lambda = 10\text{-}20^{\circ}$ oraz przy kątach nurkowania $\lambda = 30\text{-}45^{\circ}$ x/.

Atak z lotu szybowego może być wykonany na dowolnego rodzaju obiekty przy niskim pułapie chmur, z wysokości 400-900 m, przy tym mogą być użyte bomby zwykłe, pociski rakietowe i broń strzelecka /rys.6b/.

Przy kątach nurkowania $\lambda = 30\text{-}45^{\circ}$ niezbędny jest wyższy pułap chmur /wysokość wprowadzenia samolotu w lot nurkowy wynosi 1200-3000 m - rys.6a/, gdyż wzrost kąta nurkowania powoduje wzrost wysokości wprowadzenia samolotu w lot nurkowy.

- - - - - - - - - - - - - - - - - -

x/Instrukcje państw zachodnich zakładają, że takie kąty nurkowania są najwygodniejsze do wykonania ataku.

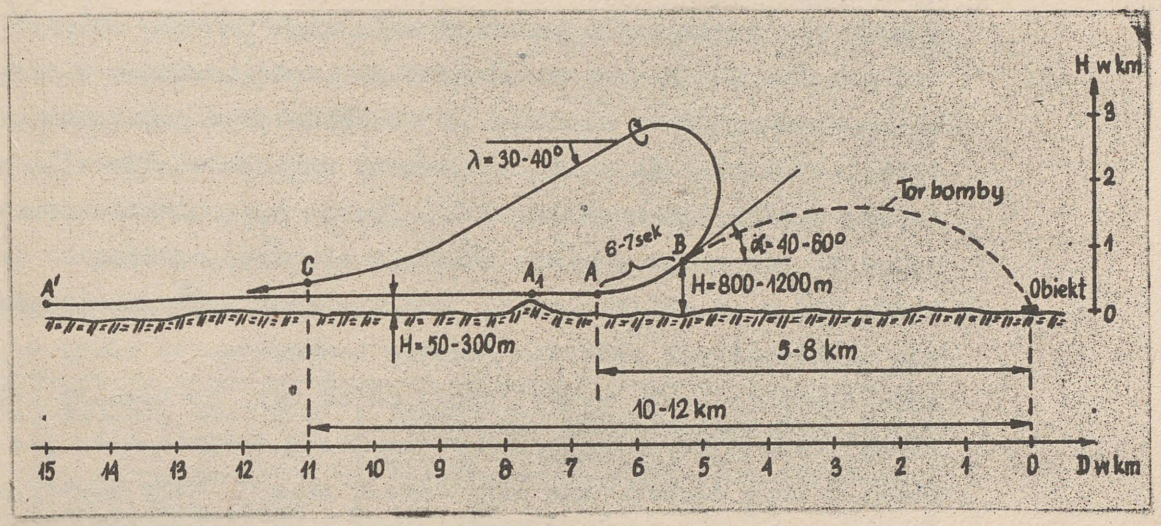


Rys.6. Atak z lotu nurkowego i szybowego

Zarówno przy ataku z lotu szybowego, jak i przy kątach nurkowania 30-45°, podejście do obiektu będzie odbywać się na małej wysokości /50-150 m/. Klasyczny sposób wykonania tego ataku to rozpoczęcie wznoszenia na odległości 10-15 km, aby w rejonie obiektu uzyskać niezbędną wysokość i przejść w lot nurkowy lub szybowy.

Atak przy kątach wznoszących /z podrzutu/ pozwala na dolot do obiektu na małej wysokości i wykonanie ataku przy kątach wznoszenia 40-60°, 90° i 105-110°. Przy użyciu specjalnych celowników atak może być wykonany w granicach kątów 50-130°. Ponieważ przy tych sposobach ataku uchylenia środkowe charakteryzujące rozrzut bomb zawarte są w granicach od 150-350 m, stosowanie klasycznych bomb daje małą skuteczność rażenia. Zastosowanie jednak specjalnych celowników nie wyklucza możliwości bombardowania bombami klasycznymi. Z zasady sposoby te opracowano dla ataków bombami jądrowymi.

Bombardowanie przy kątach wznoszenia 40-60° /rys.7/ może być wykonywane przy dobrej widoczności na obiekty, które mogą być wykryte z H = 100-300 m na odległości nie mniejszej niż 5 km, przy użyciu zwykłych celowników oraz praktyczne w dowolnych warunkach przy użyciu automatycznych celowników elektronowych.



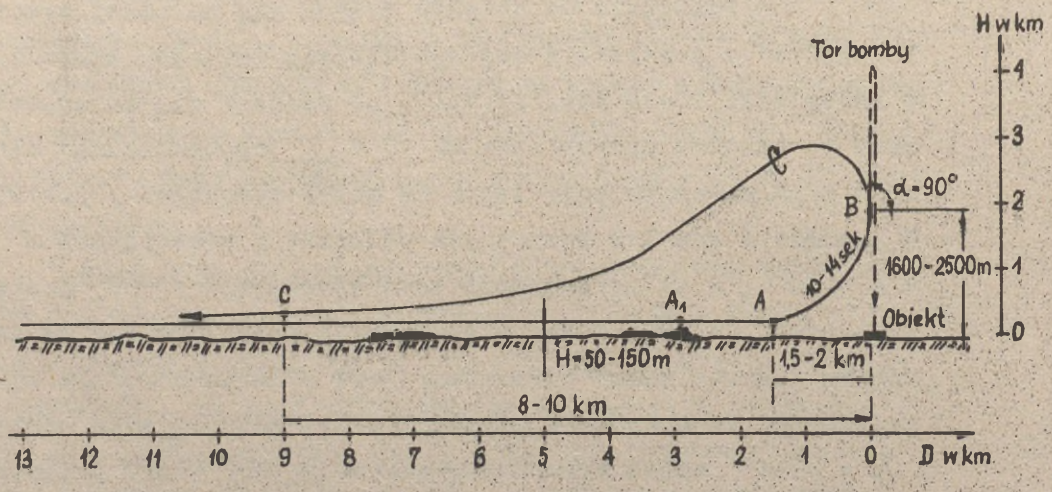
Rys.7. Atak przy kącie wznoszenia 40-60°

Podejście do obiektu odbywa się na małej wysokości /50-300 m/ z prędkością najdogodniejszą /800-900 km/godz./. W odległości 20-30 sek. /pkt.A'/ do znanego punktu orientacyjnego A_1 samolot przyśpiesza aż do V_{cmax} dopuszczalnej dla danego typu samolotu przy locie na małej wysokości /950-1200 km/godz./ W punkcie A samolot rozpoczyna półpętlę z przeciążeniem n = 4,5-6 g i po osiągnięciu kąta wznoszenia 40-60° następuje rzut bomby. W samolotach wyposażonych w elektronowe celowniki manewr i zrzut bomby wykonywany jest półautomatycznie lub automatycznie. Po wykonaniu półpętli i osiągnięciu kąta nurkowania λ = 30-40° pilot wykonuje przewrót o 180° wokół podłużnej osi samolotu i odlatuje ze zniżeniem na maksymalnej prędkości. W momencie wybuchu samolot znajduje się na odległości 10-12 km. /punkt c./.

Odstęp bombardowania /odległość OB/ uzależniony jest przede wszystkim od kąta zrzutu i prędkości samolotu. Najdogodniejszy kąt zrzutu zawarty jest w granicach 40-45°, przy którym uzyskuje się największą donośność bomby.

Prędkość wpływa wprost propocjonalnie na odstęp bombardowania. Zaletą tego ataku jest to, że samolot wykonuje manewr poza rejonem obiektu w czasie równym około 30 sek. Ze względu na obronę przeciwlotniczą większa odległość zrzutu jest zawsze korzystniejsza dla lotnictwa, dlatego też należy przypuszczać, że zrzut bomb będzie wykonywany przy kątach 40-45°, gdzie odstęp bombardowania wynosi około 5000 m.

Bombardowanie przy kącie wznoszenia α = 90° wykonuje się w przypadku braku odpowiednich punktów orientacyjnych lub gdy nie ma możliwości zorientowania się w terenie i wyprowadzenia samolotu do bombardowania pod kątem 40-60° Osobliwościami tego ataku są: moment włączenia celownika następuje w odległości około 3000 m /punkt A_1/, a moment rozpoczęcia pionowego manewru znajduje się w odległości 2000-1500 m od obiektu ataku; punkt zrzutu bomby znajduje się dokładnie nad obiektem /odstęp bombardowania równy 0/; czas opadania bomby wynosi około 40-55 sek, co pozwala lotnikowi odejść na odległość 8-10 km. Czas trwania ataku jest około 2 razy dłuższy niż przy kątach 40-60°. Cały manewr wykonany jest w ten sam sposób co i przy kątach 40-60°.



Rys. 8. Atak przy kącie wznoszenia 90°

Dokładność tego sposobu zależy od typu celownika /poważny wpływ na dokładność ma wyznaczenie kąta zrzutu/. Odchyłki wysokości i prędkości na dokładność bombardowania nie wpływają. Należy przypuszczać, że samoloty wyposażone w automatyczne /pół automatyczne/ celowniki /F-105, F-104, Mirage III E/ mogą bardzo dokładnie bombardować tym sposobem.

Bombardowanie przy kącie wznoszenia około 110° stosuje się w tych samych przypadkach, co atak przy kącie wznoszenia 90°. Osobliwością tego ataku jest to, że półpętlę rozpoczyna się nad obiektem ataku, który stanowi jednocześnie punkt orientacyjny. Jest to o tyle istotne, że w przypadku ograniczonej widzialności lub działania w terenie pozbawionym dogodnych punktów orientacyjnych, zastosowanie innego sposobu jest niemożliwe. Zgodnie z opinią specjalistów jest to najdokładniejszy[x/] sposób ataku.

Tabela 1[xx/]

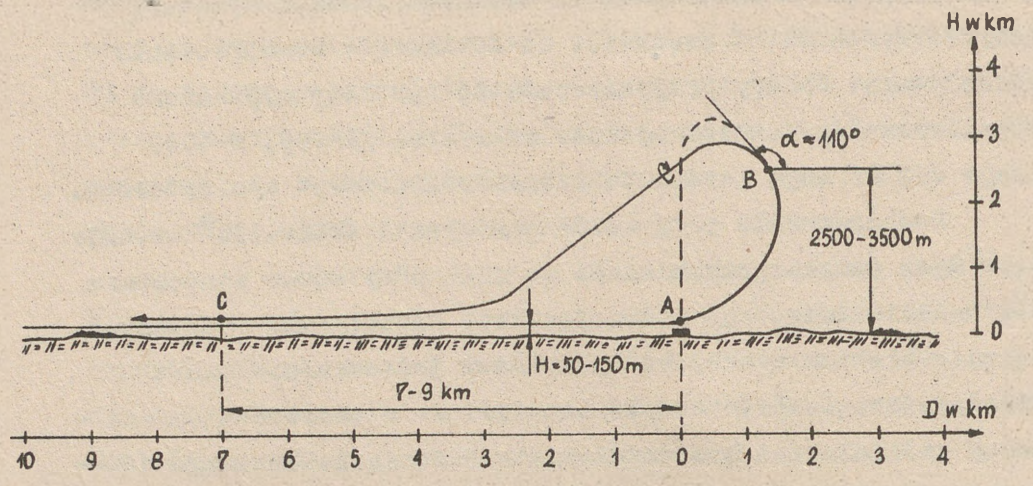
L.p.	Wymiary celu w m^2	Prawdopodobieństwo trafienia w %	
		Przy $\alpha = 110^{\circ}$	przy $\alpha = 40\text{-}45^{\circ}$
1.	500x300 = 15000	42	20
2.	500x500 = 25000	78	53
3.	1000x1000=100000	100	83

Prawdopodobieństwo wyjścia samolotu na cel do ataku przy kątach wznoszących jest niskie i w zależności od obiektu wynosi około 20-43 %. Małe prawdopodobieństwo wyjścia na cel wynika z małych wysokości i dużych prędkości lotu, dlatego też ataki przy kątach wznoszących muszą być poprzedzone dokładnym rozpoznaniem obiektu, ustaleniem punktów orientacyjnych, a w czasie wykonywania - dokładnym naprowadzaniem z ziemi lub według przyrządów pokładowych w oparciu o dokładnie opracowaną marszrutę.

---

x/ Według poglądów brytyjskich najdokładniejszym sposobem jest atak przy $\alpha = 45^{\circ}$.

xx/ "Osnowy taktiki istriebitielno-bombadirowonocznoj awiacji" 1961 r . - Monino.



Rys.9. Atak przy kącie wznoszenia 110°

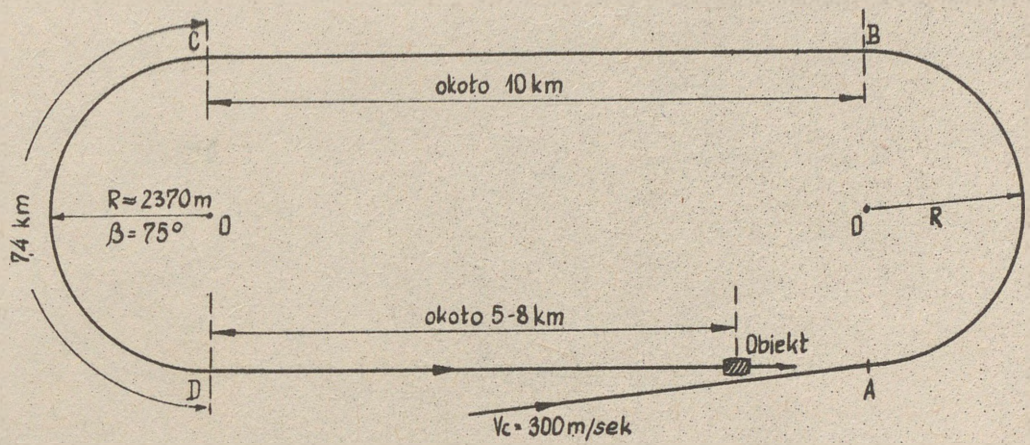
Do obecnej chwili najbardziej rozpowszechnionym urządzeniem nawigacyjno-celowniczym jest półautomatyczny system LABS /Low Altitude Bombing System/, w który wyposażone są samoloty myśliwsko-bombowe /przede wszystkim amerykańskie/. Oprócz systemu LABS stosowany jest system M I /amerykański/ oraz "Cyrano" lub "Ferranti Air-pass Mk2" na samolocie Mirage III E. Wyposażenie samolotów i działanie systemu LABS oraz M I podane jest w załączniku 1.

Wyjście na obiekt ataku przy locie na małej wysokości jest bardzo utrudnione, dlatego też często będzie wykonywany dodatkowy manewr ułatwiający wykrycie obiektu, rozpoznanie i przeprowadzenie ataku, tzn. atak może być wykonany przy drugim zajściu i niekoniecznie z tego samego kierunku.

Możliwe do zastosowania przez samoloty myśliwsko-bombowe manewry są następujące: lot z dwoma skrętami o 180°; skręt standardowy; skręt o 270°; zwrot bojowy oraz pętla i półpętla.

Lot z dwoma skrętami o 180° może być stosowany przy atakach z lotu poziomego, z szybowania, a nawet przy kątach wznoszących. Zaletą tego manewru jest możliwość jego

zastosowania w warunkach złej widoczności, braku punktów orientacyjnych itp., a wadą - długi czas przebywania w rejonie obiektu ataku i konieczność atakowania z tego samego kierunku /rys.10/.

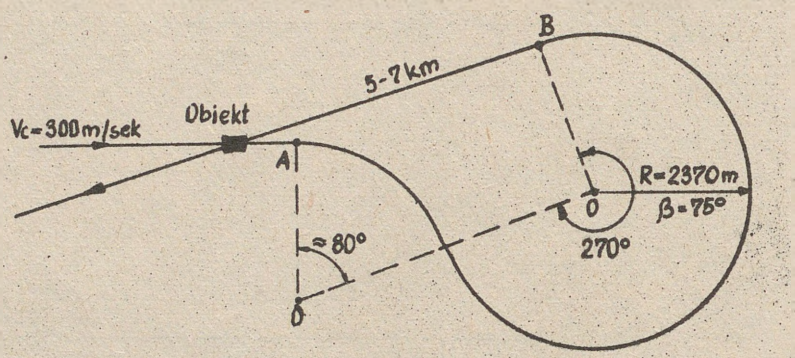


Rys.10. Rzut poziomy lotu z dwoma skrętami o 180°

Wysokość lotu samolotu może zawierać się w granicach od 50-3000 m /zależnie od sposobu ataku/. Czas wykonania manewru i ataku uzależniony jest od prędkości /V_c/, promienia skrętu /R/, oraz odcinków prostoliniowych /zależą od sposobu ataku/ i może wynosić 3-4 minuty. Długi czas przebywania celu w rejonie ataku jest wybitnie sprzyjającym czynnikiem dla strzelań artylerii przeciwlotniczej. Artyleria przeciwlotnicza będzie mogła prowadzić skuteczny ogień na wszystkich odcinkach prostoliniowych, a na odcinkach krzywoliniowych /łuki AB i CD/ ogień będą mogły prowadzić tylko baterie znajdujące się w pobliżu punktu O. Skuteczność ognia na tych odcinkach będzie bardzo mała /kurs samolotu nie pokrywa się z kursem hipotetycznym/.

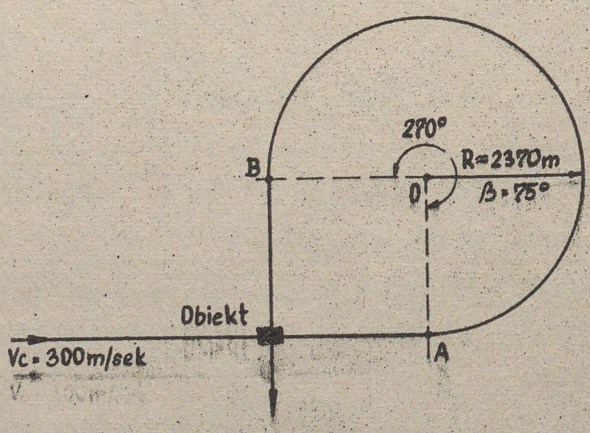
Skręt standardowy /rys.11/ może być wykonany przy wszystkich sposobach ataku i celowy jest w przypadkach, gdy powtórne zajście na obiekt z tego samego kierunku jest niecelowe. Zalety i wady tego manewru jak opisanego wyżej. Manewr ten jest mniej dogodny do prowadzenia strzelań artylerii przeciwlotniczej, ponieważ posiada krótsze odcinki kursu prostoliniowego,

np.: przy V_c = 300 m/sek i β = 75° odcinek kursu krzywoliniowego będzie wynosił około 15 km, gdy odcinki prostoliniowe łącznie wynoszą około 10 km, a czas manewru wyniesie około 2-3 minuty.



Rys.11. Rzut poziomy skrętu standardowego

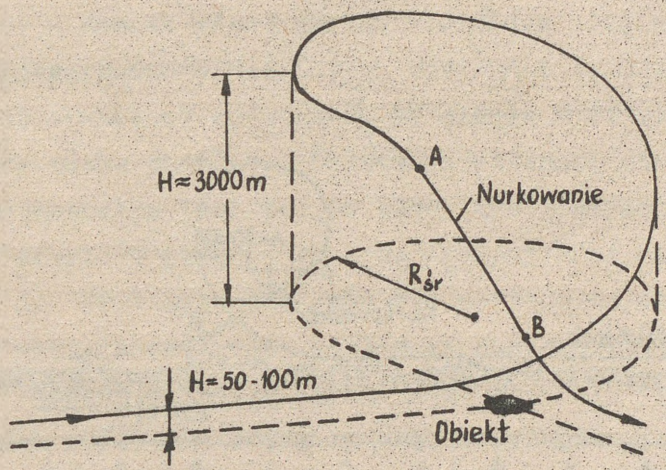
Manewr skrętem o 270° /rys.12/ stosowany jest również przy wszystkich sposobach ataku, a szczególnie w warunkach złej widoczności.



Rys.12. Rzut poziomy manewru skrętem o 270°

Czas trwania manewru wynosi około 2-3 minut. Długość odcinków kursu prostoliniowego jest mniej więcej taka sama co i krzywoliniowego /około 10 km/.

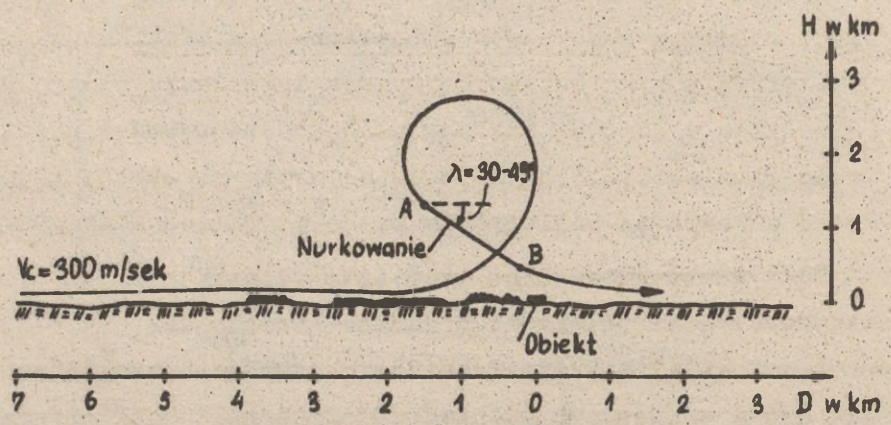
Zwrot bojowy /rys.13/ stosowany jest tylko przy atakach z lotu nurkowego w przypadkach, gdy wykrycie celu przy pierwszym zajściu jest niemożliwe. Zwrot bojowy składa się z manewru w pionie i w poziomie wykonywanych jednocześnie.



Rys.13. Zwrot bojowy

Manewr poziomy polega na wykonaniu skrętu o 270°, a w pionie na nabraniu wysokości średnio do 3000 m i wykonaniu lotu nurkowego. Zwrot bojowy swoimi parametrami różni się zasadniczo od innych manewrów w płaszczyźnie poziomej, a mianowicie szybką zmianą wysokości, z którą związane jest ujemne przyśpieszenie przy wznoszeniu i dodatnie na odcinku nurkowania /średnio 4-5 m/sek na każde 100 m różnicy wysokości/. Samolot, który rozpoczął zwrot bojowy z V_c = 300 m/sek w momencie jego ukończenia /przy ΔH = 3000 m/ będzie posiadał prędkość około 150 m/sek, a w momencie zrzutu bomb /po wykonaniu nurkowania/ na wysokości około 600 m - około 280 m/sek. Promień skrętu jest wielkością zmienną malejącą w miarę wykonywania manewru. Czas wykonania manewru jest stosunkowo krótki /1-2 minuty/. Strzelanie artylerii przeciwlotniczej będzie efektywne jedynie na odcinkach prostoliniowych do momentu rozpoczęcia manewru, na odcinku nurkowania i po jego zakończeniu.

Manewr pętlą /rys.14/ stosuje się przy atakach z lotu nurkowego. Zastosowanie tego manewru umożliwia lot na małej wysokości i dużej prędkości, wykrycie celu i atak z lotu nurkowego. Zaletą tego manewru jest krótki czas przebywania samolotu nad obiektem ataku /około 1 min./ i atakowanie go z niedużych odległości /2-3 km/. Manewr pętlą jest manewrem w pionie. Charakteryzuje go zmienna prędkość samolotu, zmienny promień krzywizny toru lotu, szybka zmiana wysokości.



Rys.14. Manewr pętlą.

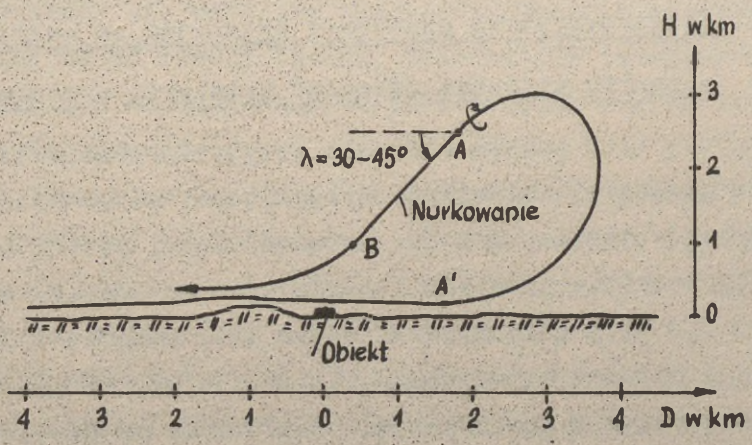
Jeżeli samolot rozpoczął manewr pętlą z prędkości 300 m/sek i przeciążeniem $n \approx 5$ g, to parametry jego ruchu będą kształtowały się w przybliżeniu następująco - tab. 2.

Tabela 2

Parametry \ Kąt wznoszenia α	Moment początkowy	45°	90°	110°	180°
Przewyższenie ΔH w m	0	600	1800	2200	2900
Promień toru /R/ w m	2700	1950	1600	1200	950
Prędkość samolotu /V_o/ w m/sek	300	270	210	190	150
Przeciążenie/n/	5	5	3,5	2,5	1,5

Samolot rozpoczynający pętlę na wysokości 100 m w jej wierzchołku osiągnie wysokość około 3000 m. Kształt pętli i wysokość osiągania w czasie jej wykonania zależy od wielu czynników, a przede wszystkim od prędkości i przeciążenia. Druga połowa pętli jest w przybliżeniu symetryczna do części wznoszącej. Samolot po osiągnięciu kąta $\alpha = -30\text{-}45^{\circ}$ /H ≈ 1200-1000 m/ wykonuje lot nurkowy w czasie 2-3 sek dokonując zrzutu bomb, odpalenia rakiet itp. i odlatuje na małej wysokości. Strzelanie do samolotu wykonującego manewr pętlą jest z zasady efektywne na odcinkach lotu poziomego i w czasie nurkowania, na innych odcinkach lotu strzelanie jest mniej skuteczne ze względu na ciągłą i szybką zmianę parametrów ruchu samolotu. Dodatnimi stronami strzelania na odcinku wznoszącym jest to, że błędy systematyczne będą powodowały ciągłe wyprzedzanie tras /rozprysków/ względem celu oraz to, że rzut sylwetki samolotu na płaszczyznę prostopadłą do wektora prędkości względnej pocisku będzie duży.

Manewr półpętlą /rys.15/ stosuje się przy atakach z lotu nurkowego, gdy dolot do obiektu odbywa się na małej wysokości, a obiekt ataku można wykryć tylko przy przelocie nad nim lub w jego pobliżu /do 1000 m/.



Rys.15. Manewr półpętlą.

Manewr półpętlą charakteryzują takie same parametry [illegible], jak i przy pętli z tą różnicą, że samolot po przejściu wierzchołka półpętli wykonuje obrót o 180° wokół podłużnej osi i przechodzi w lot nurkowy /przy λ = 30-45°/. W momencie rozpoczęcia nurkowania samolot będzie posiadał $V_c \approx 160$ m/sek. Możliwości strzelania artylerii przeciwlotniczej w tym przypadku są takie same jak i przy wykonaniu pętli, z tą różnicą, że odcinek nurkowania będzie dłuższy.

O manewr półpętlą oparte są sposoby bombardowania przy kątach wznoszących, zatem i możliwości strzelania do tych samolotów będą takie same. Należy jednak podkreślić, że w tym przypadku trzeba strzelanie prowadzić i na odcinkach krzywoliniowych aż do momentu zrzutu bomb jądrowych. Uzyskiwanie przy tym strzelaniu tras /rozprysków/ wyprzedzających może utrudnić, a nawet nie pozwolić pilotowi na wykonanie zrzutu bomb.

Samoloty, pary /klucze/ mogą wykonywać ataki celując indywidualnie lub grupowo. Celowanie grupowe jest często stosowane przy jednoczesnym ataku na ten sam obiekt całej grupy, gdzie najważniejszą rolę będzie odgrywał samolot prowadzący parę lub klucz. Stąd też należy w pierwszym rzędzie ostrzelać samolot czołowy grupy.

4. Charakterystyka działania lotnictwa na małych wysokościach z punktu widzenia strzelań artylerii przeciwlotniczej

Z punktu widzenia artylerii przeciwlotniczej najistotniejszymi czynnikami wpływającymi na skuteczność ognia tych środków jest: prędkość, wysokość lotu, profil kursu celu w płaszczyźnie pionowej i poziomej oraz wymiary celu.

Z rozpatrzenia zasad lotu samolotów do obiektu ataku i podczas wykonywania ataków wynika, że wysokości lotu będą zawarte w granicach od 50-300 m na trasie lotu, a w rejonie obiektu od 20-3000 m. Wysokości lotu, do momentu ataku, przekraczające 300 m wystąpią jedynie przy atakach z lotu nurkowego /gdy samolot nabiera niezbędnej wysokości na trasie lotu/. Mała wysokość lotu z jednej strony jest korzystna dla strzelań artylerii przeciwlotniczej ze względu na małe błędy rozwiązania

zadania spotkania pocisku z celem, z drugiej strony małe wysokości lotu samolotu skrajają bardzo czas trwania strzelania /późne wykrycie celu/ i ten czynnik ujemnie wpływa na skuteczność strzelania.

Prędkości maksymalne samolotów myśliwsko-bombowych na małej wysokości są różne dla różnych typów samolotów i wynoszą od 0,9-1,1 M /około 300-350 m/sek/. Należy jednak podkreślić, że prędkość dźwięku na małej wysokości przekracza w obecnej chwili kilka samolotów, np. F-104, F-105, Mirage III; a czas lotu z tą prędkością waha się od kilku sekund do kilku minut /0,5-4 minut/. Samoloty będą stosować prędkości maksymalne jedynie w czasie bombardowania przy kątach wznoszących. We wszystkich innych sposobach ataku prędkości będą wahały się w granicach 0,8-0,95 M /250-320 m/sek/. Prędkość na trasie lotu - 0,7-0,9 M /230-300 m/sek/.

Bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na skuteczność strzelania jest zgodność kursu celu z hipotezą przyjętą w konstrukcji przeliczników i celowników artylerii przeciwlotniczej. Budowa przeliczników i celowników artylerii przeciwlotniczej oparta jest na założeniu, że <u>w czasie wyprzedzenia cel będzie poruszał się prostoliniowo, jednostajnie w dowolnej płaszczyźnie.</u>

Przekrój pionowy trasy dolotu na małej wysokości będzie charakteryzował się wahaniem wysokości. Wahania wysokości będą uzależnione od rzeźby terenu, przedmiotów terenowych będących na trasie. W rejonie obiektu pilot będzie starał się utrzymać jednakową wysokość /przy bombardowaniu z lotu poziomego/ lub będzie leciał po kursie prostoliniowym pod pewnym stałym kątem nachylenia względem poziomu aż do momentu zrzutu bomb, odpalenia rakiet, ostrzelania obiektu itp./przy atakach z lotu szybowego, nurkowego, z lotu koszącego/, albo też po łuku w pionie /poziomie/ w celu wykonania ataku bronią konwencjonalną lub jądrową. Wszystkie odcinki kursu prostoliniowego są dogodne do prowadzenia skutecznego ognia przez artylerię przeciwlotniczą z jednym zastrzeżeniem ,tzn. że przy kursach prostoliniowych nachylonych względem poziomu pod pewnym kątem λ wystąpią błędy systematyczne wynikające z nieuwzględnienia

przez przelicznik /celownik/ przyśpieszenia samolotu i będą one tym większe, im większy będzie kąt nurkowania. Lot po łuku tak w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej jest typowym manewrem przeciwartyleryjskim, zmniejszającym skuteczność strzelania artylerii przeciwlotniczej. Wykonywanie tych manewrów daje lotnictwu dwie podstawowe korzyści: zmniejsza skuteczność ognia artylerii przeciwlotniczej i ułatwia wykonanie zrzutu bomb lub przygotowanie ataku. Dlatego też wydaje się koniecznym prowadzenie ognia i do samolotów wykonywujących manewr, szczególnie w pionie.

Państwa zachodnie dysponują bardzo różnorodnymi typami samolotów myśliwsko-bombowych z bardzo zróżnicowanymi wymiarami. Oczywiście im większa jest sylwetka /powierzchnia/ samolotu, tym łatwiej jest uzyskać trafienie, lecz z drugiej strony im większy samolot, tym większa jest ilość wymaganych trafień.

Powierzchnie i wymiary podstawowych samolotów myśliwsko-bombowych przedstawia tabela 3.

Tabela 3

Typ samolotu / Powierzchnia w m^2	S_1 /z dołu/	S_2 /z boku/	S_3 /z przodu/	Długość /m/	Rozpiętość /m/	Wysokość /m/
F-105 D	55	38	6	19,2	9,6	4,5
F-104 G	32	21	5	16,7	6,7	2,5
F-100 D	45	20	6	14,3	11,8	3,5
F-84 F	30	18	5	13,2	10,2	3
Mirage III E	36	19	5	13,8	8,2	3
średnia	≈40	≈20	≈5	≈15	≈9	≈3

Z tabeli 3 wynika, że samolot myśliwsko-bombowy jest celem o niedużych wymiarach i aby go zniszczyć /porazić/ wystarczy jedno trafienie pociskiem 57 mm lub kilkanaście trafień odłamkami pocisku 85 mm o energii rażenia /kinetycznej/ conajmniej 150 kGm każdy.

Z rozpatrzenia charakterystyki działania i sposobów wykonywania ataków przez lotnictwo taktyczne na obiekty naziemne wynikają następujące wnioski, które należy brać pod uwagę rozpatrując możliwości i skuteczność strzelania artylerii przeciwlotniczej do celów działających na małych wysokościach:

1. Samoloty myśliwsko-bombowe stanowią cel o niedużych wymiarach, silnie i różnorodnie uzbrojony, o dużych możliwościach stosowania manewru oraz działania w dowolnych warunkach meteorologicznych.
2. Zasadniczą cechą samolotów myśliwsko-bombowych jest możliwość działania na bardzo małych wysokościach rzędu od 20-300 m i z dużą prędkością - 0,65-0,95 M /220-320 m/sek/; przeciętnie można przyjąć H ≈ 200 m i V_c ≈ 300 m/sek.
3. Profil kursu na trasie, między punktami orientacyjnymi, tak w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej będzie zbliżony do prostoliniowego, natomiast w bezpośrednim pobliżu obiektu ataku będą wykonywane manewry, zależnie od możliwości wykrycia obiektu, sposobu ataku i rodzaju broni użytej w ataku.
4. Aktualne konstrukcje sprzętu artylerii przeciwlotniczej dają możność skutecznego strzelania w zasadzie tylko na prostoliniowych odcinkach kursu. Strzelanie do samolotu w czasie wykonywania lotu po łukach będzie mało skuteczne ze względu na szybką zmianę parametrów ruchu i niezgodność z hipotezy ruchu. Stąd też najistotniejsze jest rozpatrzenie wskaźników skuteczności strzelania przy ruchu celu według hipotezy "cel w czasie wyprzedzenia porusza się prostoliniowo, poziomo i jednostajnie".
5. Celami dla artylerii przeciwlotniczej będą samoloty pojedyńcze, pary i klucze samolotów, przy czym para i klucz w aktualnie stosowanym ugrupowaniu - to zwarta grupa samolotów stanowiąca jeden cel.

x x x

II. MOŻLIWOSCI TECHNICZNE SPRZETU ARTYLERII PRZECIWLOTNICZEJ

Artyleria przeciwlotnicza posiada radiolokacyjne stacje wykrywania i powiadamiania - RSWP /na szczeblu oddziału/, radiolokacyjne stacje artyleryjskie - RSA, przeliczniki, działa oraz lornety TZK /na szczeblu baterii/. RSWP jest przeznaczona do ciągłej obserwacji przestrzeni, wykrywania celów powietrznych i wskazania ich dla baterii. RSA i dalmierze przeliczników służą do ciągłego i dokładnego określania bieżących współrzędnych, przekazania ich na przelicznik, który rozwiązuje zadanie spotkania. W bateriach małego kalibru zadanie spotkania pocisku z celem może być rozwiązane przy pomocy automatycznych celowników.

Cały proces strzelania artylerii przeciwlotniczej zawiera się w następujących etapach:

- wykrycie i rozpoznanie celu powietrznego;
- ciągłe określanie współrzędnych celu powietrznego i rozwiązywanie zadania spotkania;
- prowadzenie ognia o określonym reżimie.

Możliwości techniczne sprzętu artylerii przeciwlotniczej przede wszystkim charakteryzuje wydajność ogniowa, tzn. ilość strzałów, jaką może oddać bateria artylerii przeciwlotniczej w konkretnych warunkach. Ilość oddanych strzałów przez baterię zależy od czasu przebywania celu w strefie ostrzału baterii, ilości dział w baterii i ich szybkostrzelności praktycznej. Wydajność ogniowa wpływa między innymi na skuteczność strzelania.

Czas przebywania celu w strefie ostrzału zależy od możliwości wykrycia celu i otwarcia ognia na czas oraz od technicznych ograniczeń sprzętu /strefa ograniczona w celowaniu, strefa ograniczona w rozwiązaniu zadania spotkania, normy ogniowe, strefa bezpieczeństwa wojsk własnych i inne/.

Rozpatrzmy kolejno czynniki wpływające na czas przebywania celu w strefie ostrzału baterii artylerii przeciwlotniczej.

1. Możliwości wykrycia celu na małej wysokości i otwarcia ognia na czas

Artyleria przeciwlotnicza dysponuje dwoma środkami bezpośredniego rozpoznania celów powietrznych, tzn. stacjami radiolokacyjnymi i przyrządami optycznymi do obserwacji wzrokowej.

Stacje radiolokacyjne RSWP posiadają anteny z zasady obracające się wokół osi pionowej. Jedynie niektóre typy stacji mają możliwość ustawiania anteny pod pewnymi kątami pionowymi. Charakterystyki antenowe tych stacji przedstawiają wąską wiązkę w płaszczyźnie poziomej, a szeroką i wyciągniętą w płaszczyźnie pionowej.

Wykrywanie celów na małej wysokości zależy przede wszystkim od położenia dolnej granicy charakterystyki antenowej, kątów ukrycia oraz powierzchni odbijającej samolotu. Dopuszczalne kąty ukrycia, które leżą poniżej dolnego zakresu charakterystyki promieniowania są następujące:

- P-8 i P-10 + 1°,
- P-15, JAWOR 0° x/.

Powierzchnia odbijająca zależy przede wszystkim od typu samolotu. Samolot bombowy może być wykryty na odległości większej o około 10 % niż myśliwsko-bombowy, a cel grupowy /zwarta grupa samolotów/ może być wykryty na odległości większej o około 20-25 % niż samolot pojedyńczy. Srednie odległości wykrycia samolotu myśliwsko-bombowego ustalone doświadczalnie przedstawia tabela 4.

Tabela 4

Srednie odległości wykrycia samolotów MB przez RSWP

Typ stacji \ Wysokość w m	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
P-8 i P-10	15	20	25	29	32	35	38	40	43	45	50
P-15	30	41	50	60	68	75	83	90	95	100	108
JAWOR	30	40	50	60	68	75	83	90	95	100	108

x/ P-8 i P-10 - RSWP będące w oddziałach od plot P-15 i JAWOR ze względu na właściwości techniczno-taktyczne mogą być przyjęte na wyposażeniu oddziałów artylerii przeciwlotniczej.

Z tabeli 4 wynika, że odległości wykrywania są jednakowe dla stacji P-8 i P-10 oraz P-15 i JAWOR, które mają dwukrotnie większy zasięg niż stacje P-8 /P-10/.

Aby ustalić, czy odległości wykrycia samolotów na małej wysokości przez RSWP zapewniają kierowanie ogniem baterii przy pełnym przygotowaniu bezpośrednim, rozpatrzmy minimalną odległość wykrycia, którą można obliczyć ze wzoru:

$$D_{Pm/RSWP/} \geqslant V_c /t_{RSWP} + t_{PD} + t_b + t_{max}/ + R + l \qquad /1/$$

gdzie: V_c - prędkość celu;

t_{RSWP} - czas niezbędny na rozpoznanie celów, określenie współrzędnych w dwóch pkt. i przekazanie ich na PD oddziału artylerii przeciwlotniczej; średnio równy 60 sek;

t_{PD} - czas potrzebny na odzwierciedlenie sytuacji powietrznej na PD, ocenę sytuacji, powzięcie decyzji i przekazanie jej bateriom; średnio równy 60 sek;

t_b - czas niezbędny na bezpośrednie przygotowanie baterii do strzelania;

t_{max} - maksymalny czas lotu pocisku - 12 sek /mk/ i 22 sek /sk/;

R - promień płaskiej strefy ostrzału - 6000 m /mk/ i 9000 m /sk/;

l - oddalenie RSWP od pierwszej linii baterii około 2 km.

Czas niezbędny na bezpośrednie przygotowanie baterii, uwzględnia czas potrzebne na wykonanie wszystkich czynności tego przygotowania /od momentu wskazania do momentu oddania pierwszego strzału/, można obliczyć:

$$t_b = t_k + t_w + t_a + t_u + t_{rob} \qquad /2/$$

gdzie: t_k - czas potrzebny na podanie komendy $\approx$ 5 sek;

t_w - czas potrzebny na wykrycie celu - 35 sek dla RSA i 20 sek dla dalmierza D-49;

t_a - czas na przełączenie RSA z "poszukiwanie" na "śledzenie" - 5 sek;

t_u - czas potrzebny na potwierdzenie odbioru wskazanego celu - 20 sek;

t_{rob} - czas roboczy baterii przy strzelaniu z przelicznikiem - 40 sek.

Jeśli do obliczeń przyjmiemy średnią prędkość celu V_c = 300 m/sek /patrz rozdział I./, to minimalne odległości wykrycia celów przez RSWP będą równe /tabela 5/.

Tabela 5

Minimalne wymaganie odległości wykrycia celu przez RSWP dla V_c = 300 m/sek

Sprzęt		$D_{Pm/RSWP/}$ w km
Bateria 57 mm z P-6	RSA	75
	D-49	69
Bateria 85 mm z P-6	RSA	80
	D-49	74

Z tabeli 5 i wykresu /załącznik 2/ wynika, że stacje RSWP typu P-8 i P-10 nie zapewniają wykrycia samolotów na odległości niezbędnej do kierowania ogniem baterii. Stacja typu "JAWOR" i P-15 zapewniają kierowanie ogniem:

- baterii 57 mm armat plot od H > 580 m przy wykorzystaniu RSA i od H > 500 - dalmierza D-49;
- baterii 85 mm armat plot. od H > 650 m przy wykorzystaniu RSA i od H > 560 m - dalmierza D-49.

W instrukcji kierowania ogniem stwierdza się, że w przypadku braku wskazania celu z PD oddziałów dowódcy baterii decydują samodzielnie o wyborze celu i prowadzeniu ognia, tzn. występuje decentralizacja kierowania ogniem. Jeżeli założymy, że stacje RSWP będą przekazywały dane o celach bezpośrednio na baterie, a decyzje o wyborze celu pozostawimy dowódcom baterii, to minimalna odległość wykrycia celu przez RSWP może być obliczona ze wzoru:

$$D_{Pm/RSWP/} \geq V_c \left/ t_{RSWP} + t_b + t_{max} \right/ + R + 1 \qquad /3/$$

gdzie: t_b - będzie równy 70 sek /dla RSA/ i 50 sek /dla D-49/, ponieważ wyeliminowany zostanie czas t_u.

Minimalne odległości wykrycia samolotów przez RSWP obliczone przy pomocy wzoru /3/ przedstawia tabela 6 i wykres /załącznik 2/.

Tabela 6

Minimalne wymagane odległości wykrycia celu przez RSWP przy decentralizacji kierowania ogniem i przy V_c = 300 m/sek

Sprzęt		$D_{Pm/RYSWP/}$ w km
Bateria 57 mm z P-6	RSA	51
	D-49	45
Bateria 85 mm z P-6	RSA	56
	D-49	50

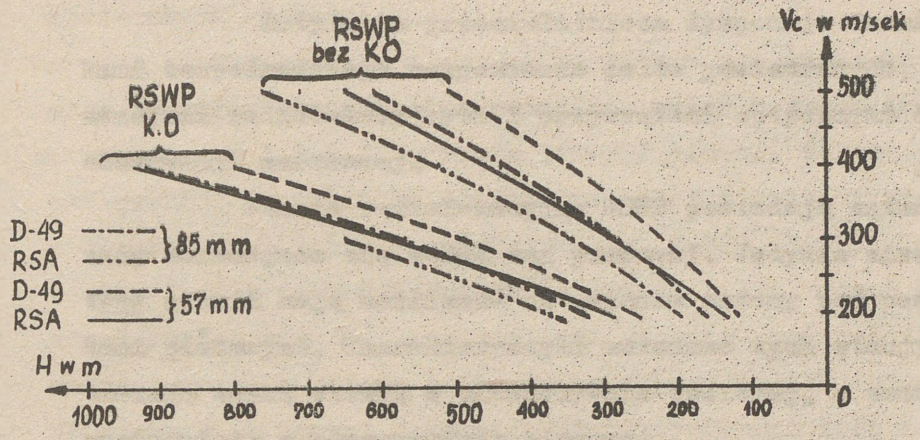
Z tabeli 6 i wykresu /załącznik 2/ wynika, że przy tym sposobie wykorzystania danych RSWP stacje P-10 i P-8 nie spełniają warunków wykrycia i wskazania celu bateriom, natomiast stacje P-15 i JAWOR mogą wykryć i wskazać cele:

- baterii 57 mm armat plot od H > 280 m /dla RSA/ i H > 220 m /dla D-49/;
- baterii 85 mm armat plot od H > 350 m /dla RSA/ i od H > 280 m /dla D-49/.

Minimalne wysokości, powyżej których jest możliwe kierowanie ogniem lub wskazanie celu na podstawie danych RSWP, zależą od prędkości lotu celu, wymaganej odległości wykrycia i rzeczywistej odległości wykrycia. Na rys.16 przedstawiony jest wykres wysokości, od których mogą być wykorzystane dane RSWP do kierowania ogniem lub wskazania celu bezpośrednio z RSWP baterii, sporządzony dla różnych prędkości celu.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że przy pełnym cyklu bezpośredniego przygotowania baterii do strzelania stacje typu P-10 /P-8/ są całkowicie nieprzydatne do zwalczania celów na małych wysokościach lecących z dużymi prędkościami, natomiast stacje typu P-15 i JAWOR mogą zapewnić kierowanie ogniem przeciętnie od wysokości 600 m oraz wskazywać cele od 300 m wzwyż.

W pasie wysokości najbardziej prawdopodobnego działania lotnictwa myśliwsko-bombowego /do 300 m/ baterie do strzelania z przelicznikiem nie będą mogły wykorzystać danych RSWP /przy założeniu, że oddziały wyposażone są w RSWP typu JAWOR lub P-15/.



Rys.16. Wysokości, od których możliwe jest K.O i wskazywanie celu baterii

Baterie posiadają stacje radiolokacyjne RSA typu SON-9, SON-9A lub STRZAŁA /stacje o prawie jednakowych charakterystykach i możliwościach/.RSA posiadają wąską wiązkę promieniowania /około 1-00/ i dlatego wykrywanie celów powietrznych bez uprzedniego ich wskazania jest poważnie ograniczone. Dla poszukiwania celów stacje posiadają specjalny system przepatrywania przestrzeni, przy pomocy którego oś anteny szybko przeszukuje dany wycinek, np.: po spirali- SON-9. Srednie odległości wykrycia samolotów myśliwsko-bombowych określone doświadczalnie dla stacji SON-9A przedstawia tabela 7.

Tabela 7

Srednie odległości wykrycia samolotów MB przez stacje SON-9A w km

H w m / typ stacji	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
SON-9A	18	27	34	41	46	50	53	55	55	56	56

Aby bateria mogła otworzyć ogień z przelicznikiem RSA powinna wykryć cel powietrzny na odległości:

$$D_{Pm/RSA/} \geq R + V_c /t_{rob} + t_a + t_{max}/ \quad x/ \qquad /4/$$

x/ Wartości czasów podano w objaśnieniu do wzoru /2/

Minimalne, wymagane odległości wykrycia celu obliczone ze wzoru /4/ przedstawia tabela 8 i załącznik 2.

Tabela 8

Sprzęt	$D_{Pm/RSA/}$ w km
bateria 57 mm z P-6	23
baterią 85 mm z P-6	29

Z porównania wymaganych i rzeczywistych odległości wykrycia samolotów przez RSA /tabela 8 i załącznik 2/ wynika, że przy pełnym bezpośrednim przygotowaniu baterii do strzelania warunki będą spełnione dopiero przy wysokościach od 150 m wzwyż dla baterii 57 mm i od 250 m dla baterii 85 mm.

Ze względu na to, że prawdopodobieństwo wykrycia samolotów przez RSA i RSWP na wymaganych odległościach nie przekracza 50 % oraz z uwagi na trudności w wykryciu celów przez pojedyńcze RSA, często stosuje się poszukiwanie grupowe, tzw. snopami. Przy poszukiwaniu snopami wymagana odległość wykrycia będzie większa, gdyż dochodzi czas na wskazanie celu innym stacjom /8-10 sek/ i czas na uchwycenie celu przez inne RSA /35 sek/, tzn. czas sumaryczny t_{sum} = 45 sek. Uwzględniając ten czas, minimalną odległość wykrycia samolotu możemy obliczyć ze wzoru:

$$D_{Pm/snop/} \geqslant R + V_c /t_a + t_{rob} + t_{sum} + t_{max}/ \qquad /5/$$

Podstawiając do wzoru /5/ wartości wyżej podane otrzymamy tabelę 9.

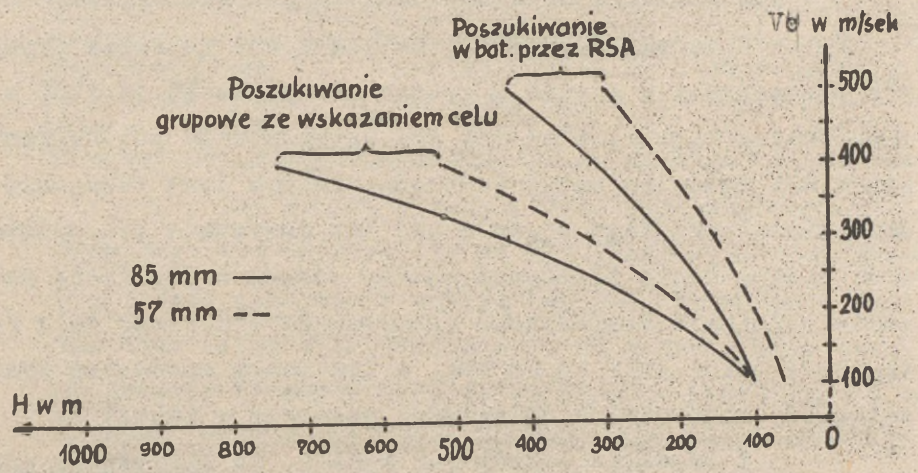
Tabela 9

Wymagane odległości wykrycia przez RSA przy poszukiwaniu snopami dla V_c = 300 m/sek

Sprzęt	$D_{Pm/snop/}$ w km
bateria 57 mm z P-6	37
bateria 85 mm z P-6	43

Jeśli weźmie się pod uwagę konieczność wskazania wykrytego celu pozostałym bateriom i na PD, w myśl danych ukazanych w tabeli 9 i załączniku 2, poszukiwanie snopami przy różnych kątach położenia nie polepasza warunków strzelania,

gdyż jest ono możliwe dopiero od wysokości 330 m dla baterii 57 mm i od 430 m dla baterii 85 mm. Ogólny obraz kształtowania się wysokości, w zależności od V_c i $D_{Pm/RSA/}$ lub $D_{Pm/snop/}$, powyżej których jest możliwe wykorzystanie RSA do strzelania przedstawia rys.17.



Rys.17. Minimalne wysokości, powyżej których jest możliwe wykrywanie przez RSA

Należy jeszcze rozpatrzyć, ile RSA trzeba angażować do poszukiwania grupowego przestrzeni do wysokości 1000 m. Ilość RSA możemy obliczyć ze wzoru:

$$N_{RSA} = \frac{p_{/snop/}}{0-50} \qquad /5/$$

gdzie: $p_{snop/}$ - kąt położenia równy: $p_{/snopa/} = \text{arc tg } H/D_{Pm/snop/}$

0-50 - połowa szerokości charakterystyki promieniowania RSA.

Dla wymaganych odległości wykrycia /tabela 9/ wymagane kąty położenia i ilość RSA przedstawia tabela 10.

Tabela 10

Niezbędna ilość RSA do stworzenia snopa w granicach wysokości do 1000 m przy V_c = 300 m/sek

Sprzęt	p/snopa/	N_{RSA}
Bateria 57 mm	0-28	0,56
Bateria 85 mm	0-23	0,46

Z tabeli 10 wynika, że jedna RSA zapewnia przeszukanie przestrzeni w pionie w granicach wysokości do 1000 m połową swojej wiązki. Stąd też dla usprawnienia poszukiwania przez RSA celów na małej wysokości celowe jest tworzenie poszukiwania grupowego przez część lub wszystkie RSA oddziału przy jednym kącie położenia anteny równym 0-30. Takie poszukiwanie eliminuje konieczność wskazywania wykrytego celu /przy okrężnej pracy RSA/ innym RSA, a tym samym sprowadza wymaganą odległość wykrycia do odległości podanych w tabeli 8.

Z rozważań powyższych wynika, że kierowanie ogniem baterii przy nalotach z małej wysokości może być realizowane średnio od H $\geq$ 500 m, jeżeli w oddziałach artylerii przeciwlotniczej będą stacje typu JAWOR lub P-15.

Kierowanie ogniem baterii przy wysokościach lotu poniżej 500 m będzie możliwe jeśli RSWP zostanie wysunięta na odpowiednią odległość na kierunku najbardziej prawdopodobnych nalotów z małej wysokości. Opłacalna odległość wysunięcia RSWP uwarunkowana jest wymaganą odległością wykrycia celu przez RSA /tab.8/, co odpowiada wysokościom 150 m /dla 57 mm/ i 250 m /dla 85 mm/. Zatem RSWP celowe jest wysuwać na odległość taką, która zapewniałaby kierowanie ogniem baterii od podanych wysokości wzwyż.

RSWP /JAWOR i P-15/ mogą wykrywać cele na tych wysokościach /150-250 m/ już na odległości 36-46 km. Zatem odległość wysunięcia RSWP /D_{Pwys}/ będzie równa:

$$D_{Pwys} \geq D_{P_m}/RSWP/ - /D_{Pwyk} + 1/ \qquad /6/$$

gdzie: D_{Pwyk} - rzeczywista odległość wykrycia celów przez RSWP na żądanej wysokości.

Obliczone wartości odległości wysunięcia RSWP według wzoru /6/ dla średniej prędkości celu V_c = 300 m/sek przedstawione zostały w tabeli 11.

Tabela 11

Wymagane D_{Pwys} RSWP zapewniające kierowanie ogniem od wysokości 100 m przy V_c = 300 m/sek

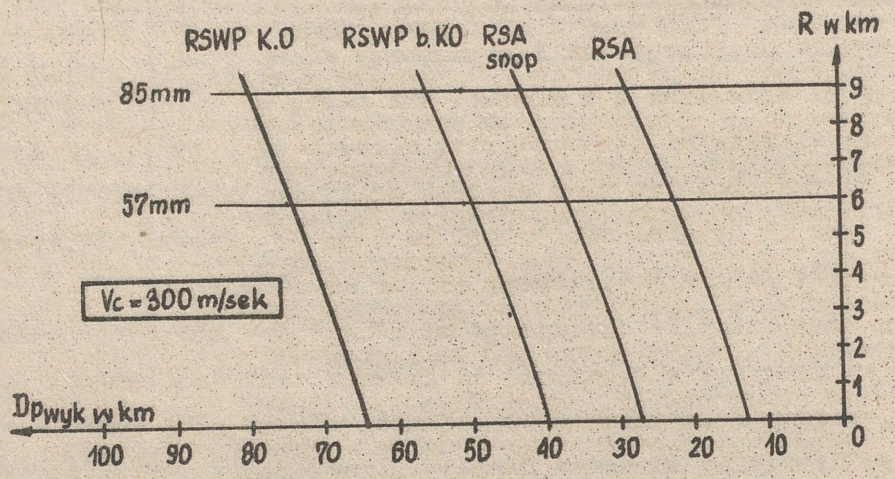
H w m / Sprzęt	100	150	200	250	300	400	500
Bateria 57 mm	43	36	31	26	21	23	4
Bateria 85 mm	48	41	36	31	26	18	9

Jak wynika z tabeli /11/ odległość wysunięcia RSWP jest tym większa, im na mniejszej wysokości chcemy realizować kierowanie ogniem baterii. Wysunięcie RSWP na tak duże odległości będzie możliwe jedynie przy osłonie obiektów położonych głębiej /w strefie taktycznej i operacyjnej/. Przy dużej dynamice ruchu wysuwanie RSWP nie zawsze będzie możliwe i celowe. Oddziały artylerii przeciwlotniczej położone głębiej, przy odpowiednim zorganizowaniu łączności i współdziałania, mogą korzystać z danych RSWP oddziałów artylerii przeciwlotniczej, znajdujących się w przodzie, bliżej linii styczności wojsk.

Ponieważ prawdopodobieństwo wykrycia samolotu na wymaganych odległościach nie przekracza 50 %, może on być wykryty z opóźnieniem, na odległości mniejszej od wymaganej, a co za tym idzie ogień zostanie otworzony nie na granicy zasięgu, lecz na odległości mniejszej. Stąd też należy znać odległości wykrycia przez RSWP i RSA, przy których możliwe będzie jeszcze strzelanie z przelicznikiem w ograniczonej strefie ostrzału.

Z analizy wykresu /rys.18/ wynika, że postawienie zadań bateriom przez PD oddziału, wskazanie celu przez RSWP i wykrycie celu przez RSA na odległościach poniżej wymaganych zmniejsza strefę ostrzału od maksymalnej wartości do zera. Strzelanie z przelicznikiem jest jeszcze możliwe wtedy, gdy odległości wykrycia celu przez RSWP i RSA zapewniają ostrzelanie celu conajmniej na połowie wartości

promienia płaskiej strefy ostrzału. Przy mniejszych odległościach wykrycia, dane rozpoznania radiolokacyjnego należy wykorzystać do strzelania z celownikiem w bateriach 57 mm i celowaniem bezpośrednim w bateriach 85 mm /przy dobrej widoczności/.



Rys.18. Zależność promienia płaskiej strefy ostrzału R od odległości wykrycia celu przez RSWP i RSA

Oprócz stacji radiolokacyjnych, do wykrywania samolotów przy dobrej widoczności, stosowane jest wykrywanie wzrokowe /przyrządami optycznymi/. Wykrywanie wzrokowe samolotów na małych wysokościach zależy od przejrzystości atmosfery w warstwie przyziemnej /tab..12/ i kąta ukrycia.

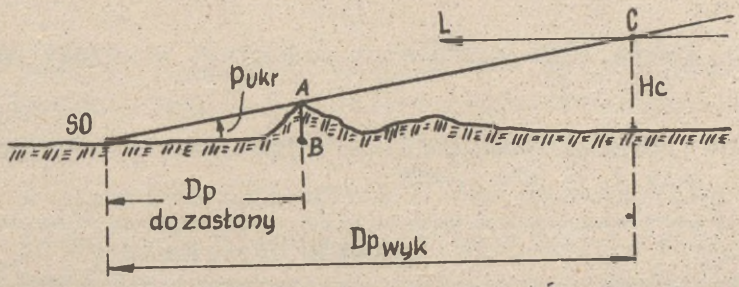
Tabela 12 x/

Lp.	Stan atmosfery	Współczynnik przejrzystości	Odległość widzialności w km
1.	Powietrze bardzo przejrzyste	0,96	100
2.	Dobra przejrzystość	0,92	50
3.	Średnia przejrzystość	0,81	20
4.	Powietrze nieco mętne	0,66	10
5.	Powietrze mętne	0,36	4
6.	Powietrze bardzo mętne	0,12	2
7.	Lekka mgła	0,015	1

x/ W. Szczanow."Obserwacja i widzialność"Wyd.MON,1956r.Wyd.I.

Przejrzystość atmosfery /widzialność/ może być bardzo różnorodna. Przy dobrej widzialności /powietrze bardzo przejrzyste/ samolot może być wykryty na odległościach 25-30 km przy pomocy dalmierza D-49 lub lornety TZK. Dobra widzialność jednak zależy od stanu pogody w ciągu dnia i z zasady powietrze, nawet przy słonecznej pogodzie, będzie zmętniałe /zakurzenie, zadymienie, lekkie zamglenie/, co zmniejsza odległość wykrycia samolotów na małej wysokości do kilku kilometrów /2-10/.
W warunkach bojowych należy poważnie liczyć się z tym, że dolna warstwa atmosfery będzie mało przejrzysta wskutek działań wojsk na tym terenie.

Kąty ukrycia, niezależnie od przejrzystości powietrza, ograniczają odległość wykrywania /rys.19/.



Rys.19. Zależność odległości wykrycia celu od kąta ukrycia.

Wpływ kątów ukrycia na odległość wykrywania samolotów przedstawia rys.20, gdzie odległości wykrycia obliczono ze wzoru:

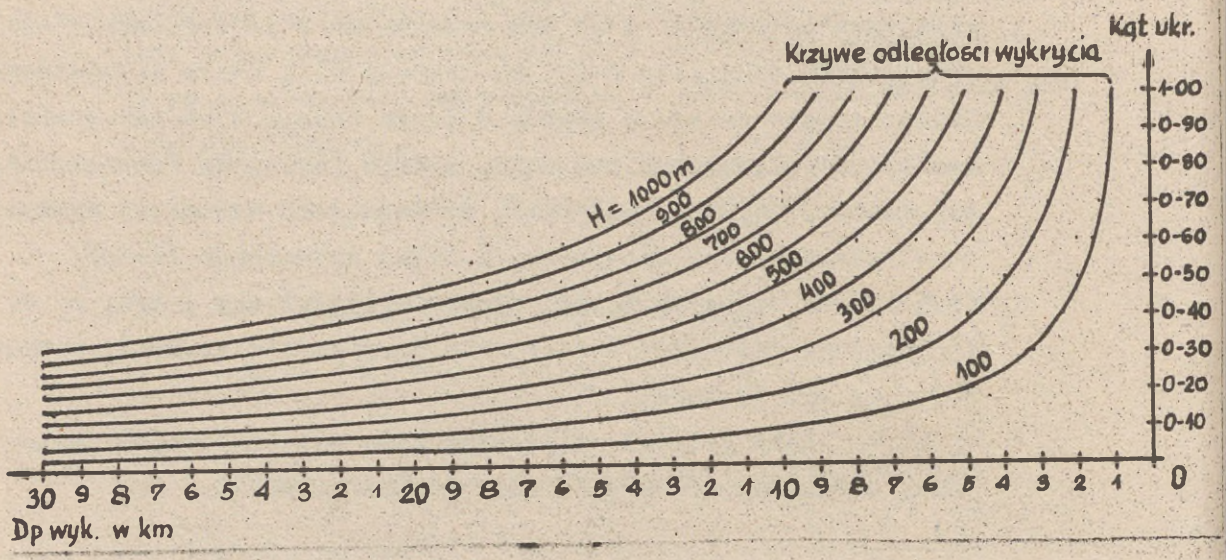
$$D_{Pwyk} = \frac{H_c}{p_{ukr/radianach/}} \qquad /7/$$

Wymagane odległości wykrycia celu do strzelania według danych dalmierza D-49 oraz z celownikiem /przy pełnym przygotowaniu bezpośrednim/ możemy obliczyć ze wzoru:

$$D_{Pwyk} \geq R + V_c\,/t_{rob} + t_{max}/ \qquad /8/$$

gdzie: t_{rob} - 40 sek dla przeliczników i około 20 sek dla celownika,

t_{max} - 12 i 9 sek dla dział 57 mm i 22 sek dla dział 85 mm.



Rys.20. Wpływ kąta ukrycia na odległość wykrycia samolotu

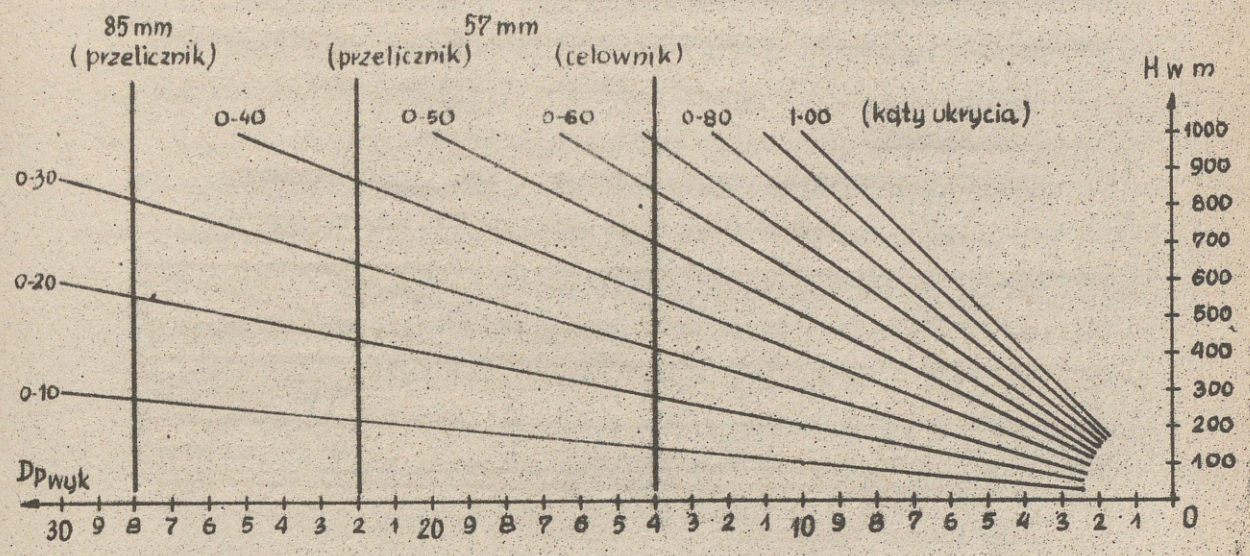
Tabela 13

Wymagane odległości wykrycia przy obserwacji wzrokowej dla V_c = 300 m/sek

Sprzęt	Sposób strzelania	D_{Pwyk} w km
Bateria 57 mm	z celownikiem	14
Bateria 85 mm	z przelicznikiem wg danych D-49	22 28

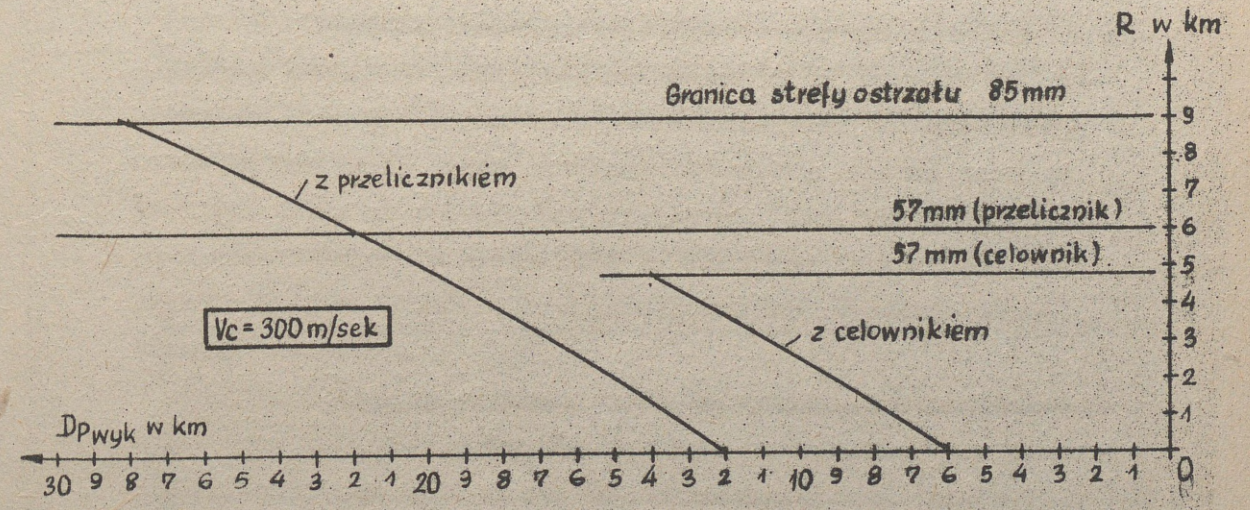
Porównanie wymaganych i rzeczywistych odległości wykrycia dla różnych kątów ukrycia baterii przedstawia rys.21.

Z wykresu /rys.21/ wynika, że dotychczas przyjęte w regulaminach kąty ukrycia /1-00 dla baterii 85 mm i 0-50 dla baterii 57 mm/ nie pozwalają przy dobrej widoczności na wykrycie celu na wymaganej odległości. Dopiero przy $p_{ukr} \leq$ 0-10 jest możliwość wykrycia na wymaganej odległości samolotu lecącego na H ≈ 150 m przy strzelaniu z celownikiem i H ≈ 200 m przy strzelaniu z przelicznikiem z armat 57 mm oraz na H ≈ 300 m przy strzelaniu z armat 85 mm.



Rys.21. Porównanie wymaganych i rzeczywistych odległości wykrycia wzrokowego przy różnych kątach ukrycia

Tak jak i przy wykrywaniu przy pomocy RSA, późniejsze wykrycie samolotu zmniejsza promień płaskiej strefy ostrzału od wartości maksymalnej do zera /rys.22/.



Rys.22. Zależność płaskiej strefy ostrzału od odległości wykrycia wzrokowego.

Podstawowymi przyrządami optycznymi w baterii są dalmierze D-49 i lornety TZK. Dalmierz D-49 posiada pole widzenia $4^{\circ}52'$, a lornety TZK - 7°. Takie pole widzenia zapewnia objęcie obszaru przestrzeni w płaszczyźnie pionowej, na wymaganych odległościach wykrycia, do wysokości ponad 1000 m. Stąd też przy wypatrywaniu, przy pomocy tych przyrządów, wystarczy przeszukiwać przestrzeń tylko w płaszczyźnie poziomej, przy stałym kącie położenia, równym w przybliżeniu jednej trzeciej pola widzenia danego przyrządu, co dla dalmierza D-49 wyniesie około 0-20, a dla lornety TZK - 0-30. Przy takich kątach położenia przeszukiwanie przestrzeni może odbywać się albo w wycinku, albo okrężnie.

Z rozważań powyższych wynika, że przy dobrej widoczności, wykrywanie celów lecących na małych wysokościach przez obserwację wzrokową zależy od kąta ukrycia baterii. Im kąt ten jest mniejszy, tym większa jest odległość wykrycia. Kąty ukrycia $p_{ukr} \leq$ 0-10 zapewniają wykrycie celu na wymaganej odległości niezbędnej do prowadzenia ognia czy to z przelicznikiem, czy to z celownikiem przy dobrej i średniej przejrzystości atmosfery w danej warstwie.

Dolna warstwa atmosfery, nawet przy dobrej pogodzie, w większości przypadków jest tylko średnio przejrzysta. W warunkach walki na danym terenie przejrzystość powietrza pogorszy się, a współczynnik przejrzystości będzie odpowiadał warunkom "powietrze nieco mętne", a nawet "powietrze mętne". W tych warunkach wykrycie wzrokowe celu ze stanowiska ogniowego baterii, nawet przy dogodnych kątach ukrycia, nie zapewni otwarcia ognia na czas.

Ponieważ dolna granica wysokości wykrywania samolotów przez RSA /przy pełnym cyklu przygotowania bezpośredniego/ kształtuje się powyżej 150-250 m /przy V_c = 300 m/sek/, a wykrywalność wzrokowa może być poważnie ograniczona, dlatego wydaje się konieczne organizowanie posterunków obserwacji wzrokowej odpowiednio wysuniętych do przodu na najbardziej prawdopodobnych kierunkach nalotów /organizacja takich posterunków, ich rozmieszczenie, zostanie omówione po rozpatrzeniu możliwości technicznych sprzętu artylerii przeciwlotniczej i jego skuteczności/.

2. Ograniczenia techniczne sprzętu baterii artylerii przeciwlotniczej

Do ograniczeń technicznych sprzętu bateryjnego artylerii przeciwlotniczej, które bezpośrednio wpływają na wydajność ogniową należy zaliczyć:

- strefy ograniczenia w celowaniu;
- strefy ograniczenia w rozwiązaniu zadania spotkania;
- normy ogniowe

Strefa ograniczenia w celowaniu wynika z niewystarczającej dla danej prędkości celu maksymalnych prędkości celowania RSA, armat i przeliczników w azymucie i kącie położenia /tabela 14/.

Tabela 14

Maksymalne wartości prędkości kątowych celowania sprzętu artylerii przeciwlotniczej

Sprzęt	Rodzaj celowania	Prędkości kątowe w stopniach	
RSA /SON-9A/	automatyczne	24°/sek	15°/sek
Przelicznik P-6	automatyczne	24°/sek	15°/sek
85 mm armata wz 1939 r.	ręczne	5°/sek x/	2°/sek x/
57 mm armata S-60	automatyczne /półautomatyczne/	24°/sek	15°/sek
57 mm armata S-68	półautomatyczne	36°/sek	20°/sek

Prędkości kątowe lotu samolotu /prędkości celowania/ są wartościami zmiennymi /rys.23/ i rosną w miarę zbliżania się celu do baterii. Celowanie jest możliwe do pkt.A, przy locie celu do baterii i od pkt.B, przy locie celu od baterii. W granicach od pkt.A do B wystąpi strefa ograniczenia uniemożliwiająca strzelanie do danego celu. Wymiary stref ograniczenia możemy obliczyć posługując się wzorami:

x/ 5° /2°/ jest to przesunięcie lufy przy jednym obrocie pokrętła, aby jednak płynnie celować jeden obrót pokrętła można wykonać w czasie 1 sek. Dobrze wyszkolona obsługa może wykonać do 1,5-2 obr/sek., przy zgrywaniu na odbiornikach działowych, tzn. można w praktyce osiągnąć $\omega_{\beta} = 10^{\circ}$/sek i $\omega_{p} = 4^{\circ}$/sek.

$$R_{\omega_\beta} = \frac{V_{poz}}{2\,\omega_{\beta\,dz/rad/}}$$

$$D_{P\omega_p} = \sqrt{\frac{V_{poz} \cdot H}{\omega_{p\,dz/rad/}} \cos q - H^2} \qquad /9/$$

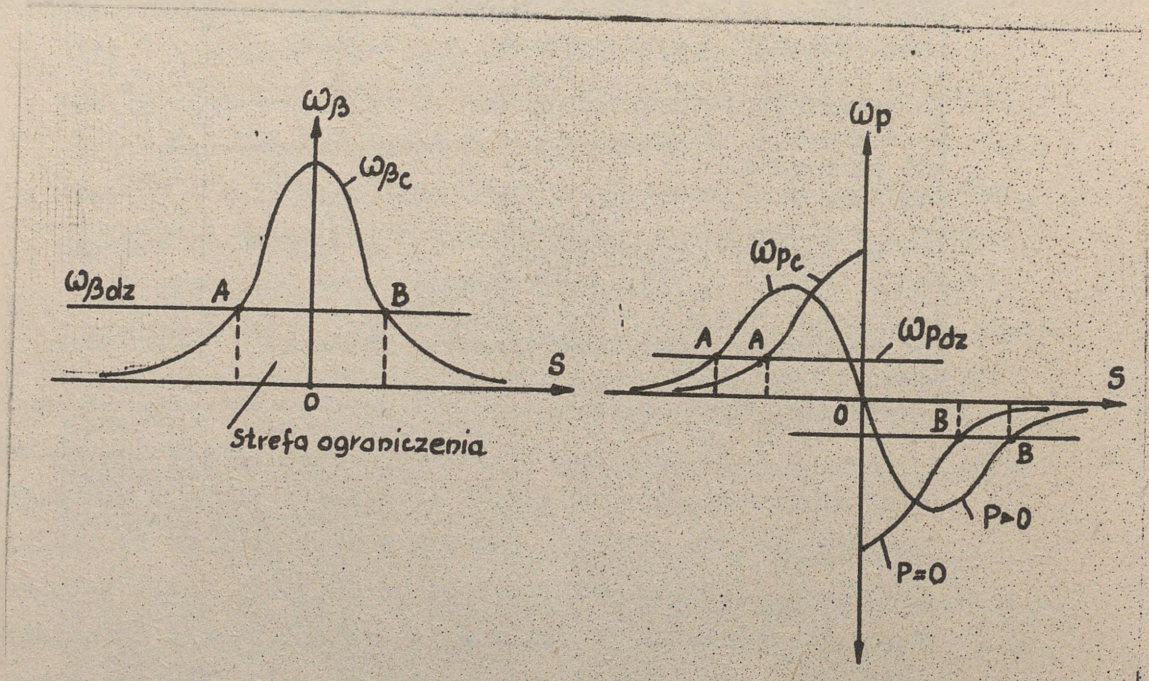
gdzie: R_{ω_β} - promień strefy ograniczenia celowania w azymucie;

V_{poz} - prędkość pozioma samolotu w m/sek;

$\omega_{\beta\,dz}$ / $\omega_{p_{dz}}$ / - maksymalne wartości prędkości celowania w azymucie /kącie położenia/ w radianach;

$D_{P\,\omega_p}$ - odległość pozioma strefy ograniczenia mierzona wzdłuż linii wyznaczającej dany kąt q;

q - kąt kursowy celu.



Rys.23. Prędkości kątowe celu i celowania

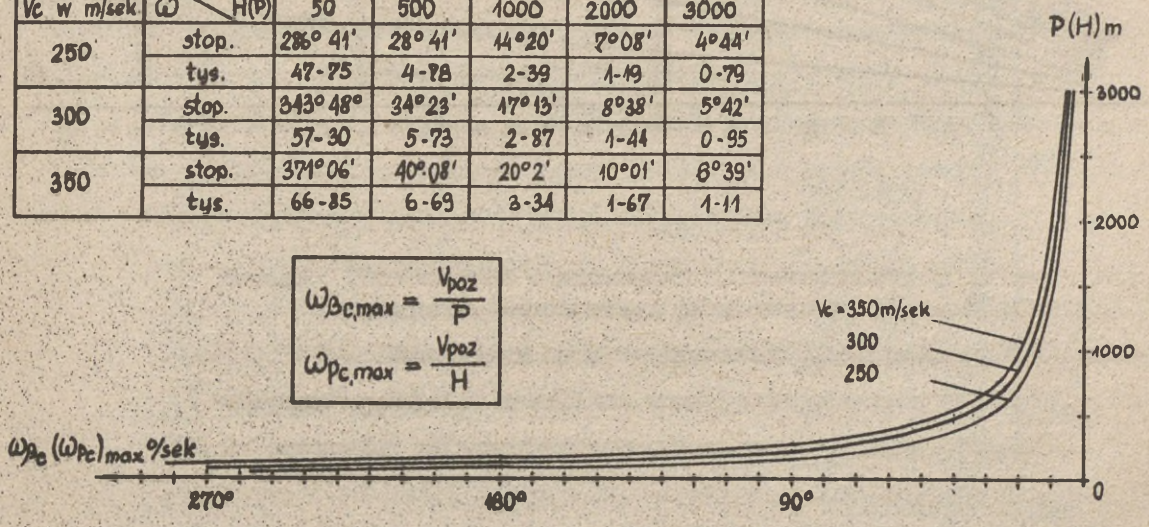
Strefy ograniczenia nie wystąpią - jeżeli maksymalne wartości prędkości kątowych celu będą mniejsze lub równe maksymalnym wartościom prędkości celowania. Maksymalne wartości prędkości kątowych celu w azymucie $\omega_{\beta\,cmax}$ występują

wzdłuż parametru kursu /przy czasie lotu celu T = 0/ oraz w kącie położenia ωp_{cmax} - wzdłuż wysokości /przy T = 0 i P = 0/, tzn. maksymalne wartości prędkości kątowych /przy danej V_{poz}/ zależą od wartości parametru kursu /$\omega_{\beta c}$ / i wysokości /ωp_c /. Na rys.24. przedstawiony jest wykres maksymalnych wartości prędkości kątowych celu przy różnych wartościach V_c, P /H/.

Vc w m/sek	ω \ H(P)	50	500	1000	2000	3000
250	stop.	286° 41'	28° 41'	14°20'	7°08'	4°44'
	tys.	47-75	4-78	2-39	1-19	0-79
300	stop.	343° 48°	34° 23'	17° 13'	8°38'	5°42'
	tys.	57-30	5-73	2-87	1-44	0-95
350	stop.	371° 06'	40° 08'	20°2'	10°01'	8°39'
	tys.	66-85	6-69	3-34	1-67	1-11

$$\omega_{\beta c,max} = \frac{V_{poz}}{P}$$

$$\omega_{pc,max} = \frac{V_{poz}}{H}$$

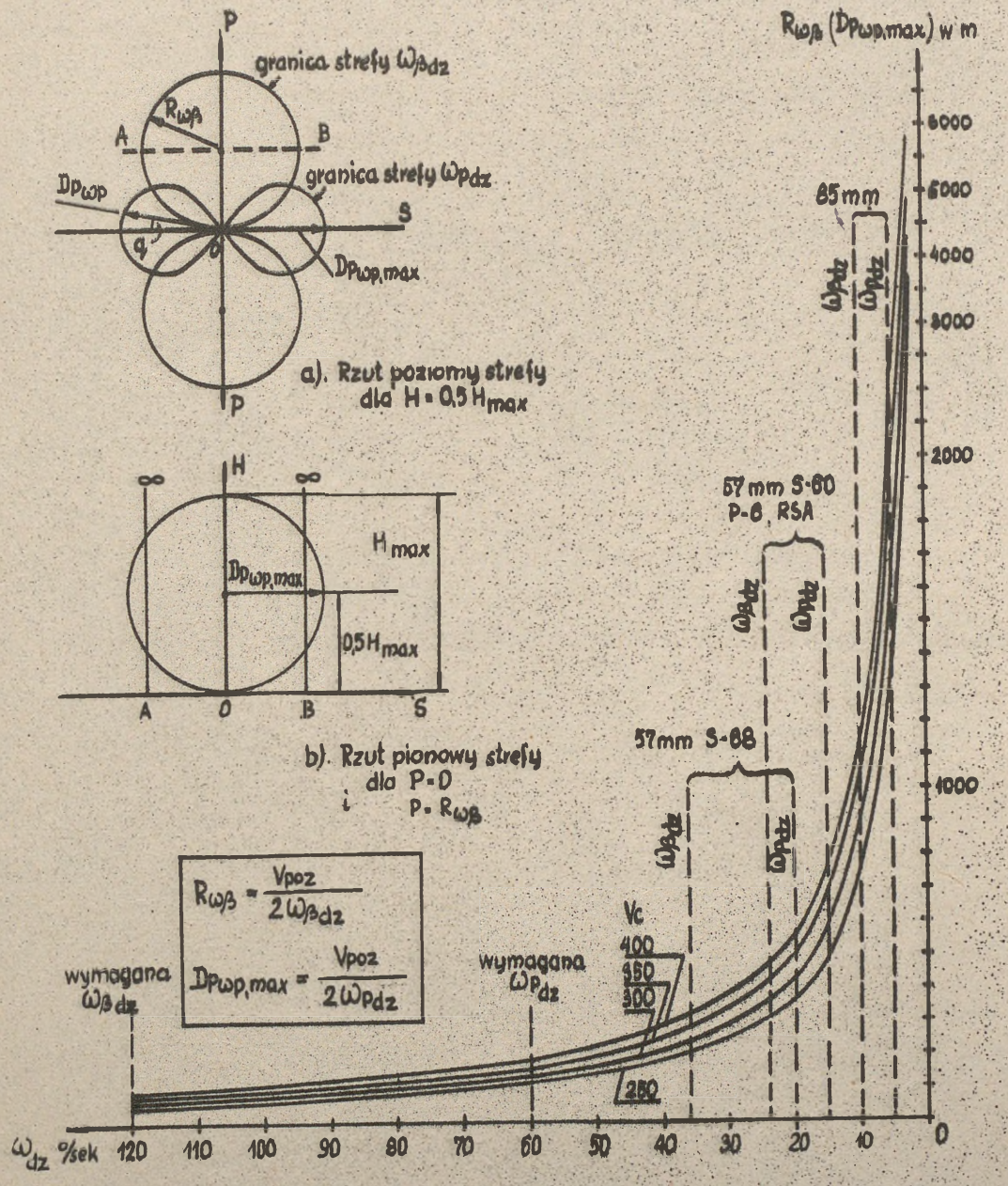


Rys.24. Maksymalne wartości $\omega_{\beta c}$ i ωp_c

Z rys.24. wynika, że największe wartości prędkości kątowych występują w pkt. stania działa /przyrządu/ i w jego pobliżu, gdzie z zasady występuje i inne ograniczenie, tzw. martwym stożkiem działa /przyrządu/. Z jednej strony celowe jest zwiększenie prędkości kątowych celowania tak, aby strefa ograniczenia w celowaniu nie wychodziła poza granice martwego stożka, który dla wysokości do 1000 m zawarty jest w granicach od 0÷50 m dla 57 mm armat przeciwlotniczych i od 0÷130 m dla 85 mm armat przeciwlotniczych. Natomiast z drugiej strony zwiększanie prędkości kątowych celowania jest opłacalne tylko w pewnych granicach, tzn., gdy poważnie zmniejsza się $R_{\omega\beta}$ /D_p / ω_{pmax}

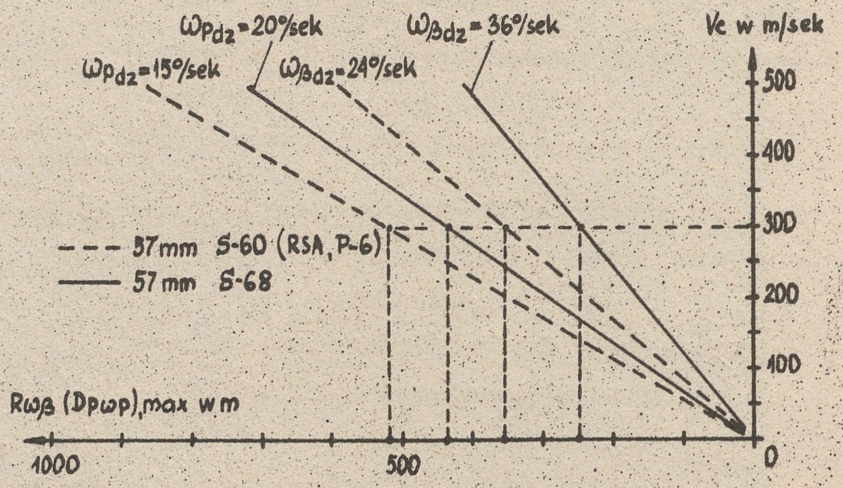
przy nieznacznym zwiększeniu prędkości celowania. Zmniejszenie do minimum tych wartości można osiągnąć przy $\omega_{\beta\,dz} / \omega_{p_{dz}} / > 180^{o}$/sek. Ponieważ przy $\omega_{\beta\,dz}(\omega_{Pdz}) > 60^{\circ}$ wartości $R_{\omega_\beta} / D_{P\omega}{}_{p\,max}$ / maleje nieznacznie, wystarczają w zupełności wartości $\omega_{p_{dz}} \geqslant 60^{o}$, a $\omega_{\beta_{dz}} \geqslant 120^{o}$ /strefa ograniczenia w azymucie równa się 2 R_{ω_β} , a w kącie położenia $D_{P\,\omega\,pmax}$ - patrz np. 25a,b/.

Sprzęt będący na uzbrojeniu nie odpowiada współczesnym wymaganiom ze względu na wymiary stref ograniczenia. Strefy ograniczenia dla armat 57 mm, przeliczników i RSA są około 4 razy większe od wyżej wymienionych, a dla armat 85 mm - około 12 razy. Wymiary stref ograniczenia podane są w załączniku 3,dla średniej prędkości celu 300 m/sek.

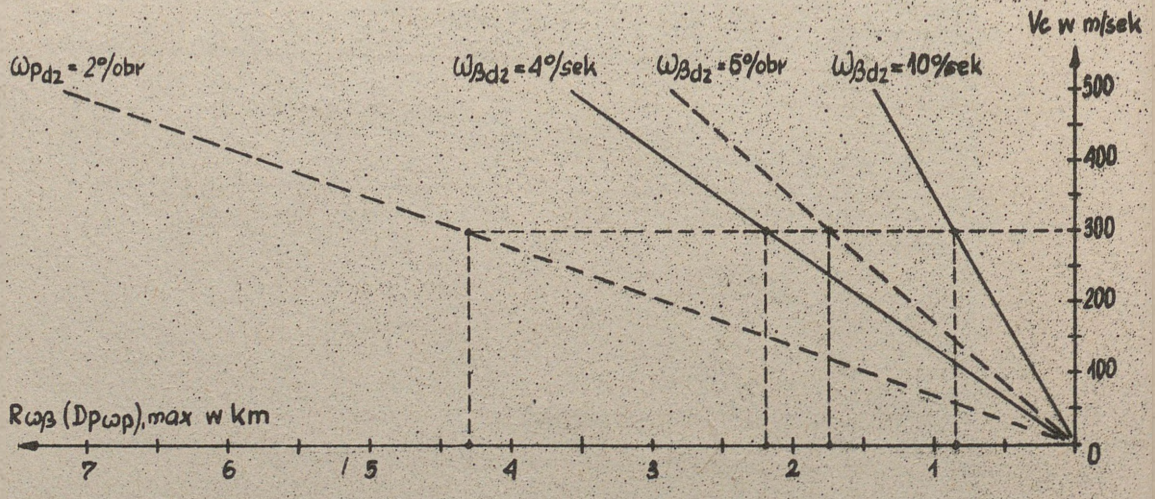


Rys.25. a/ rzut poziomy stref ograniczenia
b/ rzut pionowy stref ograniczenia
c/ zależności $R_{\omega\beta}$ /D_{p} / od $\omega_{\beta dz}$ / ω_{pdz} /
ω_{pmax}

Przy założonych konstrukcyjnie prędkościach kątowych celowania, na wielkości stref ograniczenia w celowaniu wpływają prędkości lotu samolotów. Wpływ ten przedstawiają rys. 26 i 27.



Rys.26. Zależność $R_{\omega\beta}$ /$D_{P\ \omega pmax}$ / od prędkości celu V_c przy półautomatycznym i automatycznym celowaniu z armat 57 mm S-60 /P-6, RSA/ i S-68.



Rys.27. Zależność $R_{\omega\beta}$ /$D_{P\ \omega pmax}$ / od prędkości celu V_c przy celowaniu z armat 85 mm wzór 1939 r.

Z wykresów /rys.26 i 27/ wynika, że wartość $R_{\omega\beta}$ /$D_{P\,\omega\,pmax}$ / jest wprost proporcjonalna do prędkości celu V_c, co oznacza, że wartości ich będą tym większe, im większa będzie prędkość celu.

Kształtowanie się odcinków kursu /AB/ wynikających ze strefy ograniczenia w celowaniu w azymucie przedstawia się następująco. Odcinki AB są równe zeru w dwóch przypadkach, gdy $P = 0$ i gdy $P \geqslant 2\,R_{\omega\beta}$. Przy parametrze $P = R_{\omega\beta}$ /$q = 45^{\circ}$/ odcinek jest największy i równa się $2\,R_{\omega\beta}$ /$R_{\omega\beta}$ do parametru = $R_{\omega\beta}$ za parametrem/. W granicach od $P = 0$ do $P = R_{\omega\beta}$ odcinki AB rosną, a od $P = R_{\omega\beta}$ do $P = 2\,R_{\omega\beta}$ maleją do zera. Wysokość lotu celu nie wpływa na wielkość odcinków, ponieważ strefa ograniczenia celowania w azymucie przedstawia walec nieskończenie wysoki.

Kształtowanie się odcinków AB wynikających ze strefy ograniczenia w celowaniu w kącie położenia zależy od kąta kursowego q i wysokości lotu celu. Najdłuższe odcinki występują przy $P = 0$, tzn. przy $q = 0^{\circ}$ i $q = 180^{\circ}$. Przy $q \neq 0^{\circ}$ /$q \neq 180^{\circ}$/ odcinki te maleją dążąc do zera przy $q \rightarrow 90^{\circ}$. Charakterystyczny jest wpływ wysokości przy $P = 0$. Przy $H = 0$ odcinek $AB = 0$. Odcinek AB rośnie w miarę wzrostu wysokości, osiągając maksymalną wartość przy $H = D_{P\,\omega\,pmax}$ i następnie maleje do zera przy $H = 2D_{P\,\omega\,pmax}$. Przy parametrach $P > 0$ wpływ wysokości jest podobny, z tą różnicą, że odcinki AB będą przerywane przed dojściem celu do parametru i osiągną wartość zerową przy odpowiednio mniejszej wysokości.

Wpływ stref ograniczenia w celowaniu na strzelanie można wyrazić zdaniem: <u>w momencie osiągnięcia przez samolot granicy strefy ograniczenia strzelanie zostanie przerwane. wznowienie strzelania może nastąpić po wyjściu celu ze strefy ograniczenia za parametrem oraz po powtórnym jego uchwyceniu w przyrządy celownicze; przy $P > 2R_{\omega\beta}$ strzelanie będzie prowadzone bez przerw.</u>

Drugim istotnym czynnikiem ograniczającym przede wszystkim strzelanie za parametrem kursu jest możliwość rozwiązania zadania spotkania. Na rozwiązanie zadania spotkania

najbardziej wpływają: prędkość punktu wyprzedzonego-V_w i prędkość zmiany czasu lotu pocisku - V_t.

Prędkość punktu wyprzedzonego za parametrem kursu wzrasta gwałtownie osiągając w strefie ognia wartość nieskończoności. Od momentu osiągnięcia przez punkt wyprzedzony $V_w = \infty$ zadanie spotkania przez przelicznik /celownik/ nie może być rozwiązane. Jeżeli w przelicznikach /celownikach/ $V_{wmax} < \infty$, to zadanie spotkania nie może być rozwiązane od momentu, gdy $V_w \geqslant V_{wmax}$.

Prędkość zmiany czasu lotu pocisku uzależniona jest bezpośrednio od balistyki działa i prędkości celu. Maksymalna wartość prędkości zmiany czasu lotu pocisku dla sprzętu artylerii przeciwlotniczej /armat 57 mm i 85 mm/, przy której może po raz ostatni być rozwiązane zadanie spotkania, wynosi $V_t = 3{,}1$ sek/sek. Od momentu osiągnięcia przez czas lotu pocisku $V_t = 3{,}1$ sek/sek zadanie spotkania nie może być rozwiązane.

Krzywym wyznaczającym granice stref, poza którymi nie można rozwiązać zadania spotkania /krzywe przerywające strzelanie/, odpowiadają wartości podchodnych:

- dla $V_w : \infty$

$$\left(\frac{\partial t}{\partial D_p}\right)_{D_p = D_{p_w}} = \frac{1}{V_{poz} \cos q_w} \quad \text{przy } H = \text{const} \qquad /10/$$

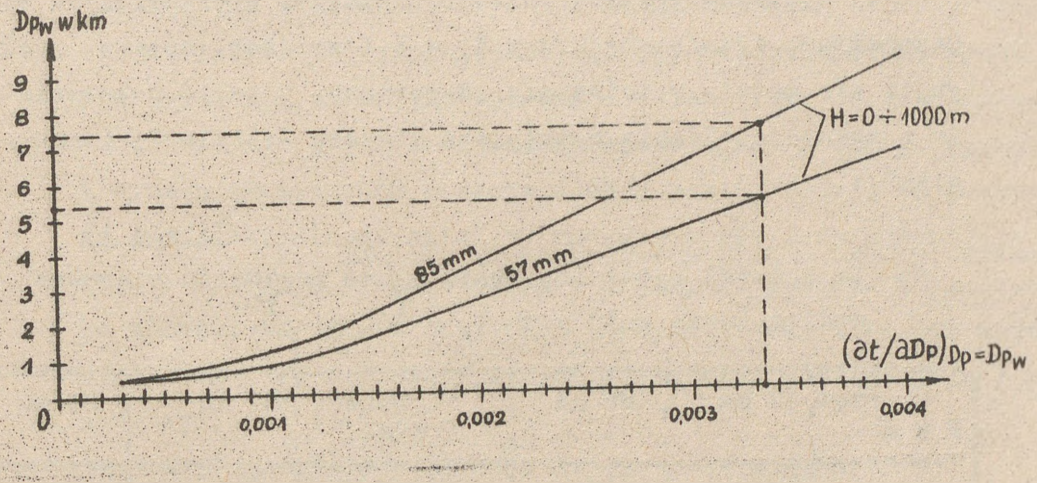
- dla $V_t = 3{,}1$ sek/sek

$$\left(\frac{\partial t}{\partial D_p}\right)_{D_p = D_{p_w}} = \frac{1}{V_{poz} \cdot \cos q_w \left(1 - \frac{1}{V_t}\right)} \qquad /11/$$

przy H = const.

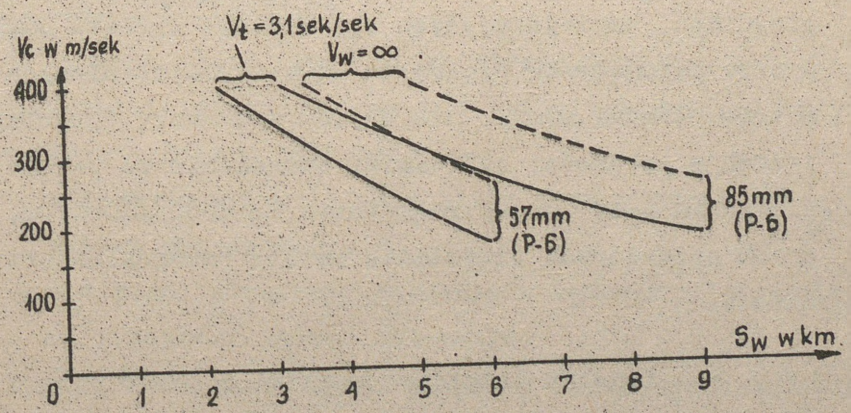
Obliczone przy pomocy tych wzorów wartości pochodnych przedstawia tabela - załącznik 4. Posługując się tą tabelą z wykresem, sporządzonym według tabel strzelniczych /rys.28/ określamy współrzędne przebiegu krzywych ograniczenia w strefie ostrzału /załącznik 5/.

Z załącznika 5 wynika, że krzywe stref ograniczenia są bardzo zbliżone do prostych przechodzących prostopadle do kursu zerowego i nieznacznie odchylających się w pionie przy H = 0 ÷ 1000 m.



Rys.28. Zależność między $\left(\partial t / \partial D_p\right)_{D_p = D_{p_w}}$ a D_{pw} według tabel strzelniczych dla 57 i 85 mm armat plot.

Stąd też wpływ prędkości lotu celu na wartość S_{Wmax} za parametrem można rozpatrywać jako wartość średnią dla wysokości od 0÷ 1000 m.



Rys.29. Zależność długości odcinka ostrzeliwanego kursu /S_W/ za parametrem od prędkości celu

Z rys.29 i załącznika 5 wynika, że decydująco na skrócenie strefy ostrzału wpływa prędkość zmiany czasu lotu pocisku i dlatego ją jedynie należy brać pod uwagę.

Znając granicę ostatnich punktów wyprzedzanych za parametrem, wyznaczoną przez V_t = 3,1 sek/sek, możemy, posługując się metodą rozwiązania odwrotnego, ustalić położenie celu w momencie oddania ostatniego strzału /tabela 15 i załącznik 5/.

Tabela 15

Odległości ostatnich pkt. A_S od parametru mierzone wzdłuż kursu celu przy V_c = 300 m/sek.

Sprzęt / P w m	57 mm	85 mm	Sprzęt / P w m	57 mm	85 mm
0	1900	2350	5000	-600	550
1000	1850	2200	6000	-	-150
2000	1550	2100	7000	-	-800
3000	1100	1700	8000	-	-2400
4000	450	1200	-	-	-

Z tabeli 15 wynika, że przy parametrze średnio do 4500 m dla 57 mm armat i 6000 m dla 85 mm armat ostatnie pkt. strzału /A_S/ będą leżały za parametrem i to w niedużych odległościach, zmniejszających się w miarę wzrostu parametru kursu, a przy parametrach większych od wyżej wymienionych - przed parametrem. Innymi słowy, nie biorąc pod uwagę ograniczeń wynikających z prędkości celowania, strzelanie za parametrem można prowadzić przy parametrach kursu do 4500 /6000/ m, przy większych parametrach strzelanie będzie zakończone przed parametrem kursu.

Trzecim istotnym czynnikiem określającym możliwości techniczne dział jest ich szybkostrzelność. Armata plot 57 mm S-60 może oddawać strzały w odstępach t_s = 0,6 sek /armata podwójnie sprężona S-68 odda w tym czasie dwa strzały/, a dla armaty 85 mm $t_{s.min} \approx 3\text{-}4$ sek.

Ze względu na błędy towarzyszące każdemu strzelaniu, z dział 57 mm strzela się praktycznie seriami krótkimi, długimi, a w szczególnych przypadkach ogniem ciągłym, a z dział 85 mm ogniem salwowym lub ciągłym /ogień salwowy praktyczniejszy/. Najwygodniejsze odstępy między seriami wynoszą 1,5-2 sek, a między salwami - 5 sek. Przy takich odstępach uzyskuje się wysoką intensywność ognia z danego sprzętu i wysoką skuteczność poszczególnych serii /salw/. Na praktyczną szybkostrzelność dział 57 mm składa się czas upływający między kolejnymi strzałami w seriach i czas przerw między seriami. Średnio można przyjąć, że z dział 57 mm można oddawać strzały w odstępach równych 1 sek. Stąd też można stwierdzić, że szybkostrzelność uzyskiwana w ciągu jednej minuty wyniesie dla:

- 57 mm armat S-60 - 60 strzałów na minutę;
- 57 mm armat S-68 - 120 strzałów na minutę;
- 85 mm armat wz.1939 r. - 12 strzałów na minutę.

Jednak w praktyce, ze względu na szybkie nagrzewanie się luf /normy ogniowe/ takiej szybkostrzelniści uzyskać nie można. Stąd też ilość strzałów, jaką może oddać działo zależy od czasu przebywania celu w strefie ostrzału i norm ogniowych /załącznik 11/.

3. Praktyczna strefa ostrzału przy strzelaniu do samolotów na małych wysokościach

Na wymiary praktycznej strefy ostrzału baterii artylerii przeciwlotniczej małego i średniego kalibru wpływają zasadniczo cztery czynniki:

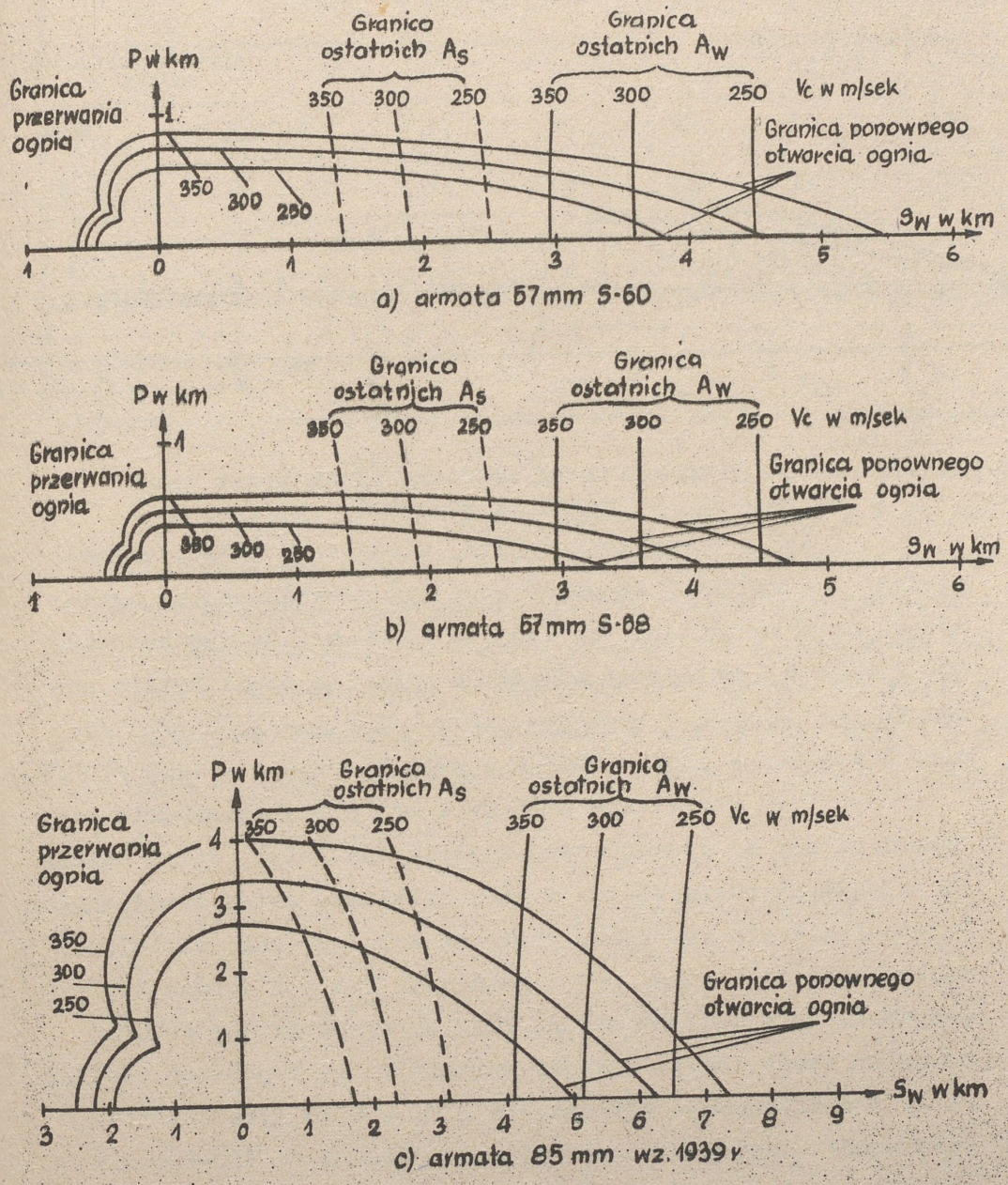
- odległość wykrycia celu powietrznego przez bateryjne środki rozpoznania;
- wielkości stref ograniczenia w celowaniu ze względu na prędkości kątowe celowania;
- wielkości stref ograniczenia w rozwiązaniu zadania spotkania pocisku z celem;
- strefa ograniczenia ze względu na bezpieczeństwo wojsk własnych.

Możliwości wykrycia celów powietrznych zostały rozpatrzone w pkt.1 rozdz.II. Z rozważań tych wynika, że zewnętrzna

granica strefy ostrzału może wahać się od wartości promienia R płaskiej strefy ostrzału aż do wartości R = 0 przy wykryciu celu na zbyt małej odległości /patrz. rys. 18 i 22/. Tak więc zewnętrzna granica strefy ostrzału będzie zależała od konkretnej sytuacji, a przede wszystkim od odległości wykrycia. Wielkości stref ograniczenia w celowaniu, ze względu na prędkości celowania, będą wyznaczały granice praktycznej strefy ostrzału w rejonie baterii i ogólnie można stwierdzić, że będzie ona przedstawiała elipsę o dłuższej półosi /wzdłuż parametru kursu/ równej $2R_{\omega\beta}$ i o krótszej półosi /wzdłuż zerowego kursu/ równej $D_{P\omega p}$ /patrz załącznik 3/.

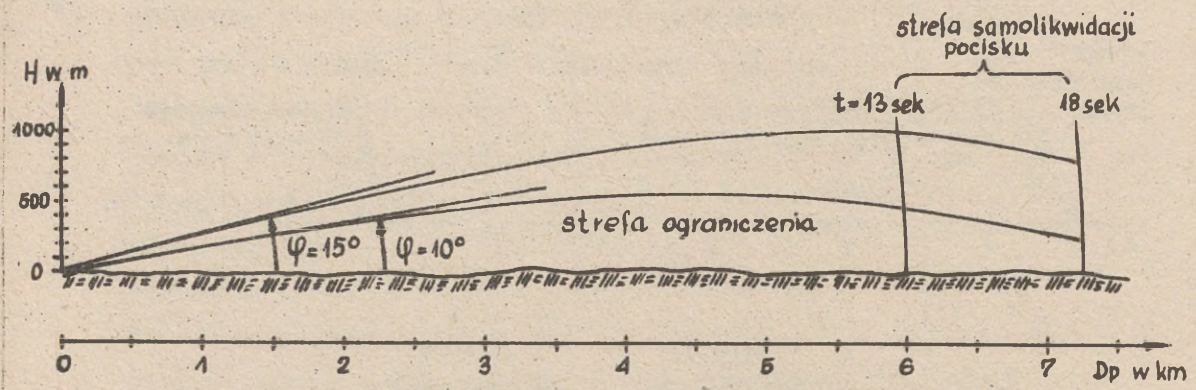
Za parametrem granicę strefy ostrzału będzie wyznaczała krzywa prędkości zmiany czasu lotu pocisków równa 3,1 sek/sek. Należy przy tym stwierdzić, że za parametrem w granicach $2R_{\omega\beta}$ /mierzonych wzdłuż parametru kursu/ strzelanie jest niemożliwe z powodu zbyt blisko położonej granicy ostatnich pkt. strzału /A_S/, a zbyt daleko wysuniętej granicy ponownego uchwycenia celu /rys.30/. Stąd też praktyczna strefa ostrzału przedstawiała się tak jak na załączniku 6.

Pociski artylerii przeciwlotniczej małego kalibru posiadają zapalniki uderzeniowe o działaniu natychmiastowym z samolikwidatorem, który powoduje rozerwanie pocisku po upływie 13-18 sek lotu w przypadku, gdy pocisk nie trafi na przeszkodę. Przy małych kątach podniesienia /biorąc pod uwagę czas samolikwidacji 18 sek, otrzymamy strzały uderzeniowe, tzn. pociski będą wybuchały na ziemi, co w przypadku znajdowania się na tym kierunku wojsk własnych będzie równoznaczne z ich ostrzelaniem /pocisk OR-281 razi siłę żywą w promieniu 30-40 m./. Strzały uderzeniowe nie wystąpią, jeżeli uwzględnimy, oprócz rozrzutu czasu działania samolikwidatora i rozrzut bateryjny wzwyż. Wartość uchylenia środkowego wzwyż, na granicy strefy ostrzału z przelicznikiem, wynosi dla strzelania według danych RSA do celu grupowego /najmniej dokładny sposób/ około 57 m, a dla strzelania z celownikiem około 206 m. Aby wojska własne nie były rażone, średni tor rozrzutu bateryjnego należy podnieść co najmniej o 5 r_H, tzn. dla strzelania z przelicznikiem o 285 m, a z celownikiem - 1030 m.



Rys.30. Granice ponownego otwarcia ognia wynikające z przerwania strzelania spowodowanego strefą ograniczenia w celowaniu.

Taką wysokość toru średniego uzyskać można przy kącie podniesienia rzędu 10° przy strzelaniu z przelicznikiem i 15° przy strzelaniu z celownikiem. Stąd też dolną granicę strefy ostrzału na takich kierunkach będzie wyznaczał średni tor pocisku otrzymany przy kącie podniesienia 10° i 15° /Rys.31/.



Rys.31. Dolne granice strefy ostrzału 57 mm armat przy strzelaniu nad własnymi wojskami

Jak z powyższego wynika, strzelanie z P-6 /celownikiem/ nad wojskami własnymi może być prowadzone bez ograniczeń na wysokościach powyżej 500 /1000 m/. Na wysokościach 500 /1000/ m i mniejszej odległość otwarcia ognia będzie poważnie ograniczona i wyniesie: przy H=500 m - 3000 /2000/m; przy H = 400 m - 2500 /1300/ m i przy H = 200 m - 1200 /700/m.

Przy strzelaniu z 85 mm armat plot. otrzymanie rozprysku zależy od wypracowanej nastawy zapalnika, która zależy od odległości rzeczywistej i kąta położenia pkt.wyprzedzonego. Przesunięcie się rozprysku względem tabelarycznej wartości wzdłuż toru może wahać się w granicach $\pm$ 4 r_t. Oprócz tego rozpryski będą układać się na różnych wysokościach wskutek rozrzutu torów wzwyż. Odłamki rozlatują się w postaci stożka, który charakteryzuje kąt rozlotu 2Ψ . Siła żywa może być rażona odłamkami pocisku O-365 w odległości do 100-150 m w granicach dolnej strefy stożka rozlotu odłamków. Aby wojska własne nie były rażone, pociski powinny rozrywać się na wysokości nie mniejszej niż 1 $r_{H/bat/}$. W tabeli 16 podane są wartości uchyleń środkowych $r_{H/bat/}$ uwzględniające rozrzut bateryjny wzwyż i wzdłuż torów pocisków, kąty rozlotu odłamków - Ψ , kąt nachylenia torem w pkt. rozprysku - α oraz średni odstęp rozprysków.

Tabela 16

D_W w m	1000	15000	2500	4000	6000	8000
$\psi_{śr}$	$45^{\circ}34'$	$47^{\circ}22'$	$51^{\circ}20'$	$57^{\circ}21'$	$64^{\circ}32'$	$67^{\circ}38'$
$r_{H/bat/}$ w m	25	27	35	56	93	156
$5\ r_{H/bat/}$ w m	125	135	175	280	465	780
α	$10^{\circ}48'$	$6^{\circ}42'$	$2^{\circ}54'$	$-0^{\circ}54'$	$-6^{\circ}54'$	$-15^{\circ}18'$
$\psi_{śr} - \alpha$	$34^{\circ}46'$	$40^{\circ}46'$	$48^{\circ}26'$	$58^{\circ}15'$	$71^{\circ}26'$	$82^{\circ}56'$
średni odstęp rozprysku w m	219	207	238	330	494	788

Wartościom podanym w tabeli 16 odpowiada średni tor otrzymywany przy kącie podniesienia 10-12°. Taki tor zapewnia bezpieczeństwo wojsk własnych przy strzelaniu na tym kierunku. Strzelanie baterii praktycznie nie będzie ograniczone na wysokościach powyżej 800 m. Natomiast poniżej 800 m otwarcie ognia na kierunku znajdowania się wojsk własnych jest poważnie ograniczone, a mianowicie: przy H = 600 m-3000 m; przy H = 400 m - 2000 m i przy H = 200 m - 1000 m.

III. SKUTECZNOSC STRZELANIA ARTYLERII PRZECIWLOTNICZEJ DO CELOW NA MAŁYCH WYSOKOSCIACH

Ocenę skuteczności strzelania rozpatruje się z punktu widzenia bezpośredniego strącenia celu powietrznego, to znaczy pojawienie się ognia i wybuchu samolotu, upadku lub przymusowego lądowania. Aby strącić cel powietrzny /samolot/ należy po pierwsze: trafić w niego pewną ilością odłamków powstałych z pocisku średniego kalibru lub trafić jednym /kilkoma/ pociskami małego kalibru, i po drugie - spowodować zniszczenie celu tymi odłamkami lub pociskami.

Skuteczność strzelania artylerii przeciwlotniczej w takim pojęciu zależy przede wszystkim od następujących czynników:

- czasu przebywania celu w strefie ostrzału;
- dokładności rozwiązania zadania spotkania;
- szybkostrzelności dział /wydajności ogniowej/;
- wielkości powierzchni celu /dla artylerii przeciwlotniczej małego kalibru/ i współczynnika objętościowego /dla artylerii przeciwlotniczej średniego kalibru/;
- mocy rażącej pocisku;
- stopnia wrażliwości celu na działanie pocisków /odłamków/.

Cztery pierwsze czynniki decydują o prawdopodobieństwie trafienia w cel, a dwa ostatnie o prawdopodobieństwie rażenia celu. Wszystkie czynniki łącznie dają nam możliwość określenia prawdopodobieństwa rażenia, które jest podstawowym wskaźnikiem skuteczności strzelania. Na podstawie prawdopodobieństwa rażenia można określić i inne wskaźniki, a mianowicie: nadzieję matematyczną ilości rażonych samolotów w celu grupowym oraz nadzieję matematyczną zużycia amunicji na jeden strącony samolot.

Z wymienionych czynników jedynie wydajność ogniowa i moc rażąca pocisków są nam znane zawczasu, pozostałe czynniki noszące nazwę warunków strzelania zależą od rodzaju celu i charakteru jego ruchu względem strzelających baterii. Aby obliczyć wskaźniki skuteczności strzelania należy sprecyzować warunki strzelania.

1. Warunki strzelania i ich wpływ na skuteczność

Dla danego sprzętu artylerii przeciwlotniczej warunki strzelania określają parametry liczbowe charakteryzujące:

1. rodzaj celu, jego skład i ugrupowanie;
2. prędkość celu;
3. przekrój pionowy i poziomy drogi celu w strefie ostrzału;
4. czas przebywania celu w strefie ostrzału;
5. wielkość powierzchni celu;
6. parametr kursu celu względem strzelających baterii;
7. wymagana ilość trafień /współczynnik objętościowy dla sk/;
8. dokładność pomiaru bieżących współrzędnych celu.

Ocena skuteczności strzelania będzie tym trafniejsza, im trafniej ocenimy warunki strzelania. Ze względu na dużą różnorodność typów samolotów, sposobów ich działania i wariantów ugrupowania bojowego artylerii przeciwlotniczej, niemożliwe jest obliczenie wskaźników skuteczności strzelania dla wszystkich warunków. Obliczenia celowo jest wykonywać dla warunków najbardziej reprezentatywnych, tzn. dla warunków o największym prawdopodobieństwie wystąpienia.

Warunki od 1-5 zostały szczegółowo rozpatrzone w I i II rozdziale. Bliżej należy rozpatrzyć pozostałe trzy parametry.

Przy rozpatrywaniu skuteczności strzelania do celów działających na małych wysokościach, konieczne jest wzięcie pod uwagę przynajmniej dwóch parametrów, tzn. parametrów $P = 0$ oraz $0 < P < R$. /R - promień płaskiej strefy ostrzału/. Parametr kursu $P = 0$ wystąpi w przypadku bezpośredniego ataku samolotu na strzelającą baterię lub w przypadku, gdy kurs na obiekt będzie przechodził dokładnie nad stanowiskiem baterii. Parametry kursu większe od zera będą częstszym przypadkiem i dla pojedyńczej baterii będą wahały się w granicach od $0 < P \leqslant R$. Przy dotychczasowym rozmieszczaniu baterii względem siebie, maksymalne odległości między bateriami wynoszą dla oddziału 57 mm armat plot-3 km, a dla 85 mm armat plot - 5 km.

Przy takim rozmieszczeniu baterii średnia wartość parametru kursu wyniesie odpowiednio - 1,5 i 2,5 km. Stąd też do .. obliczeń przyjęto parametry kursu równe: dla 57 mm armat plot- 0 i 1500 m, a dla 85 mm armat plot.- 0 i 2500 m.

Prawdopodobieństwo rażenia jest wprost proporcjonalne do wielkości powierzchni sylwetki celu "S" w płaszczyźnie prostopadłej do wektora prędkości względnej pocisku przy rozpatrywaniu strzelań mk, a do współczynnika objętościowego "W" przy strzelaniu sk. Państwa zachodnie dysponują różnymi typami samolotów myśliwsko-bombowych. Stąd też do obliczeń przyjęto średnie wartości powierzchni samolotu: $S_1 \approx 40\ m^2$, $S_2 \approx 20\ m^2$ i $S_3 \approx 5\ m^2$ /tab.3/. Rzutowanie tych powierzchni na płaszczyznę prostopadłą do wektora prędkości względnej pocisku przeprowadzono przy pomocy wzorów podanych w załączniku 7. Współczynnik objętościowy "W" zależy od szeregu czynników: mocy pocisku, wytrzymałości celu, a przede wszystkim od wartości wektora prędkości względnej pocisku w momencie jego rozerwania się, tzn. wartość "W" jest wprost proporcjonalna do wartości V_{wzg} pocisku. Według danych doświadczalnych i obliczeń[x/] odpowiadających średnim warunkom strzelania do średniego bombowca stwierdzono, że cel ulega zniszczeniu jeżeli rozprysk nastąpi wewnątrz częściami o bokach równych 40x40x40 m = 64000 m^3 [xx/]. Ponieważ samolot myśliwsko-bombowy jest mniejszy od średniego bombowca /Canberra: rozpiętość 19,5 m, długość - 20,5 m/, a wartość współczynnika objętościowego powinna być większa od objętości celu, a mniejsza od przestrzeni niebezpiecznych rozprysków, dlatego też średnia wartość "W" /dla odległości strzelania 4000 m/ będzie równać się sześcianowi o bokach 35x35x35 = 42700 m^3. Zmiana wartości "W" wzdłuż kursu celu przedstawiona jest w załączniku 8 tab.4.

Według danych doświadczalnych[xx/], przy strzelaniu z 57 mm armat plot. do samolotów myśliwsko-bombowych, przeciętnie jeden pociski trafny niszczy taki samolot /$\omega = 1$/.

- - - - - - - - - - - - - - -

x/ Objaśnienia instrukcji strzelania artylerii przeciwlotniczej średniego kalibru - wydanie MON 1959 r. /str.170/- tłumaczenie z języka rosyjskiego.

xx/ Strielba zenitnoj artilerii po wozdusznym celam - Leningrad 1959 r.

Dokładność pomiaru bieżących współrzędnych celu zależy od typu przyrządu pomiarowego oraz warunkówy wykonywania pomiarów. W warunkach dobrej widoczności bieżące współrzędne mogą być określane przyrzątami optycznymi /dalmierz D-49, przezierniki celownika/, a w warunkach złej widoczności - przy pomocy stacji radiolokacyjnych /RSA/. Dokładność pomiaru bieżących współrzędnych charakteryzują średnie wartości błędów średnich kwadratowych /tabela 17/.

Tabela 17

Srednie wartości błędów średnich kwadratowych/σ / pomiaru bieżących współrzędnych celu

Przyrząd	Cel pojedyńczy			Cel grupowy		
	σ_B	σ_p	σ_D	σ_B	σ_p	σ_D
Dalmierz D-49	0-0,15	0-01,5	1,3% D	0-01,5	0-01,5	1,3 % D
Przezierniik	0-12	0-09	-	0-12	0-09	-
Dalmierz ZDN	-	-	8 % D	-	-	8 % D
RSA /SON-9/	0-03	0-03	30 m	0-12	0-09	90 m
Odległość określana na oko	-	-	30 % D	-	-	30 % D

Z tabeli 17 wynika, że dokładność pomiaru współrzędnych jest poważnie zróżnicowana. Dlatego też niezbędne jest rozpatrywanie, przy obliczaniu wskaźników skuteczności, wszystkich sposobów określania współrzędnych oddzielnie. Oprócz tego należy wziąć pod uwagę i to, że pomiar współrzędnych celu grupowego przy pomocy RSA obarczony jest większymi błędami niż celu pojedyńczego.

W oparciu o rozważania przeprowadzone wyżej do obliczenia wskaźników skuteczności strzelania przyjęto następujące średnie warunki:

1. Cel: - pojedyńczy samolot myśliwsko-bombowy,
   - mała grupa samolotów /2 - para, 4 - klucz/.
2. Prędkość celu - V_c = 300 m/sek.
3. Cel leci według hipotezy "w czasie wyprzedzenia cel porusza się prostoliniowo, poziomo i jednostajnie".

4. Parametr kursu: P = 0 i $P_{śr}$ = 1500 m /dla 57 mm armat plot/ oraz $P_{śr}$ = 2500 m /dla 85 mm armat plot/.
5. Wysokość lotu celu - 200 m.
6. Powierzchnia celu - odpowiadająca sumie rzutów S_1, S_2 i S_3 na płaszczyznę prostopadłą do V_{wzg} pocisku /dla 57 mm armat plot/, a średni współczynnik W = 42700 m^3 /dla 85 mm armat plot/.
7. Wymagana ilość trafień pociskiem 57 mm - ω = 1, dla 85 mm armat prawa rażenia nie uwzględniono /zbyt małe warteści charakterystyk tego prawa/.
8. Błędy pomiaru współrzędnych jak w tabeli 17 /12 wariantów obliczeń dla dział 57 mm i 8 wariantów dla dział 85 mm/.

Ponieważ prawdopodobieństwo rażenia zmienia się zależnie od położenia celu na kursie, dlatego obliczenia przeprowadzano dla kilku położeń celu na kursie, wykorzystując sposoby i wzory podane w załączniku 7. Ważniejsze etapy obliczeń, ostateczne wyniki i wykresy podane zostały w załącznikach 8, 9 i 10.

2. Wskaźniki charakteryzujące skuteczność strzelania artylerii przeciwlotniczej do samolotów działających na małych wysokościach

Obliczone dla wyżej wymienionych warunków wskaźniki skuteczności strzelania, takie jak prawdopodobieństwo rażenia celu pojedyńczego, nadzieja matematyczna ilości rażonych samolotów w celu grupowym oraz średni oczekiwany rozchód amunicji, które są danymi wyjściowymi do przeprowadzania różnych kalkulacji, podane są w tabeli 1-załącznik 10. Wskaźniki te przedstawiają skuteczność strzelania dla przypadków, gdy cel jest ostrzeliwany w całej praktycznej strefie ostrzału i gdy przednia granica tej strefy pokrywa się z płaską strefą ostrzału.

Z analizy danych zawartych w tabeli 1 załącznika 10 wynikają następujące wnioski:

a/ Skuteczność strzelania artylerii przeciwlotniczej poważnie zależy od parametru kursu celu. Strzelanie z przelicznikiem z 57 mm armat plot S-60 cechuje to, że jego skuteczność przy P=0 jest mniejsza niż przy P=1500 m /około 2 razy/,

natomiast skuteczność strzelania z celownikiem z 57 mm armat plot S-60 i S-68 jest największa przy P = 0 a przy P = 1500 m- mniejsza około 30 razy. Przy strzelaniu z 85 mm armat plot wz.1939 r. najwyższą skuteczność uzyskuje się przy P = 0, natomiast w miarę wzrostu parametru skuteczność maleje i przy P = 2500 m jest mniejsza około 1,5 raza.

b/ Sposób określania współrzędnych powoduje następującą gradację sposobów strzelania z przelicznikiem pod względem skuteczności:

1. Kombinowany sposób określania współrzędnych /RSA-odległość D-49 - azymut i kąt położenia/;
2. według danych D-49 /D-49 określa wszystkie współrzędne celu/;
3. według danych RSA - cel pojedyńczy /wszystkie współrzędne określa RSA/;
4. według danych RSA - cel grupowy /jak wyżej/;

a z celownikiem:

1. odległość rzeczywista określana dalmierzem ZDN;
2. odległość rzeczywista określana na oko.

c/ Skuteczność strzelania zależy od ilości dział w baterii. Bateria ośmio-działowa tak 57 mm, jak i 85 mm daje większą skuteczność strzelania w porównaniu z baterią sześcio-działową średnio o 10 %, przy wzroście zużycia amunicji średnio o 67 pocisków /w bateriach małego kalibru/ i o 20 pocisków /w bateriach średniego kalibru/. Oczekiwany średni rozchód amunicji na jeden zestrzelony samolot zależy od prawdopodobieństwa rażenia celu i od ilości strzelających dział w baterii. Zależność ta jest następująca: im większe jest prawdopodobieństwo rażenia /nadzieja matematyczna/, tym mniejszy jest średni oczekiwany rozchód amunicji na jeden strącony samolot, a im większa jest ilość strzelających dział, tym większy jest średni oczekiwany rozchód amunicji.

W oparciu o wnioski wynikające z analizy wskaźników skuteczności strzelania w całej praktycznej strefie ostrzału należy ustalić, po pierwsze: w jakich przypadkach uzyska się największe prawdopodobieństwo rażenia /nadzieja matematyczne/ przy najmniejszym zużyciu amunicji; po drugie: przy jakich parametrach kursu korzystniej prowadzić strzelanie do celów widocznych z celownikiem, a przy jakich z przelicznikiem.

Na pierwszy warunek nie trudno odpowiedzieć, jeżeli rozpatrzymy rozkład prawdopodobieństwa rażenia celu i rozkład punktów wyprzedzonych, odpowiadający ilości strzałów wzdłuż kursu /rys. 1-6 załącznika 9/. Z wykresów /rys.1-6 załącznika 9/ wynika, że prawdopodobieństwo rażenia w pobliżu granicy zasięgu jest bardzo niskie, w miarę zbliżania się celu wzrasta osiągając maksymum w rejonie parametru, następnie maleje i w odległości równej około 2/3 promienia, płaskiej strefy ostrzału jest w przybliżeniu takie same jak na początku strefy ostrzału. Natomiast gęstość punktów wyprowadzonych /ilość strzałów, salw/ jest największa na początku strzelania, w miarę zbliżania się celu maleje i największe rozrzedzenie występuje za parametrem. Z punktu widzenia zużycia amunicji i wartości prawdopodobieństwa rażenia, strzelanie można rozpocząć później i zakończyć wcześniej.

W tabeli 2 załącznika 10 podane są prawdopodobieństwa rażenia celu pojedyńczego, nadzieje matematyczne ilości rażonych samolotów w grupie, rzeczywiste zużycie amunicji oraz średni oczekiwany rozchód amunicji na jeden zestrzelony samolot przy zmniejszeniu strefy ostrzału o 2 km przy locie do parametru /D_{pw_1} = 4000 m/ przy strzelaniu z przelicznikiem i D_{pw} = 3000 m przy strzelaniu z celownikiem/ oraz odpowiednio o 1/2/km-za parametrem /D_{pw_n} = 3000 /2000/ m/ przy strzelaniu z dział 57 mm, a o 4 salwy^n /D_{pw_1} = 5500 m/ na początku strzelania dla armat 85 mm wz.1939r. W oparciu o tabelę 1 i 2 /załącznik 10/ zestawiono porównawczą tabelę średnich wartości wskaźników skuteczności strzelania /tab. 3 załącznika 10/ i w końcu tabelę różnic tych wskaźników /tab. 18/.

Nie trudno zauważyć /patrz tab.18/, że późniejsze otwarcie ognia /wcześniejsze jego przerwanie przy parametrach $P > 2R_{\omega\beta}$ / jest bardzo korzystne, ponieważ nie powoduje większego spadku prawdopodobieństwa rażenia, natomiast daje poważne korzyści w postaci zaoszczędzonej amuniji, np.: przy strzelaniu z przelicznikiem z armat 57 mm spadek prawdopodobieństwa rażenia wynosi średnio około 3 %, a zużycie amunicji jest mniejsze około 50 %. Jeszcze korzystniej przedstawia się strzelanie z celownikiem, ponieważ przy spadku prawdopodobieństwa rażenia średnio o 0,5 %, rzeczywiste zużycie amunicji zmniejsza się również około 50 %. Podobnie zagadnienie to przedstawia się dla baterii artylerii przeciwlotniczej średniego kalibru.

Tabela 18

Różnice między prawdopodobieństwem rażenia, rzeczywistym zużyciem amunicji i oczekiwanym rozchodem amunicji przy strzelaniu do celu pojedyńczego na całym i ograniczonym odcinku kursu

Typ dział	Sposób strzelania	Ilość strzelających dział	P = 0			P=1500 /2500/ x m		
			Δn	ΔR_n	ΔN_1	Δn	ΔR_n	ΔN_1
S-60	z przelicznikiem	6	- 84	- 0,026	- 232	- 102	- 0,028	- 164
		8	-112	- 0,030	- 250	- 136	- 0,027	- 190
S-60	z celownikiem	6	- 82	- 0,005	- 116	- 84	- 0,001	-4273
		8	- 96	- 0,006	- 130	- 112	- 0,001	-3987
S-68	z celownikiem	6	-144	- 0,004	- 165	- 168	- 0,003	-3872
		8	-192	- 0,001	- 206	- 224	- 0,012	-2600
85 mm x/ wz.1939	z przelicznikiem	6	- 22	- 0,016	- 60	- 24	- 0,016	- 82
		8	- 32	- 0,018	- 73	- 32	- 0,019	- 87

Z taktycznego punktu widzenia opóźnienie otwarcia ognia jest niekorzystne, gdyż powoduje ono zmniejszenie zasięgu oddziaływania ogniowego na cel w stosunku do stanowiska ogniowego baterii i osłanianego obiektu.

Aby wyciągnąć właściwy wniosek odnośnie odległości otwarcia ognia należy wziąć pod uwagę takie czynniki jak:

- możliwości wykrycia celu na wymaganych odległościach;
- ilość nalotów w czasie /gęstość nalotów/;
- normy ogniowe regulujące intensywność strzelania z dział;
- wskaźniki skuteczności.

Uwzględnienie równocześnie wpływu wszystkich wyżej wymienionych czynników da nam obiektywną odpowiedź. Jednak pogodzenie w praktyce tych czynników jest prawie niemożliwe, przede wszystkim ze względu na normy ogniowe przewidziane dla danych armat przeciwlotniczych.

Zgodnie z normami ogniowymi /tabela 1 i 2 załącznik 11/ z armat 57 mm w ciągu 6-7 minut strzelania można oddać nie więcej niż 50-40 strzałów /2 minuty strzelania i 4-5 minut chłodzenia lufy przy pomocy urządzenia/, tzn. w ciągu tego czasu można wykonać 1 strzelanie z pełną intensywnością ognia /patrz rozdział II pkt.2/. lub dwa strzelania ze zmniejszoną intensywnością ognia. Stąd też, aby nie wyeliminować baterii na dłuższy czas z walki i aby móc ostrzelać jak najwięcej celów należy albo zmniejszyć intensywność ognia przy strzelaniach na całym kursie, albo ograniczyć strzelanie do strefy najbardziej skutecznego ognia. Zmniejszenie intensywności ognia na całym ostrzeliwanym odcinku kursu spowoduje spadek wskaźników skuteczności średnio o 30 %. Prowadzenie strzelania na ograniczonym odcinku kursu /w warunkach wyżej wymienionych/ nie powoduje przekraczania norm ogniowych. Strzelanie na najbardziej skutecznych odcinkach kursu może być prowadzone z maksymalną intensywnością conajmniej do dwóch celów z nieznacznym obniżeniem wskaźników skuteczności.

Z rozważań powyższych dotyczących baterii 57 mm armat przeciwlotniczych wynikają następujące wnioski dotyczące otwarcia i prowadzenia ognia:

1. W przypadkach, gdy gęstość nalotów nie jest większa niż jeden na 6-7 minut, a cel zostanie wykryty na wymaganej odległości, strzelanie należy rozpoczynać na granicy strefy ostrzału i prowadzić z maksymalną intensywnością w całej strefie; po zakończeniu strzelania chłodzić lufy w czasie 4-5 sek przy pomocy urządzenia do chłodzenia.

2. Jeżeli intensywność nalotów jest większa niż jeden na 6-7 minut, bez względu na odległość wykrycia strzelania należy rozpocząć później /przy $t \approx 7$ sek przy strzelaniu z przelicznikiem i $t \approx 5$ sek - z celownikiem/, prowadzić z maksymalną intensywnością ognia i przerwać nie wcześniej niż /przy $P > 2 R_{\omega\beta}$/ przy $t \approx 5$ sek za parametrem.

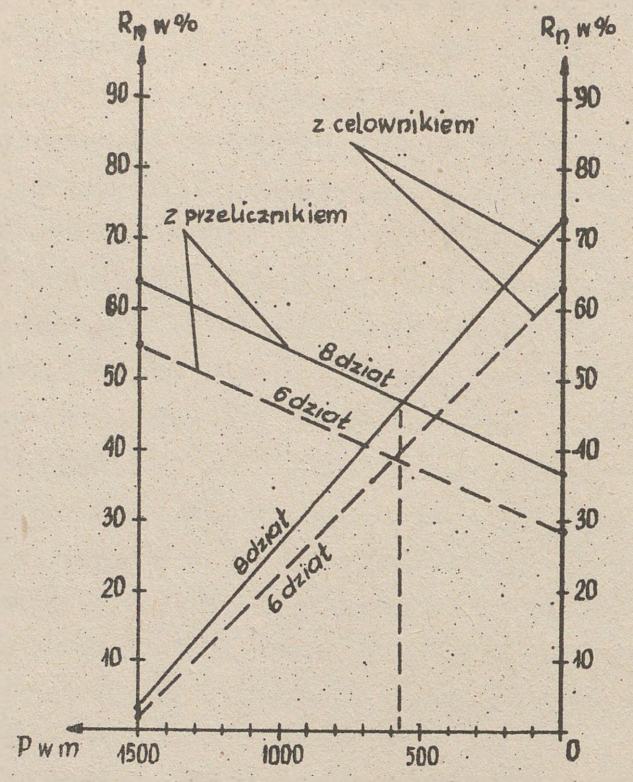
Dla dział 85 mm normy ogniowe są nieco wyższe, stąd też i mniejszy ich wpływ na sposób prowadzenia ognia. Zgodnie z tymi normami /tab.3 i 4 załącznika 11/ przy intensywności ognia 10-11 salw do jednego celu można w czasie 12-14 minut ostrzelać 7-8 celów, a po przerwie 5 minut odbyć jedno takie strzelanie do jednego celu. Powtórne strzelanie do 7-8 celów bez ograniczenia intensywności ognia może nastąpić dopiero po przerwie rzędu dwóch godzin. Stąd też można stwierdzić, że:

1. Przy gęstości nalotów rzędu 7-8 celów w ciągu 12-14 minut ogień należy otwierać później /rezygnując z 4-5 salw na początku strefy ostrzału/, tzn. przy $t \approx 10$ sek i przerwać nie wcześniej niż przy $t \approx 5$-6 sek za parametrem /przy $P > 2 R_{\omega\beta}$/.

2. Przy małej gęstości nalotów, tzn. gdy przerwy w strzelaniu będą rzędu 5 minut, strzelanie można prowadzić bez ograniczeń, a moment otwarcia ognia będzie zależał jedynie od odległości wykrycia celów.

Na drugi warunek, tzn. kiedy strzelanie do celów widocznych należy prowadzić z celownikiem, a kiedy z przelicznikiem, można odpowiedzieć rozpatrując kształtowanie się prawdopodobieństwa rażenia wzdłuż parametrów kursu /rys.32/.

Z rys.32 wynika, że średnie wartości prawdopodobieństwa rażenia celu przy strzelaniu z przelicznikiem i z celownikiem z armat 57 mm S-60 są jednoznaczne przy parametrze kursu $\approx$ 500 m, tzn. że przy parametrach kursu do 500 m



Rys.32. Orientacyjny, przybliżony rozkład prawdopodobieństwa rażenia wzdłuż parametru kursu celu.

strzelanie do celów widocznych z celownikiem jest skuteczniejsze od strzelania z przelicznikiem, a przy parametrach kursu powyżej 500 m strzelanie z przelicznikiem jest skuteczniejsze od strzelania z celownikiem /załącznik 12/.

Prawdopodobieństwo rażenia pojedyńczego samolotu przy strzelaniu jednej baterii jest za małe, aby mieć pewność zestrzelenia samolotu, lecz odpowiednio duże, aby utrudnić lotnikowi wykonanie zadania.

Pewność rażenia celów powietrznych można uzyskać wtedy, gdy prawdopodobieństwo rażenia celu pojedyńczego wynosi około 90 %. Tak wysokie prawdopodobieństwo rażenia może wystąpić jedynie przy strzelaniu kilku baterii do tego samego celu. W realnych sytuacjach warunki strzelania dla różnych baterii będą różne, jednak dla upreszczenia obliczeń przyjmuje się jednakowe warunki strzelania /jeden parametr/ dla wszystkich strzelających baterii, tzn. prawdopodobieństwo rażenia celu przez grupę baterii oblicza się najczęściej ze wzoru:

$$R_{gr} = 1 - (1 - R_n)^B$$

gdzie: R_{gr} - prawdopodobieństwo rażenia celu przez grupę baterii,
R_n - prawdopodobieństwo rażenia celu przez jedną baterię
B - ilość strzelających baterii.

Tabela 19

Prawdopodobieństwo rażenia celu pojedyńczego przy strzelaniu grupy baterii /dywizjon artylerii przeciwlotniczej w składzie 3 baterii/

Typ dział	Sposób strzelania	Ilość dział w baterii	P = 0			P = 1500 /2500/[x] m		
			B=1	B=2	B=3	B=1	B=2	B=3
S-60	z przelicznikiem	6	0,292	0,499	0,645	0,550	0,798	0,909
		8	0,368	0,601	0,748	0,646	0,875	0,956
S-60	z celownikiem	6	0,631	0,864	0,950	0,0185	0,038	0,057
		8	0,730	0,927	0,980	0,0245	0,050	0,074
85 mm[x] wz.1939r.	z przelicznikiem	6	0,317	0,534	0,682	0,245	0,440	0,570
		8	0,395	0,634	0,779	0,310	0,524	0,672

D.U. 22.03

Prawdopodobieństwa rażenia podane w tabeli 19 są wartościami średnimi, bez uwzględnienia oddzielnego sposobów określania współrzędnych, stąd też przy konkretnym sposobie określania współrzędnych będą one nieco inne, np.: przy strzelaniu dwóch baterii 57 mm armat /16 dział/ z przelicznikiem sposobem kombinowanym przy P = 1500 m prawdopodobieństwo rażenia wyniesie R_{gr} = 0,952; według danych dalmierza - R_{gr} = 0,939, a według danych RSA do celu grupowego R_{gr} = 0,557.

Z analizy tabeli 19 i po uwzględnieniu powyższych stwierdzeń wynika, że pewność rażenia można uzyskać angażując w strzelaniu do jednego celu dwie ośmiodziałowe baterie 57 mm armat plot S-60 przy strzelaniu z przelicznikiem i przy parametrach powyżej 500 m, a z celownikiem - do 500 m oraz jedną baterią ośmiodziałową 57 mm armat plot S-68 przy parametrach kursu do 500 m. Natomiast angażowanie nawet trzech ośmiodziałowych baterii 85 mm armat plot wz.1939 r. przy strzelaniu do jednego celu nie zapewnia pewności rażenia, gdyż skuteczność tego sprzętu jest dwukrotnie niższa niż sprzętu artylerii przeciwlotniczej małego kalibru. Skuteczność tego sprzętu może jeszcze bardziej obniżyć się, jeśli obsługa dział /zgrywający/ nie będą mogli uzyskać prędkości zgrywania na odbiornikach azymutu i kąta podniesienia odpowiadającej prędkości celowania 2 obr/sek. W tych przypadkach strefa ograniczenia ze względu na prędkości celowania wzrośnie /wzrośnie wartość $D_{P\omega p_{max}}$ i $R2R_{\omega\beta}$ /i przy parametrach do 2 $R_{\omega\beta}$ bateria nie będzie mogła oddać ostatnich 1-2 salw przed parametrem /patrz rys.5 załącznik 9 salwa 9-10/, których skuteczność jest największa.

x x x

Z rozpatrzenia podstawowych wskaźników skuteczności strzelania wynikają następujące wnioski, które należy brać pod uwagę organizując zwalczanie celów działających na małych wysokościach.

1. Współczesna artyleryjska osłona przeciwlotnicza obiektów przed lotnictwem działającym na małych wysokościach powinna opierać się przede wszystkim /biorąc pod uwagę artylerię przeciwlotniczą lufową/ na artylerii przeciwlotniczej małego kalibru / baterie w składzie 8 dział/.

Artyleria przeciwlotnicza średniego kalibru może być użyta do zwalczania celów na małych wysokościach w przypadkach samoobrony oraz braku artylerii przeciwlotniczej małego kalibru przy osłonie danego obiektu.

2. Ze względu na małe odległości wykrycia celów, zbyt niskie normy ogniowe przypadające na jedną lufę, należy wyeliminować nieefektywne zużycie amunicji, otwierając ogień z takim wyliczeniem, aby pierwsze punkty wyprzedzone otrzymać

- z celownikiem /57 mm/ na odległości 3000 m;
- z przelicznikiem /57 mm/ na odległości 4000 m;
- z przelicznikiem /85 mm/ na odległości 5500 m.

Przy parametrach większych niż 2 $R_{\omega\beta}$ strzelanie należy prowadzić za parametrem na odcinku kursu nie większym niż 2500-3000 m /patrz załącznik 12/.

3. Strzelanie artylerii przeciwlotniczej małego kalibru z celownikiem jest skuteczniejsze od strzelania z przelicznikiem przy $P < 500$ m, a przy $P > 500$ m - odwrotnie; natomiast strzelanie artylerii przeciwlotniczej średniego kalibru jest najskuteczniejsze przy $P = 0$, a w miarę wzrostu parametru kursu maleje.

4. Aby uzyskać pewność rażenia samolotów działających na małych wysokościach, strzelanie do jednego celu powinny prowadzić conajmniej dwie baterie ośmiodziałowe 57 mm /trzy sześciodziałowe/, lub cztery /sześć/ baterii 85 mm.

5. Ze względu na samodzielność prowadzenia strzelań przez baterie, powinny one posiadać etatowo osiem dział w swoim składzie.

x x x

IV. OGOLNE ZASADY ZWALCZANIA SAMOLOTOW DZIAŁAJACYCH NA MAŁYCH WYSOKOSCIACH PRZEZ ARTYLERIE PRZECIWLOTNICZA

Skuteczne zwalczanie celów działających na małych wysokościach z dużymi prędkościami może być realizowane tylko w przypadku maksymalnego i właściwego wykorzystania możliwości danego sprzętu artylerii przeciwlotniczej. Możliwości danego sprzętu mogą być całkowicie wykorzystane jeśli zostaną zapewnione: po pierwsze właściwe ugrupowanie bojowe oddziału artylerii przeciwlotniczej i po drugie właściwe przygotowanie i kierowanie ogniem baterii artylerii przeciwlotniczej.

Ugrupowanie bojowe jest pojęciem szerokim, uzależnionym od szeregu czynników, różnych dla różnych obiektów, które artyleria przeciwlotnicza będzie osłaniała[x/]. Dla podjęcia decyzji do ugrupowania bojowego oddziału /rozpatrując dowolny obiekt osłony/ w większej lub mniejszej mierze /zależnie od konkretnej sytuacji/ należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

1. Możliwości bombardowania bronią jądrową przy kątach wznoszących, a przede wszystkim pod kątami 40-60°, atakowanie kierowanymi pociskami "powietrze-ziemia" oraz sposoby atakowania środkami klasycznymi.

2. Dogodne kierunki zapewniające lotnictwu nieprzyjaciela dogodne podejście do obiektu ataku oraz kierunki najlepszego wykonania ataku.

3. Warunki terenowe rozmieszczenia baterii i stacji radiolokacyjnych.

4. Możliwości ogniowe baterii jako samodzielnych pododdziałów oraz oddziału w całości.

5. Strefę całkowitych zniszczeń sprzętu artylerii przeciwlotniczej po wybuchu bomby jądrowej, skierowanej na osłaniany obiekt.

Ważnym czynnikiem decydująco wpływającym na ugrupowanie bojowe jest ustalenie czy dany obiekt będzie bombardowany bronią jądrową przy kątach wznoszących 40-60° lub pociskami kierowanymi odpalanymi z odległości rzędu 10 km.

---

x/ W rozdziale nie będą omówione konkretne przykłady ugrupowania bojowego przy osłonie konkretnych obiektów, lecz podstawowe czynniki warunkujące właściwe ugrupowanie bojowe oddziału artylerii przeciwlotniczej.

Bombardowanie przy takich kątach będzie miało miejsce jedynie w tych przypadkach, gdy w rejonie obiektu ataku będą znajdowały się punkty orientacyjne o dokładnie ustalonej odległości względem obiektu lub będzie on łatwo wykrywalny z odległości nie mniejszej niż 5-6 km. W innych przypadkach bardziej prawdopodobne jest bombardowanie przy kątach 90 lub 110°. Atak pociskami kierowanymi z odległości rzędu 9000 i z wysokości 300 m i mniejszej jest mało prawdopodobny, gdyż wymagane jest wcześniejsze wykrycie wzrokowe obiektu niezbędne do wycelowania wstępnego i odpalania pocisku, a odległość wykrycia celu z takich wysokości jest rzędu 4-6 km. Zatem uwzględnienie ataków bronią jądrową przy kątach 40-60° rozwiązuje zagadnienie ataków pociskami kierowanymi i odwrotnie.

Przy osłonie obiektów przed atakami lotnictwa z małych wysokości baterie należy tak rozmieszczać, aby uzyskać jak największe możliwości ogniowe /skuteczność/ na najbardziej dogodnych kierunkach podejścia do osłanianego obiektu. Jak wiadomo działanie na małych wysokościach poważnie skraca zasięg samolotów, stąd też dolot do obiektu będzie z zasady wykonywany jak najkrótszymi trasami, z omijaniem rejonów bronionych przez naziemne środki przeciwlotnicze. Stąd też podstawowe kierunki nalotu będą znajdowały się w sektorze skierowanym w kierunku frontu /bazowania lotnictwa nieprzyjaciela/. Drugim czynnikiem wskazującym na podstawowe kierunki, to naturalne przedmioty terenowe i obiekty, które mogą służyć jako punkty orientacyjne do wyprowadzenia samolotu na obiekt, jak również do wykonania ataku przede wszystkim bronią jądrową. Z zasady punkty takie będą wybierane na trasie najkrótszego lotu do obiektu. Jeśli obiekt ataku nie zostanie wykryty przy pierwszym zajściu, to należy się liczyć, że atak może być powtórzony z tego samego kierunku, z kierunku zmienionego o 180° oraz kierunków zmienionych o 90°. Jeśli można ustalić dokładnie podstawowy kierunek nalotu, to pozostałe trzy kierunki będą tworzyły między sobą kąty około 90°. Jednak wykonanie przez samolot manewru w celu powtórnego zajścia na obiekt przedłuża czas jego przebywania w strefie ognia artylerii przeciwlotniczej, stąd też dążność

do wykonania ataku przy jednym zajściu /z trasy/; innymi słowy podstawowy kierunek leżący na najkrótszej drodze do obiektu powinien być najbardziej osłaniany.

Aby zapewnić osłonę najważniejszych elementów obiektu /względnie całego obiektu - obiekt punktowy/, przede wszystkim przed bezpośrednimi atakami z lotu nurkowego, należy 1-2 baterie rozmieszczać jak najbliżej obiektu /nie dalej niż 300-500 m/. Wynika to po pierwsze z możliwości strzelania z przelicznikiem do nurkowców /strzelanie do nurkowców z przelicznikiem celowo jest prowadzić gdy jest ono przedłużeniem strzelania na kursie poziomym oraz gdy czas lotu pocisku nie jest większy od czasu nurkowania - lot nurkowy może trwać 2-5 sek, co odpowiada odległości strzelania 1600-3200 m dla 57 mm armat plot i 1400-3000 m dla 85 mm armat plot/ i po drugie - ze skuteczności strzelania. Ze względu na czas nurkowania, odległości strzelania nie powinny przekraczać wyżej wymienionych, co można uzyskać rozmieszczając baterie bezpośrednio przy obiekcie. Ze względu na skuteczność ognia strzelanie z celownikiem z 57 mm armat jest korzystniejsze od strzelania z przelicznikiem przy parametrach P < 500 m, tak samo strzelanie z 85 mm armat plot jest korzystniejsze przy parametrach zbliżonych do zera. Należy przy tym pamiętać, że baterie rozmieszczone w pobliżu obiektu są najbardziej narażone na działanie broni jądrowej. Aby skutecznie zwalczać cele atakujące z lotu nurkowego, szybowego, wystarczy mieć w pobliżu obiektu nie więcej niż dwie baterie, które mogły by prowadzić strzelanie w najdogodniejszych warunkach. Pozostałe baterie powinny być rozmieszczone względem obiektu na odległościach równych promieniowi całkowitych zniszczeń sprzętu przy wybuchu bomby atomowej, powiększonym o trzy uchylenia środkowe, cechujące najmniej dokładny sposób bombardowania przy kątach wznoszących. Odległości między bateriami przynajmniej na zasadniczym kierunku powinny pozwolić na ześrodkowanie ognia na jednym celu conajmniej dwóch baterii małego kalibru, a trzech-czterech średniego kalibru. Uzyskać to można przy maksymalnych odległościach między bateriami 57 mm armat plot wynoszącym 2 km oraz dla 85 mm - 3 km.

Rzeźba terenu poważnie może wpłynąć na możliwości ogniowe i skuteczność strzelania oddziału artylerii przeciwlotniczej. Przede wszystkim ważne jest, aby kąty ukrycia dla obserwacji wzrokowej nie były większe niż 0-10, a dla stacji radiolokacyjnych /RSA/ zbliżone do zera lub zerowe. Im bardziej teren będzie odpowiadał tym warunkom, tym większe jest prawdopodobieństwo wykrycia celów na małej wysokości i tym większa skuteczność strzelania.

Wreszcie wybór stanowisk ogniowych uwarunkowany jest skutecznym zasięgiem ognia dział baterii, wskaźnikami skuteczności, strefami ograniczania, odległościami wykrycia celów i sposobami ataku osłanianego obiektu. Aby zapewnić skuteczną osłonę przed atakami bronią jądrową /przy α =40-60°/ jak również pociskami kierowanymi,na przewidywane kierunki ataku należy wysunąć baterie 57 mm na odległość 5-6 km od obiektu. Ponieważ strzelanie z przelicznikiem można prowadzić niezależnie od warunków meteorologicznych, przy czym największą skuteczność uzyskuje się przy paramatrach zbliżonych do średniego, który leży poza strefami ograniczenia w celowaniu, stanowiska ogniowe powinny być przesunięte względem zasadniczych kursów na odległość rzędu 1000 m. Baterie 85 mm ze względu na większy zasięg ognia skutecznego, jak również ze względu na to, że skuteczność ognia jest największa przy parametrach zbliżonych do zerowych, należy rozmieszczać na głównych kierunkach ataku z wysunięciem przed osłaniany obiekt na odległość rzędu 4-5 km.

Konieczność uwzględniania tych wszystkich czynników wynika z ogólnej definicji optymalnego ugrupowania, opartej na teorii badań operacyjnych, która brzmi: "za optymalne ugrupowanie uważamy taki wariant ugrupowania, który odpowiada wymogom taktycznym /dobre warunki dowodzenia, maskowania, zaopatrywania, OPBmar itp./ i prawdopodobieństwo obrony obiektu przyjmuje wartości możliwie największe".

Lotnictwo nieprzyjaciela będzie dążyło zawsze do zrealizowania dwóch zasadniczych celów, tzn. przeniknięcie do obiektu ataku i jego zniszczenie. Wykonanie zadania przez lotnictwo będzie możliwe jeśli iloczyn /Q/ prawdopodobieństw

przeniknięcia do obiektu /Q_p/i zniszczenia obiektu /Q_z/ będzie jak największy. Prawdopodobieństwo przeniknięcia do obiektu będzie zależało od stanu obrony przeciwlotniczej /wszystkich środków OPL na drodze do obiektu, a przede wszystkim w rejonie obiektu/, natomiast prawdopodobieństwo zniszczenia obiektu - od warunków wykonania ataku /wykrycie celu, możliwości stosowania sposobów ataku, rodzaju broni itp./. Zatem iloczyny prawdopodobieństw dla różnych kierunków będą różne, a maksymalne wartości wystąpią na tych kierunkach, na których będzie największe prawdopodobieństwo przeniknięcia i największe prawdopodobieństwo zniszczenia obiektu.

Artyleria przeciwlotnicza dąży do zrealizowania jednego podstawowego zadania - niedopuszczenia do zniszczenia obiektu przez lotnictwo nieprzyjaciela. Oczywiście najlepszym rozwiązaniem tego zagadnienia byłoby równomierne rozmieszczenie baterii artylerii przeciwlotniczej wokół bronionego obiektu z takim wyliczeniem, aby do celu lecącego z dowolnego kierunku prowadziły strzelanie nie mniej niż dwie baterie mk i 3-4 baterie sk. Takie rozwiązanie wymaga bardzo dużej ilości artylerii przeciwlotniczej, np.: przy promieniu wysunięcia baterii 57 mm względem obiektu równym 5-6 km, do zorganizowania skutecznej obrony przeciwlotniczej trzeba 16-19 ośmiodziałowych baterii, tzn. 5-6 dywizjonów.

Tak więc słusznym rozwiązaniem ugrupowania bojowego w dowolnych warunkach jest znalezienie optymalnego wariantu /uwzględniającego wyżej wymienione czynniki/, przy którym główny wysiłek obrony przeciwlotniczej będzie skupiony na kierunkach, gdzie według nieprzyjaciela jest największe prawdopodobieństwo zniszczenia obiektu.

Drugim warunkiem nie mniej ważnym jest właściwe przygotowanie i kierowanie ogniem baterii. Najistotniejszymi czynnikami przygotowania i kierowania ogniem baterii są:

1. Organizacja i prowadzenie rozpoznania na szczeblu oddziału i pododdziału artylerii przeciwlotniczej.
2. Przygotowanie oddziału i pododdziałów do prowadzenia strzelań.
3. Kierowanie ogniem oddziału i poszczególnych pododdziałów w czasie nalotów na małych wysokościach.

Czynniki wyżej wymienione są ściśle ze sobą związane i nie sposób rozpatrywać je oddzielnie bez uwzględnienia wzajemnego wpływu.

W rozdziale II zostały rozpatrzone możliwości wykrywania samolotów myśliwsko-bombowych przez etatowe środki radiolokacyjne[x/] i obserwację wzrokową, które można przedstawić w postaci tabeli 20.

Tabela 20

Minimalne odległości wykrycia i odpowiadające im wysokości wykrywania przy pełnym przygotowaniu bezpośrednim baterii do strzelania przy V_c = 300 m/sek

a/ z przelicznikiem /P_{ukr} = 0°/

Wyszczególnienie	Współrzędne	57 mm		85 mm	
		RSA	D-49	RSA	D-49
Kierowanie ogniem oddziału /"JAWOR"/	D_p	75	69	80	74
	H	580	500	650	560
Wskazywanie celów przez RSWP dla baterii /"JAWOR"/	D_p	51	45	56	50
	H	280	220	350	280
Poszukiwanie grupowe przez RSA	D_p	37	31	43	37
	H	330	250	430	330
Wykrywanie przez baterie /RSA i D-49/	D_p	23	22	29	28
	H	150	150	250	200

b/ z celownikiem /średnia przejrzystość/

Wykrywanie wzrokowe przez baterię	P_{ukr}	0		0-05		0-10	
	D	H	14	0	14	70	14	150

Z tabeli 20 wynika, że kierowanie ogniem baterii przez szczebel oddziału jest możliwe dopiero przy H > 500÷600 m, wskazanie celów przez RSWP - H > 220÷350 m, wskazywanie przy poszukiwaniu grupowym - H > 250÷430 m oraz wykrywanie celów w baterii - H > 150÷250 m.

x/ Stacja "JAWOR" nie znajduje się w artylerii przeciwlotniczej, lecz do rozważań przyjęto ją jako RSWP oddziału.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę i to, że prawdopodobieństwo wykrycia celów na takich wysokościach wynosi około 50 % oraz kąty ukrycia mogą być większe od 0, to nie zawsze cele będą wykryte na wymaganych odległościach i wysokościach z nimi związanymi, a tym samym ogień nie będzie otwarty na czas.

O otwarciu ognia na czas decyduje wykrycie celu na wymaganej odległości, a to z kolei zależy od czasu przygotowania bezpośredniego. Zmniejszenie minimalnej odległości wykrycia daje dwie korzyści: zmniejsza minimalną wysokość wykrycia i zwiększa prawdopodobieństwo wykrycia celu. W rozdziale II punkt 1. rozpatrzony został cały cykl przygotowania strzelania i kierowania ogniem ze średnimi czasami niezbędnymi na wykonanie kolejnych czynności. Czas bezpośredniego przygotowania strzelania obejmujący wszystkie czynności wynosi średnio 90 sek., co przy V_c = 300 m/sek daje drogę celu S = 27 km. Szczególnie długi jest czas roboczy baterii /t_{rob} = 40 sek/, będący składnikiem pełnego czasu bezpośredniego przygotowania strzelania.

Niektóre czynności wykonywane bezpośrednio po wykryciu celu "w czasie roboczym" można bez uszczerbku dla strzelania wykonać w czasie wstępnego przygotowania baterii do strzelania, a mianowicie:

- ustalenie sposobu określania współrzędnych i rodzaju pracy przelicznika;
- nastawienie na przeliczniku składowych podstawy;
- określenie wysokości;
- nastawienie $\triangle G_{sum}$ i wiatru balistycznego;
- nastawienie czasu obserwacji.

Wyeliminowanie tych czynności jest możliwe, ponieważ wszystkie /przy strzelaniu do celów na małych wysokościach/ można ustalić już w czasie przygotowania wstępnego. Np.: sposób określenia współrzędnych możemy ustalić kierując się zasadą: przy dobrej widoczności[x/] - strzelać według danych D-49 lub sposobem kombinowanym, przy złej /noc/ - wg danych RSA.

- - - - - - - - - - - - - - - -

x/ Do ustalania widzialności celowe jest posiadanie przez baterię diafanoskopu. Jest to niewielka lornetka, przy pomocy której ustala się stopień jaskrawości obserwowanych przedmiotów i następnie mnożąc go przez odpowiednie współczynniki ustala się odległości widzialności w km.

Z ustaleniem sposobu określania współrzędnych wiąże się nastawienie składowych podstawy /jeśli współrzędne kątowe określane są przy pomocy D-49, to składowe podstawy uwzględnia się dla przelicznika/. Wpływ warunków meteorologicznych na strzelanie dla pasa wysokości od 0÷600 m jest jednakowy, zatem ΔG_{sum} i dane o wietrze balistycznym możemy nastawić w czasie przygotowania wstępnego. Wysokość określa się tylko w celu uwzględnienia warunków meteorologicznych. Najbardziej celowymi rodzajami pracy przy strzelaniu do celów nisko lecących są:

- "z radiolokatora tylko odległość" - przy określaniu współrzędnych sposobem kombinowanym i przez RSA;
- "dalmierz-nurkowanie, wznoszenie lub kąt położenia mniej niż 2-00" - przy strzelaniu według danych D-49.

Ponieważ lot na małych wysokościach nie pokrywa się z hipotezą ruchu prostoliniowego, jak również ze względu na możliwości niespodziewanego wykonania manewru w pionie lub poziomie przez ostrzeliwany samolot, należy przy wszystkich rodzajach pracy przelicznika nastawiać czas obserwacji t_o = 6 sek.

Jak z powyższego wynika, wszystkie wyżej wymienione czynności można i należy wykonać w czasie przygotowania wstępnego. Takie rozwiązanie tego zagadnienia skraca czas roboczy baterii do t_{rob} = 10 sek /czas stabilizacji pracy przelicznika - 7-8 sek, czas na wyznaczenie rodzaju ognia i czas na zareagowanie obsług na komendę - 2-3 sek/. W tych warunkach minimalne odległości wskazania i wykrycia celu, zapewniające otwarcie ognia na granicy strefy ostrzału, zmniejszą się o S = 300 . 30 = 9 km /tab. 21/.

Przy strzelaniu z celownikiem czas roboczy można skrócić o połowę /pełny wynosi około 20 sek/, jeśli w czasie przygotowania wstępnego nastawimy na celownikach: kąt nurkowania 0, kurs na baterię, prędkość 300 m/sek, odległość 4000m. Po wykryciu celu przygotowanie bezpośrednie obejmie czynności:

- określenie i wyznaczenie prędkości celu - 4 sek[x/];

- - - - - - - - - - - - - - - -

x/ Określenie czynników ruchu celu posiada decydujący wpływ na skuteczność strzelania z celownikiem i dlatego obowiązkowo należy je określać.

- poprawienie na działach kursu i prędkości - 2-3 sek;
- wyznaczenie rodzaju ognia - 2-3 sek /po wliczeniu czasu na zareagowanie obsług na komendę/.

Sumaryczny czas roboczy baterii również wyniesie t_{rob} = 10 sek. Tak więc przy pozostałych czasach niezmienionych minimalnie odległości wykrycia celu zapewniające otwarcie ognia na czas zmniejszą się o S = 300 . 10 = 3 km /tab.21/.

Z tabeli 21 wynika, że skrócenie minimalnej odległości wykrycia o 9 km /dla strzelania z przelicznikiem/ i o 3 km /dla strzelania z celownikiem/ obniża wysokość wykrycia średnio o 100 m. Tak więc kierowanie ogniem baterii jest możliwe do zrealizowania przy H > 400÷550 m, wskazanie celu - H > 160÷270 m, wskazywanie przy poszukiwaniu grupowym - H > 150-300 m, oraz wykrywanie celów w baterii - H > 50÷120 m. Wartości te odpowiadają bardzo dobrym warunkom rozmieszczania środków rozpoznania /P_{ukr} = 0/. Jeśli weźmiemy pod uwagę, że prawdopodobieństwo wykrycia celu w tych warunkach przez baterię nie przekroczy 70 % to zrozumiałe jest, że tylko około 2/3 celów będzie wykrytych, na wymaganej odległości i w pasie najbardziej typowych wysokości lotu.

Tabela 21

Minimalne odległości wykrycia i odpowiadające im wysokości wykrycia przy pełnej strefie ostrzału, lecz skróconym czasie roboczym /t_{rob} = 10 sek/ przy V_c = 300 m/sek

a/ z przelicznikiem /P_{ukr} = 0/

Wyszczególnienie	Współrzędne	57 mm		85 mm	
		RSA	D-49	RSA	D-49
1	2	3	4	5	6
Kierowanie ogniem oddziału /"JAWOR"/	D_p	66	60	71	65
	H	480	400	530	460
Wskazywanie celów przez RSWP dla baterii /"JAWOR"/	D_p	42	36	47	41
	H	220	160	280	220
Poszukiwanie grupowe przez RSA	D_p	28	22	34	28
	H	220	150	300	220

1	2	3	4	5	6
Wykrywanie przez baterie /RSA i D-49/	D_p	14	13	20	19
	H	60	50	120	110

b/ z celownikiem /średnia przejrzystość/

Wykrywanie wzrokowe przez baterię	P_{ukr}		0		0-05		0-10	
	D_p	H	11	0	11	60	11	110

Natomiast kierowanie ogniem, wskazywanie celów przez RSWP, jak również częściowo i wskazywanie przy poszukiwaniu grupowym, nie obejmuje dolnego pasa wysokości działania lotnictwa. W rzeczywistych warunkach kąty ukrycia zbliżone do 0 będą raczej rzadkością, dlatego i odległość wykrycia celu zmniejszy się i strzelanie będzie można prowadzić jedynie na ograniczonym odcinku kursu /w ograniczonej strefie/.

Z rozważań w rozdziale III wynika, że ze względu na skuteczność ognia i normy ogniowe, celowe jest późniejsze otwarcie ognia. Tym odległościom otwarcia ognia odpowiadają czasy lotu pocisku: 6,7 sek - strzelanie z przelicznikiem i 4,4 - strzelanie z celownikiem z armat 57 mm oraz 10,3 sek- strzelanie z 85 mm armat. Skraca to odległość wykrycia celów o 1500 i 1400 m dla armat 57 mm i o 3500 m dla armat 85 mm /średnio można przyjąć około 2 i 1 km dla armat 57 mm i 4 km dla armat 85 mm/ - tabela 22.

TABELA 22

Minimalne odległości wykrycia i odpowiadające im wysokości wykrycia przy ograniczonej strefie ostrzału i skróconym czasie roboczym Vc = 300 m/sek.

a/ z przelicznikiem /P_{ukr} = 0/

Wyszczególnienie	Współrzędne	57 mm		85 mm	
		RSA	D-49	RSA	D-49
Kierowanie ogniem oddziału /"JAWOR"/	D_p	64	48	67	61
	H	450	380	480	420
Wskazywanie celów przez RSWP dla baterii /"JAWOR"/	D_p	40	34	43	37
	H	200	140	230	180
Poszukiwanie grupowe przez RSA	D_p	26	20	30	24
	H	200	120	240	160
Wykrywanie przez baterie /RSA i D-49/	D_p	12	11	16	15
	H	40	30	80	70

b/ z celownikiem

Wykrywanie wzrokowe przez baterię	P_{ukr}		0		0-05		0-10	
	D_p	H	10	0	10	50	10	100

Dane tabeli 22 są wartościami ostatecznymi, późniejsze wykrycie celu, a tym samym późniejsze otwarcie ognia, będzie powodowało poważne obniżenie skuteczności strzelań. Dlatego też dane tabeli 22 powinny być wyjściowymi limitującymi zasady organizacji rozpoznania w oddziale artylerii przeciwlotniczej.

Obniżenie wysokości /tab.22/, przy której możliwe byłoby kierowanie ogniem, może być uzyskane jedynie przez wysuwanie RSWP na głównych kierunkach nalotów na odległość pozwalającą organizować łączność etatowymi środkami /patrz tab.11 rozdział III/ lub wykorzystanie danych RSWP sąsiednich oddziałów art.plot oraz danych posterunków rozpoznania armii.

Podstawowym środkiem radiolokacyjnym wykrywania celów na wysokościach od H > 50 m /poszukiwanie indywidualne/ jest RSA. RSA i RSWP /"JAWOR"/ powinnybyć angażowane do wskazywania celów od H > 120-150 m. Dlatego w oddziałach artylerii przeciwlotniczej należy zwrócić szczególną uwagę na organizację rozpoznania tymi środkami, tzn. rozpoznanie indywidualne baterii, rozpoznanie grupowe przy pomocy RSA, wskazywanie celów przez RSWP. Oczywiście każdy z tych sposobów będzie realizowany w zależności od wysokości lotu /patrz tab.22/.

Najbardziej realne i celowe /w świetle danych rozpatrzonych wyżej/ jest organizowanie poszukiwania przez poszczególne baterie /RSA/ ze szczególnym uwzględnieniem przydzielonego sektora strzelania przy stałym kącie położenia 0-30 /przykładowe wyznaczenie sektorów strzelania przedstawia załącznik 13/. Szerokość sektora strzelania, a tym samym i poszukiwania, zależy od ilości baterii i ich ugrupowania, rzeźby terenu /teren dający duże kąty ukrycia powoduje zwężenie sektora strzelania/, ograniczeń w pracy stacji. Maksymalna szerokość sektora strzelania /poszukiwania szczegółowego/ na najbardziej zagrożonym kierunku nie powinna przekraczać 20-00 /szerokość taka ułatwia szybkie i dokładne przeszukiwanie tej przestrzeni/ z zazębieniem sąsiednich sektorów około 3-00 /zapewnia to stworzenie ciągłego pola obserwacji i strzelania według danych D-49 i z celownikiem/. Poszukiwanie tylko w wyznaczonych sektorach będzie celowe, jeżeli bateria jest odpowiedzialna tylko i wyłącznie za dany sektor. W innych przypadkach, tzn. gdy bateria obowiązana jest zwalczać cele lecące z różnych kierunków, poszukiwanie okrężne powinno być sposobem podstawowym, gdyż usamodzielnia baterię w wykrywaniu celów. W tym przypadku szczególną uwagę należy kłaść na najbardziej prawdopodobny kierunek nalotów.

Poszukiwanie przez RSA decentralizuje z zasady kierowanie ogniem. Dlatego też sztab oddziału organizując rozpoznanie powinien w wytycznych dotyczących rozpoznania dać wyczerpujące wskazówki dowódcom baterii odnośnie:

- najbardziej prawdopodobnych kierunków nalotów;

- sposobu prowadzenia obserwacji - okrąż-nie czy w sektorach z wyznaczeniem ich granic;
- częstotliwości pracy stacji i ich zmiany;
- sygnałów rozpoznania lotnictwa własnego;
- czasokresu pracy stacji poszczególnych baterii.

Rozpoznanie radiolokacyjne przy pomocy RSA nie jest w stanie w pełni sprostać wymaganiom; chodzi przede wszystkim o to, że cele muszą być wykryte natychmiast po wejściu w praktyczny zasięg stacji /gdzie prawdopodobieństwo wykrycia jest bardzo małe/, co spowodowane jest nie zasięgiem stacji, lecz zbyt długim czasem bezpośredniego przygotowania baterii do strzelania. Ponadto ciągłość wykrywania ograniczona jest czasem ciągłej pracy agregatów zasilania, który wynosi 4-6 godz. O ile stacja może pracować bez przerwy, agregat zasilania musi być chłodzony po upływie wyżej wymienionego czasu.

Pierwszej z przyczyn, przy aktualnym sprzęcie, nie ma możliwości wyeliminować /poza skróceniem czasu roboczego baterii - t_{rob}/, lecz drugą można usunąć przez wyposażenie baterii w dwa agregaty oraz częściowo wyeliminować przez organizację posterunków obserwacji wzrokowej.

Organizacja posterunków obserwacji wzrokowej przy zwalczaniu celów wynika z konieczności dublowania systemu radiolokacyjnego w przypadkach nie wykrycia celów na czas, niesprawności stacji, silnych zakłóceń radiolokacyjnych, przerw w pracy stacji itp. Poza tym mogą istnieć kierunki, które ze względu na rzeźbę lub pokrycie terenu nie będą obserwowane w ogóle przez stacje radiolokacyjne. W tym wypadku i w wielu innych, system obserwacji wzrokowej stanowi uzupełnienie obserwacji radiolokacyjnej.

Obserwacja wzrokowa może spełnić swoje zadania tylko w dzień przy stanie widoczności nie gorszej niż "powietrze nieco mętne" /patrz tab.22 rozdział II/. Ponieważ widoczność, przy stanie "powietrze nieco mętne" nie przekracza 10 km, aby zapewnić wykrywanie celów przez baterie na wymaganych odległościach /tab. 20, 21, 22/ należy organizować obserwację wzrokową na stanowiskach ogniowych baterii oraz wysunięte posterunki obserwacji wzrokowej. Wysunięte posterunki obserwacji wzrokowej należy rozmieszczać na odległości nie mniejszej niż 12 km /patrz załącznik 15/ od stanowiska ogniowego baterii 57 mm i 14 km - od baterii 85 mm.

Sektor obserwacji takiego posterunku nie powinien być większy niż 20-00; większy sektor utrudnia wykrycie celu, szczególnie przy jego granicach /patrz załącznik 15/. Każda bateria powinna zorganizować minimum 1 posterunek /pożądane 2 posterunki/ a 1 taki posterunek powinien wystawić szczebel oddziału, przede wszystkim na najbardziej prawdopodobnych kierunkach nalotów z uwzględnieniem rzeźby terenu i jego pokrycia, tzn. na takich kierunkach, na których ze względu na duże kąty ukrycia wykrycie celu przez RSA /dalmierz i inne przyrządy optyczne/ z SO baterii jest prawie niemożliwe.

Rejony rozmieszczenia posterunków, sektory obserwacji, dozory powinny być rozpracowane przez sztab oddziału, a ich rozmieszczenie znane dla całego stanu osobowego oddziału.

Rejon rozmieszczenia posterunku powinny cechować kąty ukrycia zbliżone do zera /w żadnym przypadku nie przekraczające 0-10/. Skład posterunku - trzech ludzi /dowódca-podoficer zwiadowca - radiotelegrafista i dwóch zwiadowców-radiotelegrafistów/. Wyposażenie posterunku: motocykl z przyczepą, radiostacja, lorneta TZK, kątomierz-busola, lornetki polowe, stolik z układem siatki prostokątnej /o wymiarach 50x50 cm/ z naniesionym na nim sektorem obserwacji, dozorami numerowanymi w skali oddziału. Powiadamianie o celach powinno odbywać się w dodatkowo zorganizowanej sieci powiadamiania. Meldunek powinien zawierać numer posterunku /z zasady numer baterii, która wystawiła posterunek/, położenie celu względem posterunku /według dozorów, azymutów/, skład celu, wysokość i przynależność.

Oprócz organizowania posterunków zewnętrznych, każdy dowódca baterii powinien zorganizować obserwację wzrokową na stanowisku ogniowym, przydzielając wycinki obserwacji dla poszczególnych dział i przyrządów /dalmierz D-49 i lorneta TZK prowadzą obserwację w całym sektorze strzelania lub okrężnie/.

Poszukiwanie przez posterunki obserwacyjne, dalmierz D-49 i inne stałe przyrządy optyczne w swoich sektorach należy prowadzić przy stałym kącie położenia 0-20 /patrz rozdział II/.

Baterie powinny być przygotowane do natychmiastowego otwarcia ognia po wykryciu celu tak z przelicznikiem, jak i z celownikiem /baterie średniego kalibru celowaniem bezpośrednim/.

Dlatego też wszystkie czynności wymienione uprzednio, a wchodzące w skład przygotowania bezpośredniego, powinny być ustalane i uwzględniane w przerwach między strzelaniami. Decydująco na całe strzelanie będzie wpływał wybór sposobu strzelania, a ten z kolei zależy od stanu widoczności i/parametru. Stąd też na bieżąco należy ustalać stan przejrzystości powietrza i w zależności od niego przygotować baterię do strzelania z przelicznikiem i z celownikiem, tzn. ustalić sposób określenia współrzędnych /nastawić na przeliczniku składowe podstawy, $\triangle G_{sum}$, dane o wietrze balistycznym, czas obserwacji, rodzaj pracy przelicznika, a na celowniku dane wyjściowe - kurs, prędkość, odległość i kąt nurkowania/.

Oprócz tego przy wyborze sposobu strzelania należy pamiętać przede wszystkim o tym, że przy dobrej widoczności strzelanie z celownikiem jest skuteczniejsze niż z przelicznikiem przy parametrach kursu, od 0-500 m; przy parametrach większych strzelanie należy prowadzić wyłącznie z przelicznikiem. Ustalenie parametru kursu jest możliwe praktycznie po wykryciu celu, dlatego też nie zawsze będzie można ustalić go przy późniejszym wykryciu celu. Stąd też wynikałaby następująca zasada: baterie rozmieszczone bezpośrednio przy obiekcie, przy dobrej widoczności, powinny prowadzić strzelanie z zasady z celownikiem, gdyż kursy celów będą wychodziły na obiekt czyli P = 0, oprócz tego baterie te będą miały wcześniej dane o celach niż baterie wysunięte na odległość 4-6 km; natomiast baterie wysunięte będą prowadziły strzelanie z celownikiem w przypadku, gdy na pierwszy rzut oka możemy ocenić, że kurs celu zbliżony jest do zerowego lub gdy cel został wykryty na odległości pozwalającej na otwarcie ognia z przelicznikiem na granicy strefy ostrzału. W tym przypadku jest możliwość zmiany sposobu strzelania, tzn. przejść od strzelania z przelicznikiem do strzelania z celownikiem. Dobrze wyszkolona obsługa może dokonać zmiany sposobu strzelania w ciągu 5 sek /2-3 sekundy/ na zmianę sposobu celowania z automatycznego na półautomatyczny i około 2 sek na poprawienie celowania/. Przy takim przejściu ogień powinien być wznowiony najpóźniej przy $D_{pw} \approx 2000$ m /do parametru/,

czyli moment rozpoczęcia przejścia powinien odpowiadać odległości około 3500-4000 m. Oczywiście taka zmiana sposobu strzelania może nastąpić tylko wtedy, jeżeli w czasie strzelania z przelicznikiem, na celownik zostanie wprowadzona prędkość celu, kurs i odległość. Jeżeli te wartości zostaną wprowadzone, cel powinien znaleźć się w polu widzenia przezierników. Przejście ograniczy się do przełączenia napędów i zgrania prędkości kątowych z prędkościami kątowymi celu.

Strzelanie do samolotów na małych wysokościach będzie tym skuteczniejsze, im większa będzie intensywność ognia. Stąd też strzelanie z 57 mm armat plot z przelicznikiem i z celownikiem należy prowadzić:

- w pełnej strefie ostrzału - rozpoczynając seriami krótkimi, przechodząc na serie długie na odległościach 4000-3000 m, a na odległości 1000 m - na ogień ciągły /seria długości około 15 strzałów/;
- w ograniczonej strefie ostrzału - rozpoczynając seriami długimi, a na odległości 1000 m przejść na ogień ciągły.

Takie rozłożenie ognia nie spowoduje przekroczenia norm ogniowych przy strzelaniu na ograniczonym odcinku kursu, a zwiększa skuteczność strzelania. Rozłożenie ognia przy strzelaniu w pełnej strefie w sposób wyżej podany jest możliwe tylko przy małej gęstości nalotów, tzn. gdy lufy można ochłodzić całkowicie w czasie przerwy; w innych przypadkach ogień należy prowadzić seriami krótkimi, a w rejonie SO - seriami długimi.

W bateriach 85 mm armat plot wz.1939 r. zwiększenie intensywności ognia możliwe byłoby po zastosowaniu automatycznego ładowania i odpalania.

Przy parametrach $P < 2 R_{\omega\beta}$ strzelanie należy przerwać natychmiast po utracie możliwości celowania, a przy parametrach kursu $P > 2 R_{\omega\beta}$ - ostatnie strzały należy oddać, gdy cel znajdzie się za parametrem w odległości /mierzonej wzdłuż kursu/ nie większej niż 1500-2000 m.

Przerywanie strzelania na parametrze jest niecelowe, gdyż 2-3 serie /salwy/ oddane za parametrem mają duży wpływ na skuteczność strzelania.

Szczególną uwagę należy zwrócić na strzelanie do celów wykonujących manewr w pionie, gdyż może to być manewr w celu zrzucenia bomby jądrowej. Strzelanie w tych przypadkach należy prowadzić ogniem ciągłym /tak w mk, jak i w sk/ od momentu rozpoczęcia manewru aż do zrzutu bomb.

Kierowanie ogniem oddziału artylerii przeciwlotniczej przy odpieraniu nalotów na małych wysokościach decentralizuje się przy H > 400-500 m, stąd też baterie powinny mieć dokładne wytyczne dotyczące prowadzenia ognia, a przede wszystkim zasadniczy sektor strzelania, za który bateria ponosi całkowitą odpowiedzialność. Na najbardziej ważnych kierunkach nalotów jeden sektor może być przydzielony dla kilku baterii, lecz w tym przypadku należy dokładnie ustalić zasady przenoszenia ognia na cele kolejne nadlatujące w krótkich odstępach czasu. Wyznaczenie sektora strzelania nie powinno zdejmować z dowódców baterii obowiązku prowadzenia obserwacji na innych kierunkach, jak i prowadzenia strzelań do celów wykrytych na tych kierunkach.

Przy zdecentralizowanym kierowaniu ogniem, dowódcy baterii powinni być odpowiedzialni za organizację rozpoznania, ocenę sytuacji powietrznej, wybór celów i ich ostrzelanie zgodnie z wytycznymi dowódcy oddziału. Oprócz tego są oni odpowiedzialni za bezpieczeństwo wojsk własnych, znajdujących się w zasięgu ognia baterii, tzn. powinni ustalić sektory zabronione, nad którymi strzelanie poniżej wymaganych kątów podniesienia nie powinno być prowadzone.

Skuteczne zwalczanie samolotów działających na małej wysokości wymaga dokładnej znajomości sposobów działania tych samolotów i środków, jakie mogą użyć, dokładnie zorganizowanego systemu rozpoznania oraz bardzo dobrze wyszkolonych obsług poszczególnych rodzajów sprzętu artylerii przeciwlotniczej.

x x x

V. Z A K O N C Z E N I E

Omówione w poszczególnych rozdziałach pracy zagadnienia związane ze zwalczaniem celów działających na małych wysokościach dotyczą sprzętu będącego aktualnie na uzbrojeniu oddziałów artylerii przeciwlotniczej.

W oparciu o przeprowadzone rozważania można stwierdzić, że sprzęt ten nie odpowiada w pełni wymogom jakie narzuca mu szybki rozwój lotnictwa, środków rażenia i sposobów działania. Wynika to z szeregu braków tego sprzętu, które związane są z założeniami konstrukcyjnymi opracowywanymi w okresie początku rozwoju lotnictwa odrzutowego, nie stosowania przez nie takich środków rażenia i sposobów ataku, jakie mają miejsce w obecnej chwili i które w dalszym ciągu są ulepszane /armatę 85 mm opracowano w okresie międzywojennym- wz.1939 r./.

Najistotniejszymi niedomaganiami tego sprzętu są: niepełna automatyzacja pracy baterii, mała szybkostrzelność dział, małe prędkości celowania, długi czas przygotowania bezpośredniego, zależność dział od RSA i przelicznika, mała dokładność pomiaru współrzędnych, niemożliwość uwzględniania przesunięć dział baterii względem środka SO, brak możliwości automatycznego uwzględniania warunków meteorologicznych i balistycznych strzelania. Niedomagania te w powiązaniu z prostym sposobem kierowania ogniem, gdzie wszystkie czynności /nanoszenia celu na stoliki, analiza sytuacji powietrznej, podejmowanie decyzji i stawianie zadań/ wykonują ludzie, nie dając perspektyw temu sprzętowi na przeciąg dłuższego czasu.

Niektóre z tych niedomagań można usunąć. Przede wszystkim należy usprawniać w baterii czynności związane z kierowaniem ogniem baterii przez dowódcę baterii, przez wprowadzenie pełnej automatyzacji strzelania baterii. Usprawnienie to polegałoby na wprowadzeniu dodatkowego elementu w postaci pulpitu sterowania baterią, włączonego kablowo do systemu RSA - przelicznik - działa. Urządzenie to powinno dawać dowódcy baterii możność właściwego śledzenia celu i kierowanie ogniem baterii. Na pulpicie powinien znajdować się stolik

ogniowy, na którym automatycznie wykreślany byłby kurs celu /konieczne jest wykreślenie kursu według danych RSA i D-49 w przypadkach, gdy te przyrządy śledzą dwa różne cele/ oraz skala: parametru kursu, poziomej odległości wyprzedzonej, wysokości, azymutu wyprzedzonego, prędkości celu, manewru celu oraz przełącznik rodzajów pracy przelicznika. Przy pomocy stolika RSWP i pulpitu dowódca baterii mógłby naprowadzać RSA i dalmierz na cel, wybrać najdogodniejszy moment otwarcia i przerwania ognia oraz przeniesienia go na inny cel. Istotne również jest wprowadzenie elektrospustu na działach z wyprowadzeniem na pulpit dowódcy baterii.

Następnym usprawnieniem /na szczeblu oddziału/ byłoby zamiana stacji radiolokacyjnej P-10 /P-8/ na "JAWOR". Posiadanie w oddziałach tych stacji umożliwiłoby /przy prostym sposobie kierowania ogniem/ kierowanie ogniem oddziału artylerii przeciwlotniczej od wysokości 400-500 m wzwyż.

Automatyzacja /półautomatyzacja/ kierowania ogniem oddziału poprawiłaby warunki dowodzenia oddziałem, gdyż z nią wiąże się zmniejszenie minimalnych odległości wykrycia, jak również obniżyłoby wysokości realizowania kierowania ogniem. Automatyzacja kierowania ogniem artylerii przeciwlotniczej w osłonie wojsk wydaje się jednak zbyt kosztowna i trudna do zrealizowania ze względu na dużą ruchliwość osłanianych obiektów.

Sprzęt będący na uzbrojeniu w zasadzie nadaje się jedynie do osłony obiektów mało ruchliwych i stałych /ze stałego SO i po gruntownym przygotowaniu/; nie nadaje się do osłony kolumn marszowych i obiektów często zmieniających rejon rozmieszczenia. Czas przebywania w statyce elementów osłanianych przez artylerię przeciwlotniczą jest stosunkowo krótki, stąd też będzie ona mało efektywnie wykorzystana. Wydawałoby się, że działo 57 mm S-68 /działo samobieżne/ mogłoby spełnić swą rolę, lecz ze względu na mało dokładny celownik wektorowy oparty tylko na wzrokowym wykryciu celu, małą szybkostrzelność, małą prędkość poruszania się /nie większa niż wojsk pancernych, nie mówiąc o innych środkach transportu/, niemożliwość dokładnego strzelania w ruchu, małą skuteczność ognia przy parametrach kursu większych niż 500 m i odległościach strzelania ponad 2500 m, wartość tego sprzętu o tak dużym kalibrze jest obniżona.

Należy obiektywnie stwierdzić, że obrona przeciwlotnicza nie posiada w tej chwili skutecznego środka obrony przed atakami lotnictwa z małej wysokości. Posiadany sprzęt można wykorzystać do osłony obiektów w statyce, skuteczność tej osłony, jak stwierdzono w poprzednich rozdziałach, będzie zależeć od ilości pododdziałów artylerii przeciwlotniczej, ich składu, wyboru stanowisk ogniowych, przygotowania strzelania i właściwego ugrupowania bojowego.

Wymagana ilość artylerii przeciwlotniczej do skutecznej osłony obiektów świadczy o tym, że dotychczasowy dywizjon w składzie 3 baterii nie zapewnia osłony nawet obiektów punktowych. Wydaje się, że niezbędne minimum powinno stanowić cztery baterie ośmiodziałowe.

Lotnictwo myśliwsko-bombowe jest coraz bardziej doskonalone. Prace konstruktorów idą w kierunku zbudowania samolotu wielocelowego, niezależnego od stałych lotnisk /skrócony start z lotnisk trawiastych i start pionowy/, mogącego działać w dowolnych warunkach meteorologicznych i dowolnej porze doby. Oprócz tego dąży się do zwiększenia prędkości i czasu działania na małych wysokościach. Z tym sposobem działania związane jest doskonalenie urządzeń nawigacyjnych i celowniczych, które zapewniłyby bezbłędne wyjście na obiekt ataku i jego zniszczenie. Wydaje się, że w najbliższych latach samoloty takie /o prędkości naddźwiękowej na małych wysokościach/ wejdą na uzbrojenie. W takich warunkach sprzęt artylerii przeciwlotniczej, będący na uzbrojeniu, nie sprosta zadaniom przed nim stawianym.

Problem zwalczania celów na małych wysokościach, jak wspomniano we wstępie, nurtuje wszystkie armie świata i jest rozwiązywany różnymi drogami. Z jednej strony konstruowaniem różnorodnych pocisków rakietowych, z drugiej strony - doskonaleniem sprzętu małokalibrowej artylerii przeciwlotniczej.

W armiach zachodnich ukazało się szereg typów rakiet do zwalczania celów na małych wysokościach, od zestawów stacjonarnych i samobieżnych do indywidualnych, np. Hawk, Sea Cat, Tiger Cat, Vega, Mauler, Red Eye, Harpy, Bambini, Parami, Delfina itp.

Jakkolwiek osiągnięcia w tej dziedzinie są duże, to jednak nie zadawalające /zbyt mała odległość zwalczania celów na małych wysokościach - zależna od wykrycia tych celów, niemożliwość skutecznego zwalczania celów działających na bardzo małych wysokościach, duże koszty sprzętu itp./. Stąd też druga droga rozwiązywania tego problemu - wykorzystanie klasycznej artylerii przeciwlotniczej małego kalibru jako organicznych i indywidualnych środków OPL, a przede wszystkim jako indywidualnych środków, które spełniałyby podwójną rolę - zwalczanie celów powietrznych i w odpowiednich sytuacjach - włączenie się do walki z celami naziemnymi.

Oczywiście skutecznie zwalczać cele na małych wysokościach może sprzęt artylerii przeciwlotniczej odpowiadający wymogom współczesnego pola walki.

Współczesny sprzęt lufowej artylerii przeciwlotniczej powinien zapewnić skuteczną obronę wojsk przed atakami z małej wysokości w ruchu i w statyce. Jest to podstawowy warunek celowości tego sprzętu.

Wydaje się, że armaty przeciwlotnicze holowane, tworzące zestawy baterynje zależne od jednej stacji radiolokacyjnej i przelicznika nie mogą spełnić podstawowego wymogu - osłony wojsk w ruchu. Zatem właściwym rozwiązaniem byłoby działo samobieżne z własnym radiolokacyjnym celownikiem i przelicznikiem o niedużym ciężarze i dużej prędkości marszu.

Istotnym zagadnieniem jest również to, czy sprzęt artylerii przeciwlotniczej powinien być zróżnicowany pod względem kalibrów. Wydaje się konieczne posiadanie artylerii przeciwlotniczej dwojakiego rodzaju: art. plot zorganizowaną w oddziały /pułki/ wykorzystywane do osłony ważniejszych elementów związków taktycznych /operacyjnych/ w statyce i w ruchu oraz działa przeciwlotnicze będące indywidualnymi środkami obrony przeciwlotniczej wozów bojowych, transporterów i innych środków transportu.

Według badań przeprowadzanych ze sprzętem artylerii przeciwlotniczej różnego kalibru wynika, że najbardziej efektywny jest kaliber 30-40 mm /1-2 trafne rażą cel/. Dlatego też oddziały artylerii przeciwlotniczej powinny

posiadać działa tego kalibru. Przy tym kalibrze i indywidualnych celownikach radiolokacyjnych można osiągnąć ogień skuteczny w granicach H = 3000 m i D_p 4000-5000 m. Jest to, ze względu na możliwość wykrycia celów na małych wysokościach, maksymalna odległość prowadzenia strzelania. Sprzęt indywidualny montowany na wozach bojowych, transporterach musi być lekki i nie zajmujący dużo miejsca. Ciężar działka i jego gabaryty będą rzutowały na kaliber i wyposażenie. Ponieważ sprzęt ten będzie służył do odpierania bezpośrednich ataków samolotów z broni pokładowej /działka i pociski niekierowane, bomby napalmowe itp./,dlatego i odległość skutecznego ognia może być nieco mniejsza. Biorąc pod uwagę, że działko powinno być lekkie i o małych wymiarach, najbardziej odpowiednim w tych warunkach będzie kaliber 20-25 mm. Za tym kalibrem przemawia przede wszystkim niezbędna ilość trafień dla rażenia celu /dla tego kalibru 2-5 trafień/, podczas gdy dla pkm 14,5 mm wynosi ona 8 i więcej trafień we wrażliwe elementy samolotu/. Przy tym kalibrze można uzyskać ciężar działka w granicach 100-150 kg wraz z celownikiem /szwajcarskie działko 20 mm waży 90 kg, a działka lotnicze tego kalibru ważą 30-60 kg/. Wyposażenie takiego działka w celownik radiolokacyjny /taki jak dział samobieżnych/ jest praktycznie niemożliwe ze względu na gabaryty tych urządzeń, lecz można i koniecznie jest działka wyposażyć w urządzenie radiolokacyjne[x/] do pomiaru odległości, które w połączeniu z celownikiem optycznym da dokładne współrzędne celu. Celownik powinien rozwiązywać zadanie spotkania w oparciu o prędkości zmiany współrzędnych /stosowanie celowników wektorowych jest niecelowe ze względu na duże błędy/.

---

x/ Może to być również odległościomierz laserowy, np. taki odległościomierz zbudowano w USA - o ciężarze z zasilaczem około 13,5 kg.

Obydwa kalibry powinny charakteryzować się w przybliżeniu następującymi parametrami:

Elementy zestawu	Podstawowe parametry	Kaliber sprzętu 30-40 mm	Kaliber sprzętu 20-25 mm
1	2	3	4
Działo	Ilość luf	2-4	1
	Prędkość początkowa	1100-1200 m/sek	1100-1200 m/sek
	Rodzaj pocisku	Odłamkowo-burząco-zapalający z zapalnikiem uderzeniowym i samolikwidatorem o ciężarze około 0,[illegible] kg.	Jak przy kalibrze 30-40 mm o ciężarze około 0,2-0,25 kg
	Szybkostrzelność praktyczna	1000 strzałów/minutę na jedną lufę	1000 strzałów/minutę.
	Prędkość kątowa celowania:		
	- w azymucie	120°/sek	120°/sek
	- w kącie położenia	60°/sek	60°/sek
	Sposób celowania	automatyczny	półautomatyczny
	Odległość skutecznego ognia	4000-5000 m	2000-3000 m
	Kąt podniesienia	-10°+90°	-10°+90°
	Kąt ostrzału Prowadzenie ognia	360° elektrospust	360° elektrospust
Radiolokacyjny celownik /radiolokator, celownik optyczny, przelicznik/	Zasięg maksymalny	15-20 km	10-15 km
	Dokładność określania współrzędnych:		
	- azymut	σ_β = 0-01	jak dla kalibru /30-40/
	- kąt położenia	σ_ρ = 0-01	
	- odległość	σ_D = 10 m	
	Czas przygotowania bezpośredniego	poniżej 10 sek	poniżej 10 sek
	Możliwość rozwiązania zadania spotkania przy prędkości celu	600-700 m/sek	600-700 m/sek
	Uwzględnienie warunków balistycznych i meteorologicznych oraz prędkości ruchu	automatyczne na podstawie zestawionych poprawek i prędkości działa.	Warunków meteorologicznych i balistycznych nie uwzględniać; prędkość ruchu automatycznie
Podwozie	Rodzaj podwozia	Gąsienicowe /z gumowymi wkładkami/ lub wielokołowe.	Zależnie od wozu, na jakim zamontowano działko.
	Ciężar ogólny armaty	około 10 ton	do 150 kg
	Prędkość marszu:		
	- po drogach bitych	do 80 km/godz.	Zależnie od wozu, na jakim zamontowano działko
	- w terenie	20-30 km/godz.	

Oprócz wyżej rozpatrzonych podstawowych parametrów, które powinny charakteryzować armaty przeciwlotnicze, należy wziąć pod uwagę i skład obsług. Skład obsługi działa samobieżnego nie powinien przekraczać 5 ludzi, tzn.: dowódca, celowniczy-operator, 2 ładowniczych, kierowca mechanik, a armatkę 20-25 mm powinien obsługiwać 1 człowiek. Oprócz tego działa powinny posiadać stabilizatory.

Istota strzelań z dział przeciwlotniczych powinna polegać nie na ogniu towarzyszącym na całym odcinku kursu, gdzie skuteczność ognia narasta w miarę zbliżania się celu do strzelającego działa, a na strzelaniu na bardzo krótkim odcinku kursu na granicy strefy ostrzału, lecz z takim natężeniem ognia i skutecznością, która zapewni wymaganą ilość trafień. Można to uzyskać jedynie przy dużej szybkostrzelności dział i bardzo dokładnych urządzeniach celowniczych. Strzelanie ogniem towarzyszącym o tyle jest niekorzystne, że po pierwszych nieskutecznych seriach, cel może wykonać dowolny manewr /często manewr będzie związany ze sposobem ataku/ i oddziaływanie artylerii przeciwlotniczej na niego co do skuteczności obniży się mimo, że będzie on w granicach strefy skutecznego ognia /w warunkach lotu poziomego/.

Opracowanie dział przeciwlotniczych, które odpowiadałyby wyżej sprecyzowanym wymogom przy współczesnych osiągnięciach elektroniki, cybernetyki, automatyki i balistyki nie wydaje się trudne i zajmujące zbyt długi okres czasu.

Zwalczanie celów na małych wysokościach jest problemem trudnym do rozwiązania i tak długo nie będzie on rozwiązany na polu walki, jak długo nie będzie do tego zaangażowana odpowiednia ilość środków /o dużej skuteczności/, mogących zwalczać tego rodzaju cele.

Do tych środków należy zaliczyć:

- przeciwlotnicze pociski kierowane /samobieżne/;
- artylerię przeciwlotniczą /sprzęt o parametrach wyżej wymienionych/;
- broń maszynową wojsk /wyposażoną w odpowiednie celowniki/.

Przeciwlotnicze pociski kierowane zastąpią całkowicie artylerię przeciwlotniczą średniego kalibru /środek o wiele

skuteczniejszy od tego sprzętu/ oraz będą uzupełniały się wzajemnie z artylerią przeciwlotniczą małego kalibru /rakiety przeciwlotnicze bardzo nieznacznie skutecznością przewyższają artylerię przeciwlotniczą małego kalibru przy zwalczaniu celów na bardzo małych wysokościach/.

W perspektywie kilkunastu lat wydaje się, że przeciwlotnicze pociski kierowane będą w stanie wyeliminować z uzbrojenia wojsk oddziały artylerii przeciwlotniczej małego kalibru, natomiast działka będące środkiem indywidualnej obrony przeciwlotniczej wozów bojowych różnego rodzaju nie utracą swego znaczenia.

Praca nie rozwiązuje wszystkich problemów związanych ze zwalczaniem samolotów działających na małych wysokościach, gdyż jest to problem zbyt obszerny i wymaga jeszcze szeregu badań praktycznych i teoretycznych dotyczących różnego rodzaju broni przeciwlotniczej, jak również szeregu rozwiązań taktycznego użycia tych broni. Autor miał na celu przede wszystkim ustalenie możliwości sprzętu będącego na uzbrojeniu odpowiednio do stanu współczesnego lotnictwa myśliwsko-bombowego i jego sposobów działania oraz sprecyzowanie ogólnych zasad organizacji i prowadzenia strzelań do celów działających na małych wysokościach. Wnioski przedstawione w zakończeniu stanowią rezultat badań przeprowadzonych przez autora nad możliwościami i skutecznością sprzętu przeciwlotniczego w świetle dotychczasowych osiągnięć w tej dziedzinie, zawartych w dostępnych źródłach.

BIBLIOGRAFIA

1. Instrukcja strzelania baterii 57 mm samoczynnych armat plot - MON-1953 r.
2. Instrukcja strzelania baterii 57 mm samoczynnych armat plot ZSU-57-2 - MON-1960 r.
3. Instrukcje strzelania artylerii przeciwlotniczej średniego kalibru- MON-1957 r.
4. Instrukcja artylerii przeciwlotniczej. Kierowanie ogniem artylerii przeciwlotniczej osłony wojsk.MON-1958 r.
5. Instrukcja artylerii przeciwlotniczej. Radiolokacyjna stacja artyleryjska SON-9. MON-1958 r.
6. Stacja radiolokacyjna P-15. MON-1962 r.
7. Regulamin polowy artylerii przeciwlotniczej wojsk lądowych. MON-1962 r.
8. Instrukcja o użyciu samolotów myśliwskich i myśliwsko-bombowych. Sztab Generalny - Zarząd II - 1956 r.
9. Regulamin walki sił powietrznych Wielkiej Brytanii. Sztab Generalny-Zarząd II- 1962 r.
10. Krótki informator o uzbrojeniu i sprzęcie bojowym Stanów Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii i Francji. Sztab Generalny- Zarząd II. 1958 r.
11. Instrukcja OPL Wojsk-Normy czasu na wykonanie zadań przez żołnierzy i pododdziały OPL Wojsk. MON-1961 r.
12. S. Makowski, J. Zabłotni - Zasady strzelania artylerii przeciwlotniczej małego kalibru. MON-1961 r.
13. S. Makowski, J. Zabłotni, W.Bojko, Z. Folcik - Teoria strzelania artylerii przeciwlotniczej. MON-1962 r.
14. Zasady strzelania artylerii przeciwlotniczej średniego kalibru. MON-1963 r.
15. Stacje radiolokacyjne artylerii przeciwlotniczej. MON-1963 r.
16. Tabele strzelnicze do 57 mm samoczynnej armaty przeciwlotniczej S-60. MON-1959 r.
17. Tablicy strielby 85 mm zenitnoj puszki obr. 1939 g po wozdusznym celam. Woj. Izd. MO SSSR-Moskwa-1958 g.
18. D.S. Bołdakow, W.Z. Kozaczyńskij, N.J.Poczikajew, W.D. Sołodnikow - Strielba zenitnoj artilerii po wozdusznym celam- Leningrad-1959 r.

19. N.U.Poczikajew, W.A.Timochin - Tieoria wierojatnostiej. Leningrad-1959 r.
20. H.P.Ławrow- Woprosy teorii PUAZO-Gosudarstwiennoje Nauczno-Tiechniczeskoje Izd.Oborongiz-Moskwa-1960 r.
21. A. Czestachowskij - Artileryjskije radiołokatory.Leningrad 1956 r.
22. Bombardowanie i fotografowanie z samolotów myśliwskich i myśliwsko-szturmowych. MON-1962 r.
23. Płk W.A.Kusmakow, płk J.J. Kostrilin, mjr P.J.Spiridowno- Osnowy taktyki istriebitielno-bombardirowocznoj awiacji. Monino-1961 r.
24. ppłk dr A. Przeniczny - Zasady ugrupowania bojowego artylerii przeciwlotniczej lufowej w osłonie mostów /rozprawa doktorska/. ASG-Rembertów 1963 r.
25. ppłk dr S. Makowski - Kierowanie ogniem naziemnych środków wojsk obrony przeciwlotniczej w warunkach współczesnej walki i operacji /rozprawa doktorska/. ASG-Rembertów-1962 r.
26. Diejstwije jadiernowo arużija /tłumacz. z angielskiego/. Wojen.Izd. MO SSSR-1960 r.
27. Dr Theo Weber- Der Einfluss von Kornwaffen auf die Luftkriegführung. Wyd. Flugwehr und Technik /Huber and co A.G. Frauenfeld-1960 r.
28. Podręcznik aerodynamiki praktycznej Cz.II. ASG-1957 r.
29. B.T. Goroszczenko - Dinamika poleta samolota-Oborongiz-1954 r.
30. Naziemne stacje radiolokacyjne wojsk OPL i OPK w Polsce. WAT,Warszawa-Bemowo, 1963 r.
31. Wojskowy przegląd zagraniczny- roczniki 1960-1963 r.
32. Zbiór prac Akademii 2/15/- ASG,Rembertów,1961 r.
33. Myśl Wojskowa nr 3. MON-1962 r.
34. Biuletyn informacyjny nr 2/58/- MON-1963 r.
nr 2/52/-MON -1962 r.
nr 3/43/-MON -1960 r.
35. Wojennyj zarubieżnik nr 12. Woj.Izd.MO SSSR-1961 r.

36. płk G.Wasilka, płk W.Odincow - Bombomietanije z małych wysot - Wiestnik wozdusznowo Fłota-nr 11/1961 r.

37. płk A.B. Wasilew - Diejstwija awiacji na małych wysotach. Wiestnik Protiwozdusznoj Oborony- nr 2/1961 r.

Z A Ł A C Z N I K I

[redacted]

Egz.nr...

Załącznik 1.

Taktyczno-techniczne dane samolotów myśliwsko-bombowych państw NATO

Typ samolotu	Załoga	Vc max w km/godz.	Zasięg w km	Pułap w km	Uzbrojenie			Uwagi o wyposażeniu
					Broń strzelecka	Pociski rakietowe	Udźwig w kg	
F-84F x/ Thunderstreak	1	110	4400	15000	6x12,7 mm	24 NKPRx127 mm	18000	brak danych
F-86F x/ Sabre	1	1090	2400	14300	6x12,7 mm	16 NKPRx127 mm	900	brak danych
F-100 D i F Super Sabre	1	1480	2300	16500	4x20 mm	42x70 mm lub 4 Sidewinder, Bullpup	3380	Mogą być wyposażone w system LABS i M-1
F-101 A i B Voodoo	1	1900	4500	18000	4x20 mm	12 NKPRx50 mm lub 3xFaleon	brak danych	Przystosowany do działań w trudnych warunkach meteorologicznych. System LABS do bombardowania z małych wysokości.
F-104 G Starfighter	1	2250	2700	24000	1 Vulcan 20 mm	2 Sidewinder	-"-	Przystosowany do działań w trudnych warunkach meteorologicznych. Posiada elektronowe urządzenie celownicze pozwalające wykonywać półautomatycznie /automatycznie/ zadania z małej wysokości.
F-105 G Thundershief xx/	1	2200	3200	16000	1 Vulcan 20 mm	4 Sidewinder lub 167x70 mm lub Bullpup	5000	Przystosowany do działań w dowolnych warunkach meteorologicznych i na małej wysokości. Automatyczne pilotowanie i kierowanie ogniem /automat nawigacyjny AN/APN-131, pilot automat FC-5, urządzenie celownicze AN/ASG-19, radiolokator R-14-ANASSAR/. Wyposażenie samolotu pozwala na naprowadzenie samolotu i wykonanie bombardowania automatycznie. xx/
Mirage III E	1	2700	1200	24000	2x30 mm	AS-30	brak danych	Samolot przystosowany do działań w dowolnych warunkach meteorologicznych. Posiada radiolokacyjne urządzenie kierowania ogniem "Cyrano" lub "Ferranti Airpass Mk-2", radiolokator Marconi Doppler". Urządzenia pozwalają na automatyczne wykonanie zadań z małych wysokości.
G-91	1	1100	500	-	4x12,7 mm lub 2x30 mm	pociski rakietowe	19500	brak danych

x/ Typy obecnie wycofywane z uzbrojenia.
xx/ Niektóre materiały podają, że samolot F-105 wyposażony jest w system LABS i M-1.

Ogólny opis systemu LABS i M-1

Większość samolotów myśliwsko-bombowych /amerykańskich/ będących na uzbrojeniu państw NATO jest wyposażonych w systemy bombardowania z małych wysokości - w systemy LABS i M-1.

W system LABS o ciężarze około 27 kg wchodzą następujące urządzenia: tablica sterowania, urządzenia zadające przeciążenie, urządzenie wskazujące rzeczywiste przeciążenie, żyroskop prędkościowy, wskaźnik kursu, selektor kąta wznoszenia, węzeł żyroskopowy, blok wzmacniaczy i kombinowany wskaźnik.

Wskaźnik kombinowany pokazuje rzeczywiste położenie samolotu w przestrzeni, kąt przechyłu, wznoszenia i skrętu, zadane i rzeczywiste przeciążenie oraz podaje sygnały na wykonanie manewru. Kombinowany wskaźnik posiada ruchomą kulę, górna część pomalowana na niebiesko, dolna z liniami perspektywicznymi na ciemny. Wewnątrz kuli wmontowane są dwa urządzenia śledzące, które stabilizują położenie kuli w płaszczyźnie pionowej i poziomej według danych otrzymanych z płaszczyzn stabilizowanych przez węzeł żyroskopowy. Oprócz tego strzałki przyrządu wskazują położenie samolotu względem płaszczyzny kursu wyznaczonej przez majak typu IZS lub radiokompas VORTAC /TACAN/, oprócz tego znajduje się wskaźnik skrętu i przechyłu.

Bombardowanie przy pomocy tego urządzenia odbywa się następująco. Według tabel lotnik ustala odstęp czasu potrzebny do osiągnięcia odpowiedniego kąta wznoszenia po rozpoczęciu manewru. Znając czas ustala się moment rozpoczęcia półpętli. Na selektorze kąta wznoszenia lotnik nastawia kąt wznoszenia i wybiera sposób zrzutu bomb. Na odstępomierzu nastawia się wymagany odstęp czasu. Po wyprowadzeniu samolotu na cel nad punkt orientacyjny lotnik naciska przycisk na drążku włączając system. Po upłynięciu wymaganego odstępu czasu odstępomierz podaje sygnał rozpoczęcia manewru /sygnał dźwiękowy i palenie się lampki/. Sciągając na siebie drążek, lotnik utrzymuje taki kąt wznoszenia, aby wskaźnik rzeczywistego przeciążenia znalazł się naprzeciwko wskaźnika komend i samolot nie zbaczał z kursu i nie leciał z przechyłem. Po osiągnięciu zadanego kąta wznoszenia bomba zostaje zrzucona automatycznie /lampka sygnałowa gaśnie/. Lotnik kończy półpętlę, wykonuje obrót wokół osi podłużnej i odlatuje na maksymalnej prędkości.

System M-1 waży około 14 kg i składa się z następujących bloków: pulpit sterowania, pion żyroskopowy, wskaźnik ciśnienia barometrycznego, urządzenie liczące.

Przy wykorzystaniu tego systemu atak rozpoczyna się lotem szybowym lub nurkowym /$\alpha = 7 \div 75^{\circ}$/ z dokładnym wycelowaniem na cel. Po naciśnięciu przycisku "początek manewru" lotnik rozpoczyna wznoszenie pod dowolnym kątem. Urządzenie liczące oblicza moment zrzutu bomby i podaje sygnał zrzutu.

Położenie celu względem samolotu określane jest na podstawie przewyższenia samolotu nad celem i kąta szybkowania /nurkowania/ zmierzonym na początku manewru w momencie zgrania krzyża celownika z celem. Kąt szybowania /nurkowania/ może być określony bezpośrednio z pionu żyroskopowego, a wysokość samolotu względem celu wyznaczona jest w oparciu o ciśnienie barometryczne na wysokości samolotu i celu /to ostatnie lotnik wprowadza do urządzenia przed wykonywaniem manewru/.

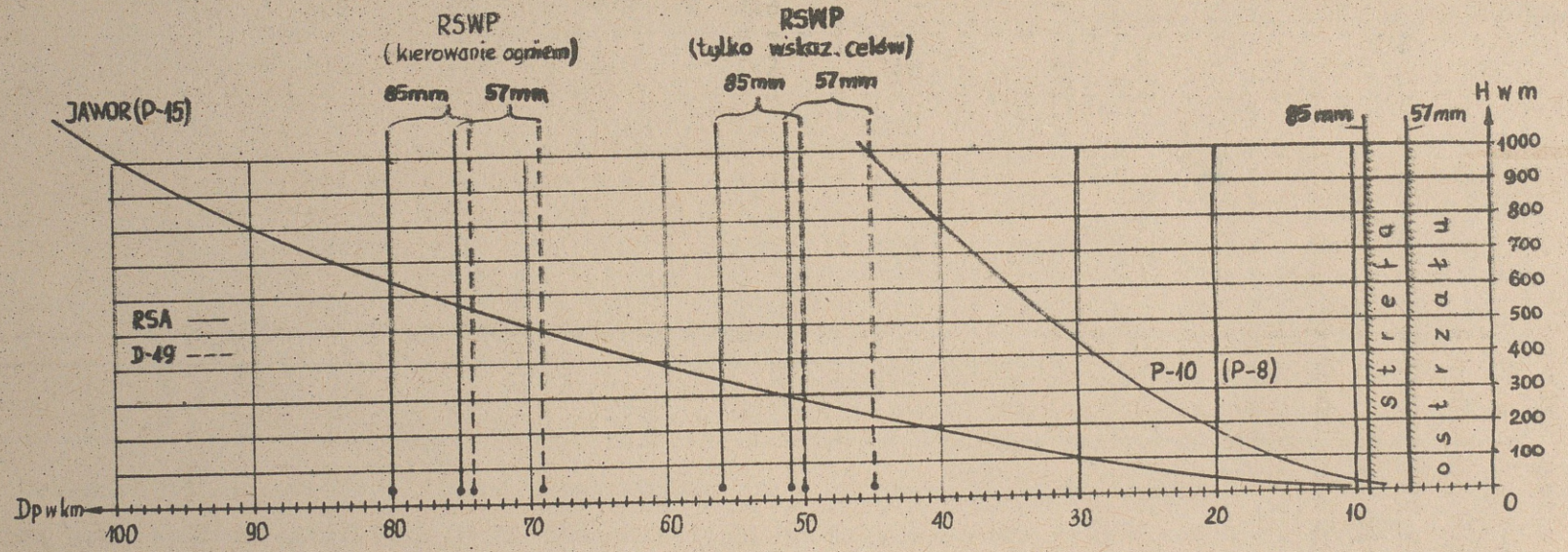
Wykorzystanie ciśnienia barometrycznego upraszcza oprzyrządowanie samolotu /zbędny jest dalmierz radiolokacyjny lub wysokościomierz radiolokacyjny/. Jednakże, gdy ciśnienie powietrza w rejonie celu nie jest znane, to zwiększają się błędy zrzutu bomby, dlatego też samoloty takie jak F-105-D, Mirage III E, posiadają radiolokatory.

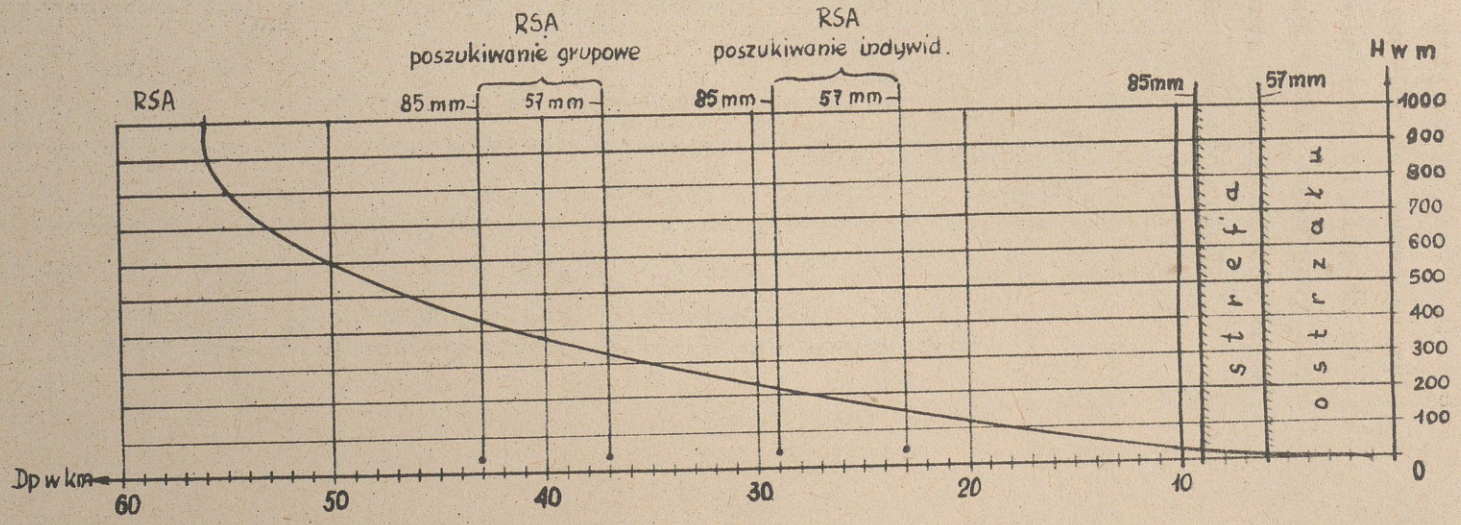
Balistyczne parametry bomby, prędkości i kierunek wiatru, ciężar samolotu w locie i ciśnienie w rejonie celu lotnik ustawia na pulpicie sterowania systemu M-1 przed rozpoczęciem manewru. Oprócz tego do urządzenia liczącego są wprowadzane sygnały urządzenia określającego przeciążenie w płaszczyźnie pionowej, które zapewniają poprawki kąta ataku. Dzięki temu w urządzeniu liczącym wyznaczony jest skorygowany kąt zrzutu bomb, z którym w sposób ciągły porównywany jest kąt wznoszenia samolotu. Gdy wartości obydwóch sygnałów zrównają się, urządzenie podaje sygnał zrzutu bomby, który może być realizowany automatycznie lub przez pilota.

x x x

Załącznik 2

Porównanie wymaganych i rzeczywistych odległości wykrycia celu powietrznego /przy V_c = 300 m/sek/ przez RSWP i RSA dla różnych sposobów wykorzystania danych





Załącznik 3

Strefy ograniczenia strzelania z armat przeciwlotniczych wynikające z maksymalnych prędkości celowania

a/ Maksymalne wartości stref ograniczenia przy V_c = 300 m/sek.

Sprzęt	$R_{\omega\beta}$ w m	$D_{P\omega p_{i\,max}}$ w m.
57 mm armata plot S-60	358	573
57 mm armata plot S-68	249	430
85 mm armata plot wz.1939r.	1290 x/	4310 x/

x/ Strefę ograniczenia dla 85 mm armaty wz.1939 r. obliczono dla $\omega_{\beta dz}$ = 5°/sek i ω_{pdz} = 8°/sek.

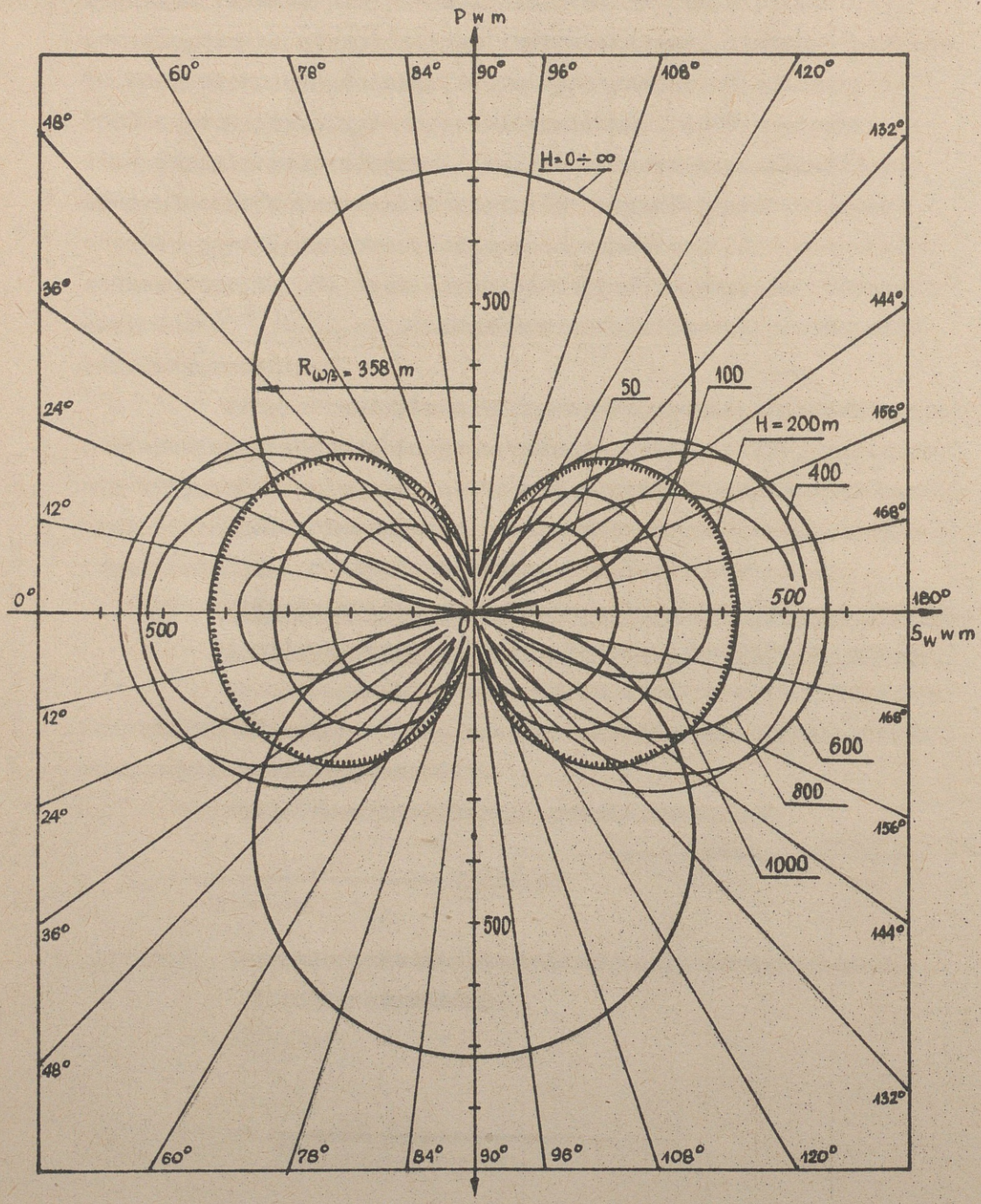
b/ Wartości D_p wyznaczające strefę ograniczenia dla [illegible] przy V_c = 300 m/sek.

Sprzęt	H \ q	0°	12°	24°	86°	48°	60°	72°	84°	Q gr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
57 mm armata plot S-60	50	234	232	223	209	119	162	123	59	87°
	100	324	320	308	288	258	218	160	160	84°
	200	425	429	412	382	337	273	176	-	80°
	400	545	537	509	459	389	263	-	-	69°
	600	572	559	518	443	316	-	-	-	58°
	800	526	507	445	319	-	-	-	-	45°
	1000	383	348	219	-	-	-	-	-	29°

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
57 mm armata plot S-68	50	201	199	192	180	162	138	104	45	86°
	100	276	272	262	244	218	182	129	-	83°
	200	363	358	324	315	274	215	115	-	76°
	400	429	420	393	344	265	110	-	-	62°
	600	395	380	394	240	-	-	-	-	45°
	800	219	181	-	-	-	-	-	-	21°
85 mm armata plot wz. 1939 r. x/	50	665	640	626	589	534	468	361	207	89°
	100	932	913	882	829	753	649	506	284	89°
	200	1285	1283	1240	1160	1065	907	702	376	88°
	400	1813	1702	1730	1622	1465	1247	951	450	87°
	600	2194	2167	2090	1956	1761	1492	1113	428	86°
	800	2502	2471	2380	2222	1993	1676	1221	290	84°
	1000	2760	2726	2623	2444	2183	1819	1296	-	83°

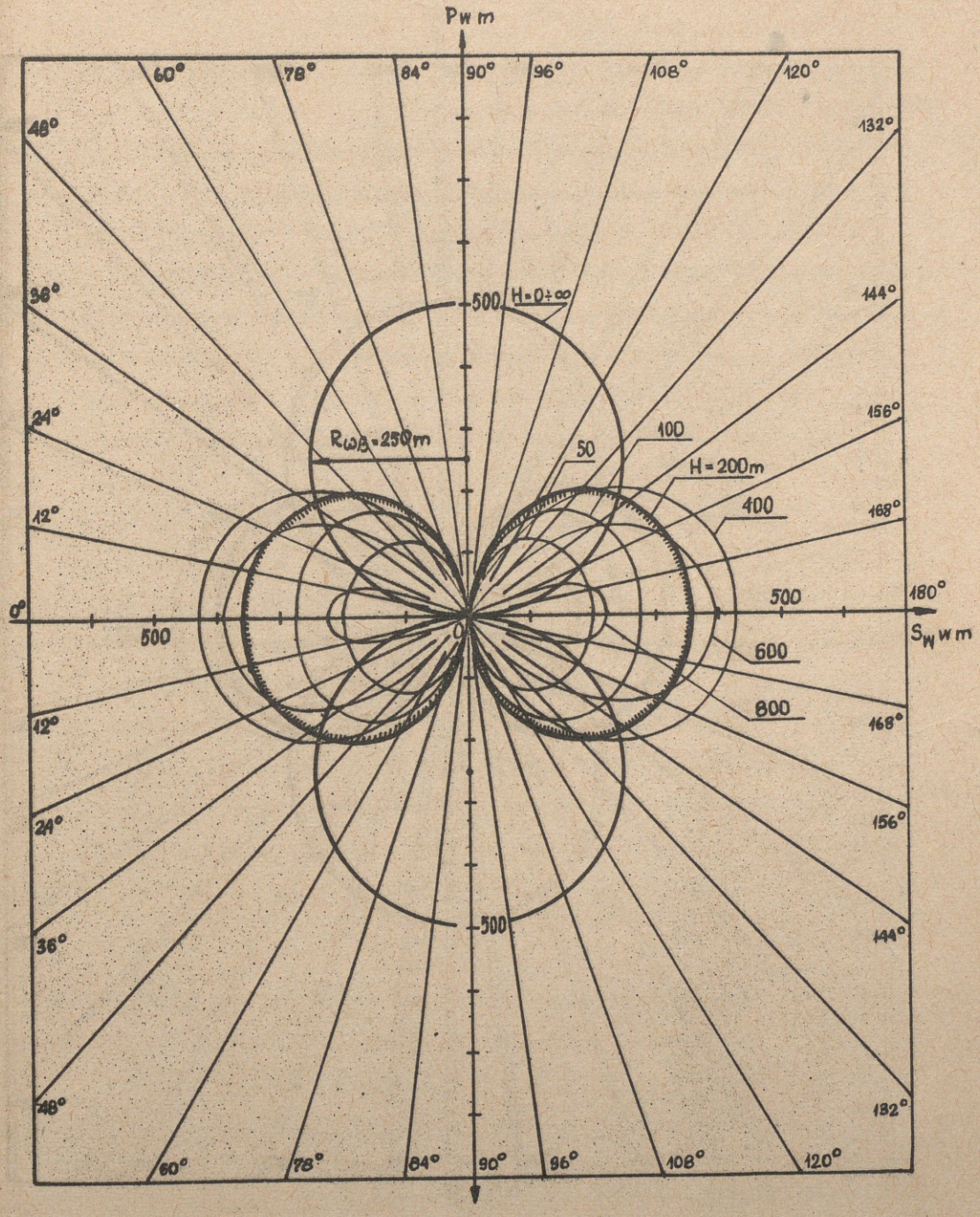
x/ [illegible]

Wykres strefy ograniczenia w celowaniu 57 mm armaty przeciwlotniczej S-60



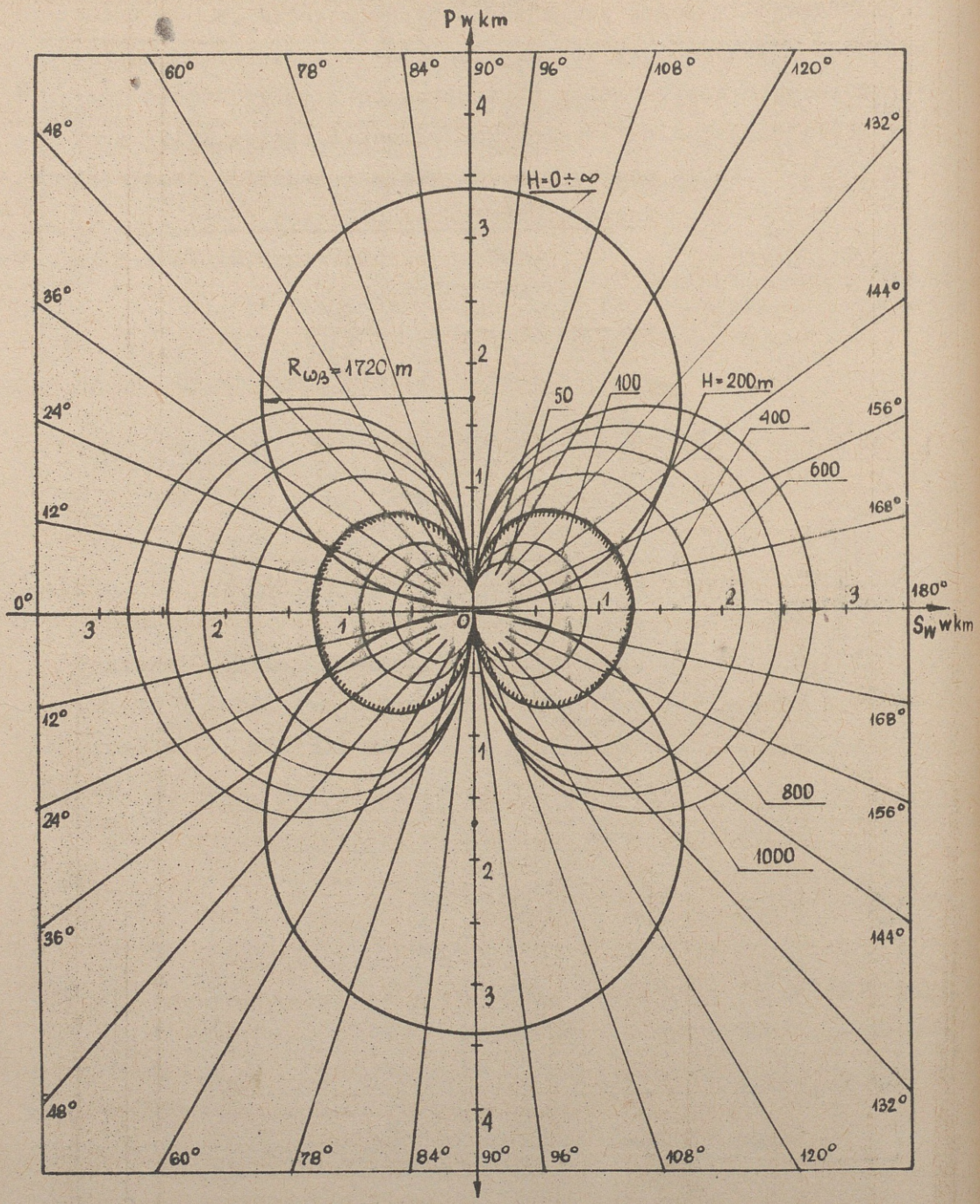
Wykrea zostawiono dla: V_c = 300 m/sek, $\omega\beta$ = 24°/sek, ωp = 15°/sek.

Wykres strefy ograniczenia w celowaniu 57 mm armaty przeciwlotniczej S-68



Wykres zestawiono dla: V_c = 300 m/sek, ω_β = 36°/sek, ω_p = 20°/sek.

Wykres strefy ograniczenia w celowaniu 85 mm armaty przeciwlotniczej wz.1939 r.



Strefę wykreślono dla: v_c = 300 m/sek, ω_β = 5°/sek, ω_p = 2°/sek.

Załącznik 4

Wartości $(\partial t / \partial Dp)_{Dp=Dpw}$ przy $V_w = \infty$ i przy V_t = 3,2 sek/sek

q^o	V_w = 300 m/sek $(\partial t/\partial Dp)$	V_t	q^o	V_w = 300 m/sek $(\partial t/\partial Dp)$	V_t
180	0,00333	0,00286	132	0,00408	0,00376
178	0,00341	0,00258	120	0,00667	0,00505
156	0,00365	0,00275	108	0,01075	0,00813
144	0,00412	0,00312	96	0,03125	0,02831
			90	∞	∞

Zależność między $(\partial t / \partial Dp)_{Dp=Dpw}$ a D_p dla armat 57 i 85 mm według tabel strzelniczych

D_p w m	$(\partial t/\partial Dp)$ 57 mm	85 mm
1000	0,00111	0,00085
2000	0,00167	0,00142
3000	0,00220	0,00177
4000	0,00274	0,00212
5000	0,00328	0,00248
6000	0,00380	0,00283
7000	-	0,00318
8000	-	0,00354
9000	-	0,00389

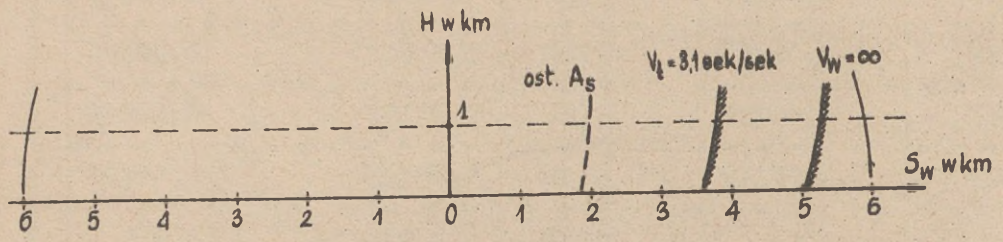
x/ Ze względu na bardzo małe różnice $(\partial t/\partial Dp)$ w zależności od wysokości, tabela przedstawia wartości średnie dla wysokości od 0÷1000 m.

Według tej tabeli sporządzono wykres /rys.28 rozdz.II./

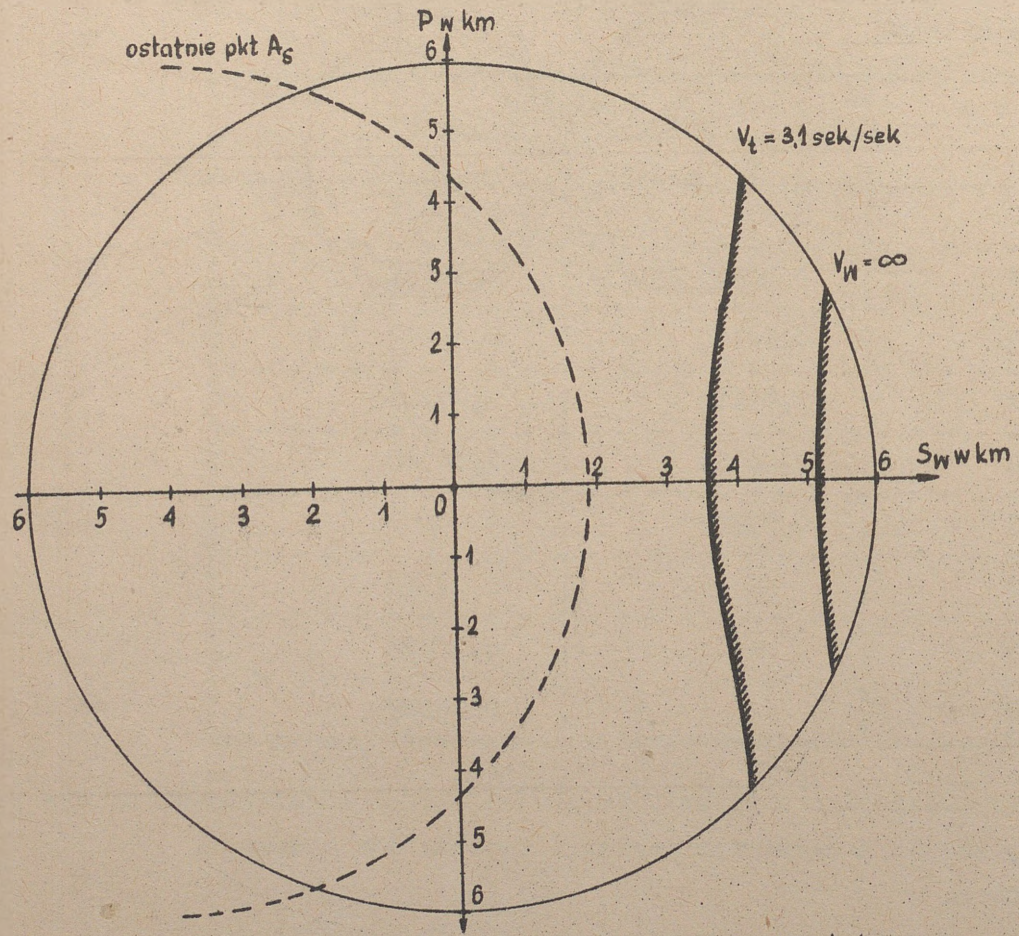
Załącznik 5

Strefy ograniczenia strzelania artylerii przeciwlotniczej wynikające z $V_w = \infty$ i $V_t = 3,1$ sek/sek.

a/ dla armat 57 mm S-60 i S-68

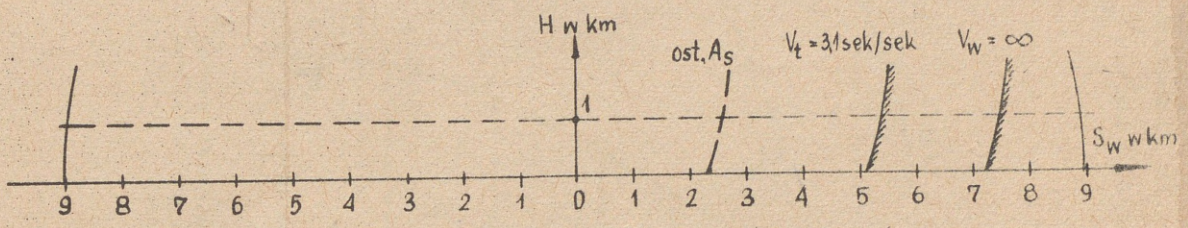


a) rzut pionowy dla P = 0 i Vc = 300 m/sek

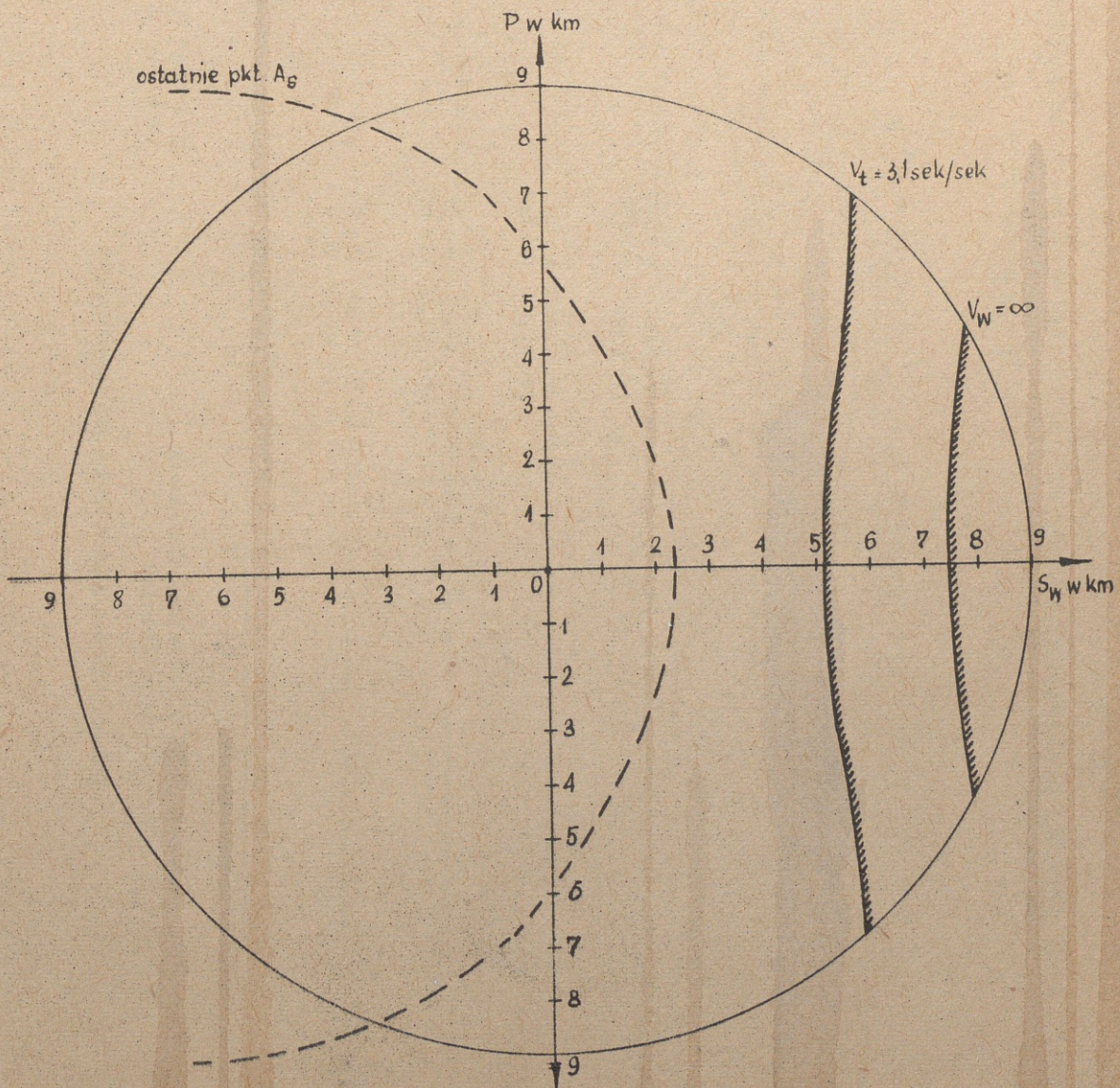


b) rzut poziomy dla H = 200m i Vc = 300m/sek

b/ dla armat 85 mm wz.1939 r.



a) rzut pionowy dla P=0 i Vc = 300 m/sek

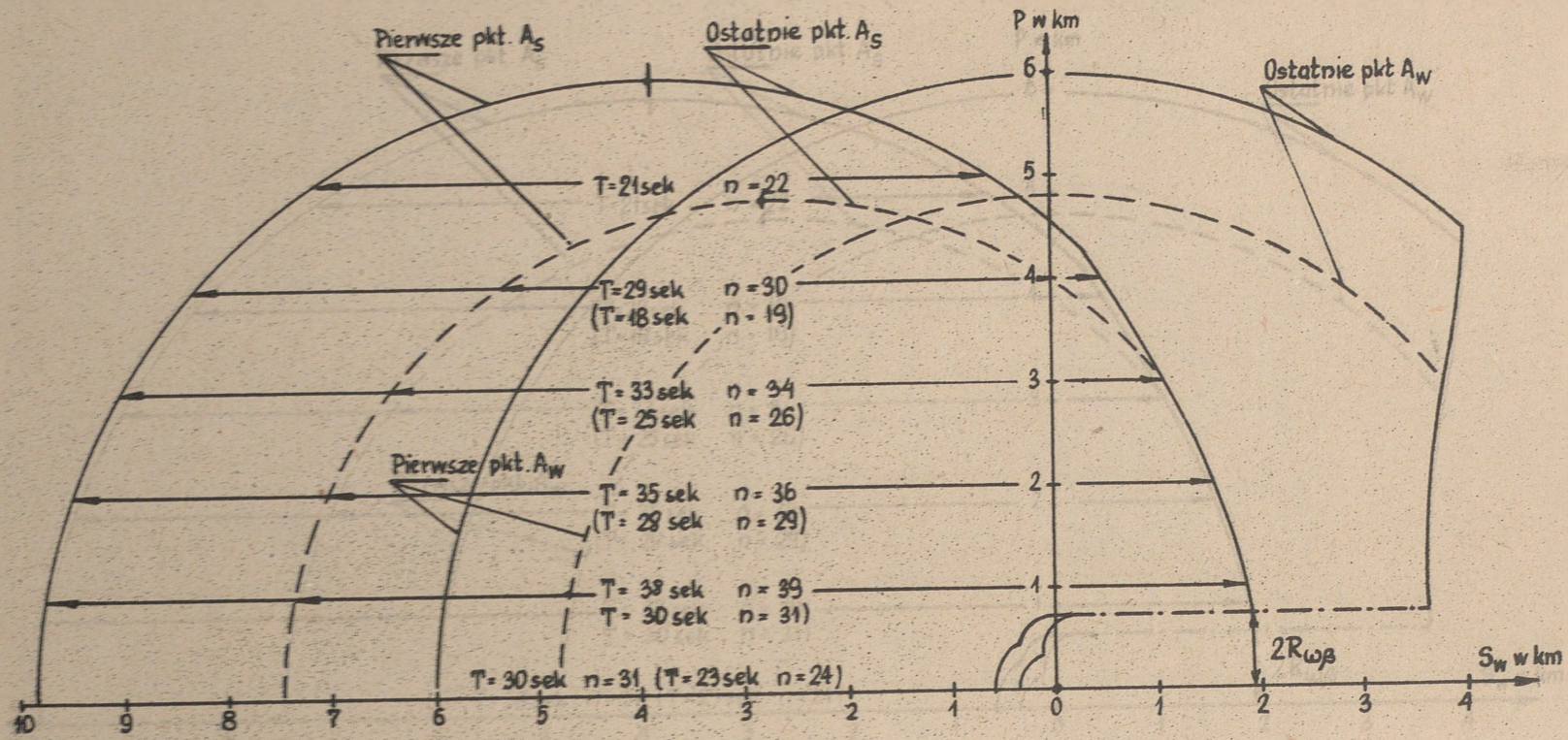


b) rzut poziomy dla H = 200 m i Vc = 300 m/sek

Załącznik 6

Rzut poziomy praktycznej strefy ostrzału przy wymaganej odległości wykrycia celu /V_c = 300 m/sek/

a/ dla 57 mm armat plot S-60

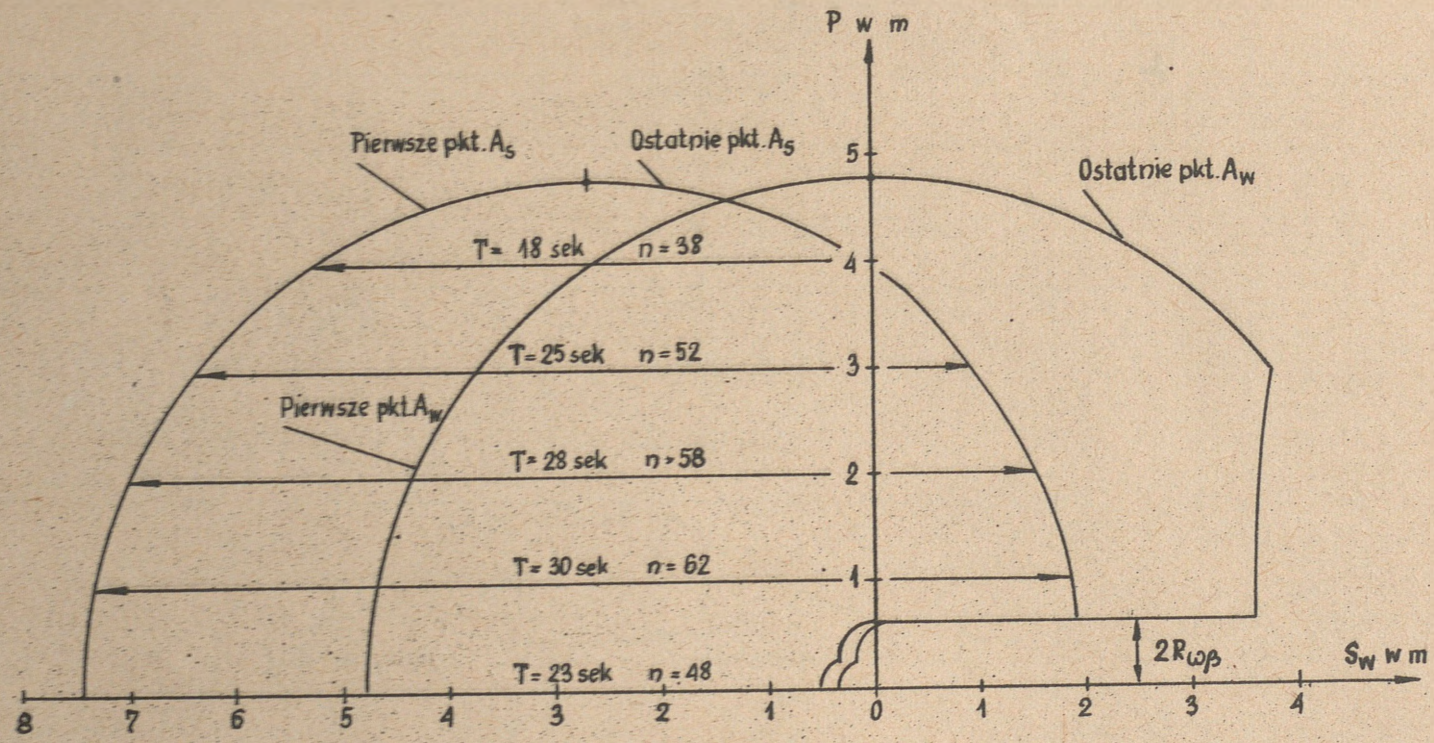


T- czas trwania strzelania
n- ilość strzałów

Strzelanie z przelicznikiem ——
Strzelanie z celownikiem – – –

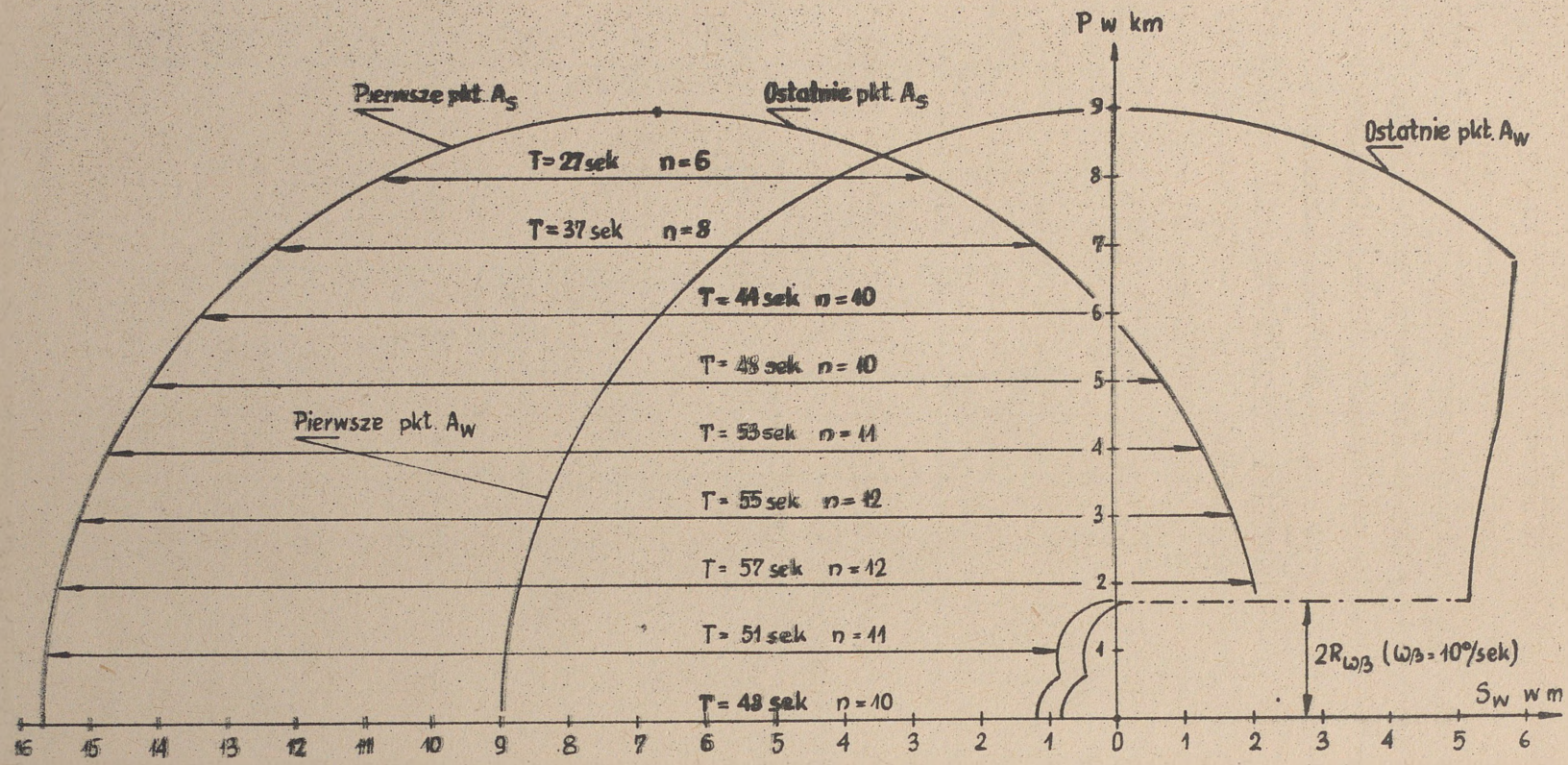
Uwaga: druga połowa rzutu jest symetryczna

b/ dla 57 mm armat plot. S-68



Uwaga: druga połowa rzutu jest symetryczna.

c/ dla armat plot 85 mm wz. 1939 r.



Uwaga: druga połowa rzutu jest symetryczna.

Załącznik 7.

Opis metody obliczania wskaźników skuteczności strzelania

W obliczeniach posłużono się metodami opracowanymi w Związku Radzieckim, przedstawionymi w podręczniku "Strelba zenitowoj artilerii po wozdusznym celam" wydanym przez Wojskową Artyleryjską Akademię Dowódczą w Leningradzie /1959 r./ Kolejność obliczeń i wzory robocze podano niżej.

1. Błędy rozrzutu technicznego dział

a/ dla 57 mm armat plot.:

$$\delta r_N = \frac{r_N}{3\sqrt{2}} \; ; \quad \delta r_z = \frac{r_z}{3\sqrt{2}}$$

b/ dla 85 mm armat plot.:

$$\delta D_p = \frac{r_{Dp}}{3\sqrt{2}} \; ; \quad \delta_H = \frac{r_H}{3\sqrt{2}} \; ; \quad \delta_Z = \frac{r_z}{3\sqrt{2}} \; ; \quad S_{x,y} = \frac{r_{Dp}^2 + r_H^2 \cdot tg^2 p_W - r_D^2 \sec^2 p_W}{2 r_{Dp} \cdot r_H \cdot tg\, p_W}$$

$$a_1 = \delta D_p \sqrt{1 - S_{x,y}^2} \; ; \quad b_1 = \sqrt{\delta D_p^2 S_{x,y}^2 + \delta_H^2} \; ; \quad \gamma = arc\,tg \frac{\delta_H}{S_{x,y} \delta D_p} \; ;$$

Wartości uchyleń środkowych rozrzutu r_N, r_Z, r_{Dp}, r_H, r_D wzięto z tabel strzelniczych 57 mm armat plot. S-60 i 85 mm armat plot. wz.1939 r.

2. Błędy spowodowane nieuwzględnieniem przesunięcia dział względem środka stanowiska ogniowego baterii

$$\delta_{\beta(o)} = \delta_{Dp(o)} = \frac{R}{\sqrt{2}}$$

Przyjęto średnią odległość dział od środka stanowiska ogniowego R = 35 m dla 57 mm armat plot. S-60 i 45 m dla armat plot. 85 mm wz.1939 r.

3. Błąd czasu ładowania /tylko dla 85 mm armat plot./

$$\delta\tau_t = 0{,}09 \text{ sek}$$

4. Błąd hipotezy ruchu celu

a/ przy strzelaniu z przelicznikiem

$$\delta'_v = 0{,}0255 \left/1 + \frac{t_o}{t}\right/ t^2 \; ; \quad \delta'_q = /0{,}0089 + 0{,}001\tilde{\nu}\,/ r_c \cdot t;$$

$$\delta'_\lambda = 12 \text{ m}$$

gdzie: t_o - czas obserwacji, który przyjęto ze względu na wahania kursu w płaszczyźnie pionowej równy 6 sek.

b/ przy strzelaniu z celownikiem

$$\delta'_v = \sigma'_v \cdot t; \quad \delta'_q = \sigma'_q \cdot V_c \cdot t; \quad \delta'_\lambda = \sigma'_\lambda \cdot V_c \cdot t$$

gdzie: $\sigma'_v = 0{,}5$ m/sek; $\sigma'_q = \sigma'_\lambda = 0\text{-}15$.

5. Błędy określenia i uwzględnienia /dla celownika nie uwzględnia się/ meteorologicznych i balistycznych warunków strzelania

a/ Przy strzelaniu z przelicznikiem i z celownikiem z 57 mm armat plot.: $\delta\beta_{(WZ)} = \sigma_{\Delta W\dot{z}} \cdot \Delta\beta_{WZ.T}$

$$\begin{cases} \delta_{C(Wx)} = \sigma_{C(Wx)} \cdot D_W \\ \delta_{t(Wx)} = \sigma_{t(Wx)} \cdot V_c \end{cases}$$

$$\begin{cases} \delta_{C(V_o)} = \sigma_{C(W_o)} \cdot D_W \\ \delta_{t(V_o)} = \sigma_{t(V_o)} \cdot V_c \end{cases}$$

$$\begin{cases} \delta_{C(G)} = \sigma_{C(G)} \cdot D_W \\ \delta_{t(G)} = \sigma_{t(G)} \cdot V_c \end{cases}$$

gdzie: $\sigma_C = C' - C$ $\qquad \sigma_t = t' - t$

$C = f(D_{pW}, H)$ $\qquad C' = f(D_{pW} + \Delta D_p, H + \Delta H)$

$t = f(D_{pW}, H)$ $\qquad t' = f(D_{pW} + \Delta D_p, H + \Delta H)$

ΔD_p, ΔH - przyrosty współrzędnych toru odpowiadające odchyleniom średnim kwadratowym, charakteryzującym dokładność określenia i uwzględnienia /nieuwzględnienia/ warunków strzelania, które są równe:

- dla strzelania z przelicznikiem

$\sigma_{\Delta V_o} = 0{,}8\ \%\ V_o$;

$\sigma_{\Delta G} = 1{,}1\ \%\ G$; $\sigma_{\Delta W_x} = \sigma_{\Delta W_z} = 2$ m/sek;

- dla strzelania z celownikiem $\sigma_{\Delta V_o} = 3\%\ V_o$;

$\sigma_{\Delta G} = 5{,}5\ \%\ G$; $\sigma_{t/W_x/} = 0{,}1$ sek;

$\sigma_{C/W_x/} = \sigma_{\beta/W_z/} = 0\text{-}01{,}5$.

$\Delta\beta_{W_z,T}$ - tabelaryczna poprawka odpowiadająca $\Delta W_z = 1$ m/

b/ przy strzelaniu z przelicznikiem z armat 85 mm:

$\sigma_{\Delta V_o} = 0{,}7\ \%\ V_o$; $\sigma_{\Delta G} = 1{,}5\ \%\ G$; $\sigma_{/-\frac{\Delta t}{t}-/_{sum}} = 2{,}7\ \%\ t$;

$\sigma_{\Delta W} = 2$ m/sek.

6. Błędy czynników ruchu celu /tylko przy strzelaniu z celownikiem z 57 mm armat plot./.

$$\sigma_V = \sigma_\gamma \cdot t \quad ; \quad \sigma_q = V_c \cdot t \cdot \sigma_q \quad ; \quad \sigma_\lambda = V_c \cdot t \cdot \sigma_\lambda$$

gdzie: σ_γ = 15 % V_c; $\sigma_q = \sigma_\lambda$ = 0,15 radiana.

7. Błędy spowodowane niedokładnością pomiarów bieżących współrzędnych celu

Ze względu na brak doświadczalnie określonych charakterystyk błędów wypracowania współrzędnych wyprzedzonych przez przelicznik, błędy te dla rozpatrywanych warunków strzelania określono metodą stosowaną przy strzelaniu z celownikiem

$$\sigma_{\beta W} = \sigma_{\beta S} \cdot D_{pS}$$
$$\sigma_{pW} = \sigma_{pS} \cdot D_S$$
$$\sigma_C(\Delta D) = \sigma_C \cdot D_C$$

$$\sigma_S(\Delta D) = V_c \cdot \left(\sigma_t - \frac{\sigma_{DS}}{D_S} \cdot t\right)$$

gdzie: σ_C i σ_t określono jak w pkt 5, przy czym przyrosty współrzędnych toru odpowiadają błędom średnim kwadratowym

$$\sigma_{DW} = \frac{\sigma_{DS}}{D_S} \cdot D_W$$

8. Wyznaczenie wielkości i kierunku wektora prędkości względnej pocisku

$$V_{WZq} = \sqrt{V_{bWZ}^2 + V_c^2 + 2 V_{bWZ} V_c \cos\alpha \cos q_W}$$

$$\sin\alpha_1 = \frac{V_{bWZ} \cdot \sin\alpha}{V_{WZq}} \quad ; \quad \sin q_1 = \frac{V_{bWZ} \cos\alpha \sin q_W}{V_{WZq} \cos\alpha_1}$$

9. Wyznaczenie rzutów poszczególnych błędów strzelania na osi prostokątnego układu współrzędnych

a/ Przy strzelaniu z 57 mm armat plot. rzutowanie błędów przeprowadza się na osie y i z leżące w płaszczyźnie prostopadłej do wektora prędkości względnej pocisku.

Wzory do obliczenia współczynników kierunkowanych dla rzutowania poszczególnych błędów strzelania zestawione są w poniższej tabeli:

Błędy	Współczynnik rzutowania na oś y	Współczynnik rzutowania na oś z
δr_N $\delta c(\ )$	$\cos p_w \cdot \cos \alpha_1$	$\sin p_w \cdot \sin/q_w - q_1/$
δv $\delta t(\ )$ δs	$\cos q_1 \cdot \sin \alpha_1$	$\sin q_1$
δr_z $\delta \beta(\ )$	$-\sin/q_w - q_1/\sin \alpha_1$	$\cos /q_w - q_1/$
$\delta Dp(o)$	$\cos/q_w - q_1/\sin \alpha_1$	$\sin /q_w - q_1/$
δq	$\sin q_1 \sin \alpha_1$	$\cos /q_s - q_1/$
$\delta \lambda$	$\cos \alpha_1$	0
$\delta \beta w$	$-\sin /q_s - q_1/\sin \alpha_1$	$\cos /q_s - q_1/$
δp	$\cos p_s \cdot \cos \alpha_1$	$\sin p_s \cdot \sin/q_s - q_1/$

b/ Przy strzelaniu z 85 mm armat plot. rzutowanie błędów przeprowadza się na osie: y, y, z, gdzie oś x pokrywa się z kierunkiem D_p; y - z kierunkiem wysokości H; z - z kierunkiem bocznym prostopadłym do D_p w płaszczyźnie poziomej.
Wzory do obliczania rzutów błędów na wyżej wymienione osie zestawione są w poniższej tabeli.

Błędy	Rzut na oś x	Rzut na oś y	Rzut na oś z
δ'_v	$\delta'_v \cdot \cos q_w$	0	$\delta'_v \sin q_w$
δ'_q	$\delta'_q \cdot \sin p_w$	0	$\delta'_q \cos q_w$
δ'_λ	0	δ'_λ	0
δ_{β_w}	$\delta\beta \cdot \sin /q_w - q_s/$	0	$\delta\beta \cdot \cos /q_w - q_s/$
δ_p	$\delta_p \cdot \sin p_s \cdot \cos /q_w - q_s/$	$\delta_p \cdot \cos p_s$	$\delta_p \cdot \sin p_s \sin /q_w - q_s/$
δ_s	$\delta_s \cdot \cos p_w$	0	$\delta_p \cdot \sin q_w$
δ_c	$\delta_c \cdot \sin p_w$	$\delta_c \cdot \cos p_w$	0
δ_z	$\delta_t \cdot /V_{bwz} \cos + V_c \cos q_w/$	$\delta_t \cdot V \sin$	$-\delta_t \cdot V_c \sin q_w$
δV_o	$\sigma\Delta V_{osum} \cdot \Delta D_{pV_o,T}$	$\sigma\Delta V_{osum} \cdot \Delta H_{V_o,T}$	0
δ_t	$\sigma/\frac{\Delta t}{t}/ \cdot / V_{bwz} \cos\alpha + V_c \cos q_w/$	$\sigma/\frac{\Delta t}{t}/ \cdot V_{bwz} \cdot \sin\alpha$	$-\sigma/\frac{\Delta t}{t}/ \cdot V_c \sin q_w$
δW_x	$\sigma\Delta W \cdot \Delta D_{pW_x,T}$	$\sigma\Delta W \cdot \Delta H_{W_x,T}$	0
δW_z	0	0	$\sigma\Delta W \cdot \Delta\beta_{Wz,T}$
a_1	a_1	0	0
b_1	$b_1 \cdot \cos \gamma$	$b_1 \cdot \sin \gamma$	0
c_1	0	0	$c_1 = \delta_z$
$\delta D_p(o)$	$R/\sqrt{2}$	0	0
$\delta\beta(o)$	0	0	$R/\sqrt{2}$
$\delta\tau_t$	$\sigma\tau_t /V_{bwz} \cos\alpha + V_c \cdot \cos q_w/$	$\sigma\tau_t \cdot V_{bwz} \sin\alpha$	$-\delta\tau_t \cdot V_c \sin q_w$

10. Sumaryczne błędy strzelania

Po zrzutowaniu błędów na półosie y i z /dla 57 mm armat plot/ i x, y, z /dla 85 mm armat plot/ na każdym z kierunków zsumowano rzuty błędów tych samych źródeł. Wszystkie rzuty podniesiono do kwadratów. Wszystkie błędy podzielono na dwie zasadnicze grupy.

- I grupa - błędy powodujące rozrzut pocisków: δr_N, δr_Z, $\delta Dp(o)$ i $\delta\beta(o)$/dla mk/ oraz: a_1, b_1, c_1, $\delta\beta(o)$, $\delta Dp(o)$ i δt_ℓ /dla sk;
- II grupa - błędy powodujące przesunięcie środka rozrzutu pocisków względem celu - pozostałe błędy.

Suma kwadratów rzutów błędów tworzy sumaryczną dyspersję danej grupy błędów. Pierwiastki kwadratowe z dyspersji dają sumaryczne błędy średnie kwadratowe strzelania.

Aby obliczyć prawdopodobieństwo rażenia celu wartości błędów średnich kwadratowych I grupy należy powiększyć:

- dla 57 mm armat plot o wymiary celu

$$\sigma^*_{I,y} = \sqrt{\sigma^2_{I,y} + \frac{l^2}{3}}$$

$$\sigma^*_{I,z} = \sqrt{\sigma^2_{I,z} + \frac{m^2}{3}}$$

gdzie: l i m - połowa rozpiętości sylwetki celu wzdłuż kierunku osi y i z.

- dla 85 mm armat plot o charakterystykę prawa rażenia

$$\sigma^*_{\bar{I},x} = \sqrt{\sigma^2_{\bar{I},x} + \sigma^2_{g\bar{I},x}}$$

$$\sigma^*_{\bar{I},y} = \sqrt{\sigma^2_{\bar{I},y} + \sigma^2_{g\bar{I},x}}$$

$$\sigma^*_{I,z} = \sqrt{\sigma^2_{\bar{I},z} + \sigma^2_{gI,z}}$$

gdzie: $\sigma_{gI,x}$, $\sigma_{gI,y}$ i $\sigma_{gI,y}$ charakterystyki prawa rażenia odłamkami.

Ponieważ brak jest danych doświadczalnych odnośnie charakterystyk prawa rażenia, a ich obliczenie jest bardzo trudne, przy obliczaniu prawdopodobieństwa rażenia nie uwzględniono tego czynnika. Nieuwzględnienie tego czynnika powoduje nieznaczne zawyżenie wartości prawdopodobieństwa /w dziesiętnych częściach procenta/.

11. Błędy systematyczne

Nadzieje matematyczne błędów pomiaru współrzędnych są różne od zera. Spowodowane jest to w głównej mierze inercją przyrządów nieuniknioną przy pomiarach współrzędnych celu ruchomego. Wynikłe stąd błędy nazywają się błędami systematycznymi, które w odróżnieniu od błędów przypadkowych posiadają określony znak. Nie uwzględnienie błędów systematycznych powoduje znaczne zawyżenie wartości prawdopodobieństwa /około kilkunastu procent/. Wartości błędów systematycznych określone są doświadczalnie. Do obliczeń przyjęto dane doświadczalne zamieszczone w podręczniku "Strelba zenitnoj artillerii po wozdusznym celam".

12. Powierzchnia celu /współczynnik objetościowy/

Powierzchnia celu na płaszczyźnie prostopadłej do wektora prędkości względnej pocisku równa się sumie trzech rzutów

$$S = S_1 \sin \alpha_1 + S_2 \sin q_1 \cos \alpha_1 + S_3 \cos q_1 \cos \alpha_1$$

Objętość "W" obliczono jako wartość wprost proporcjonalną do prędkości względnej pocisku przy założeniu, że "W" wyjściowa odpowiada Dp_w = 4000 m i wynosi 42700 m^3.

13. Wydajność ogniowa sprzętu

Efektywną wydajność sprzętu artylerii przeciwlotniczej omówiono w rozdziale II. Ustalenie rozkładu punktów wyprzedzonych, a tym samym ustalenie ilości strzałów przy konkretnym odstępie czasu, przeprowadzono stosując proste rozwiązanie graficzne.

14. Wykresy funkcji błędów strzelania, powierzchni celu i współczynnika "W"

Do wyznaczenia przebiegu funkcji sumarycznych błędów strzelania, błędów systematycznych, powierzchni celu oraz współczynnika "W" wystarczy wykonać obliczenia dla odpowiednio dobranych punktów wyprzedzonych na kursie celu. Wszystkie obliczenia wykonano dla odległości poziomych przy P = 0.

a/ dla 57 mm armat plot - 6000,4000,2500, 1500,600,200 m;

b/ dla 85 mm armat plot-8000,6000,4000,2500,1500,1000 m;
oraz dla P = 1500 m dla 57 mm armat plot- 6000,4000,3000, 2000,1500,2000,2000,400 m.
dla P = 2500 m dla 85 mm armat plot - 8000,6000,4000,3000, 2500,3000,4000,6000 m.

Na podstawie obliczeń zestawiono wykresy robocze $\sigma_{I,y}$; $\sigma_{I,z}$; $\sigma_{II,y}$; $\sigma_{II,z}$; r_y, r_z, S. Obliczanie prawdopodobieństwa rażenia przy strzelaniu z 57 mm armat plot. dla poszczególnych strzałów jest zbyt uciążliwe, dlatego kurs celu podzielono na odcinki 1000 m /poczynając od odległości 6000 m przy strzelaniu z przelicznikiem i 4800 m - przy strzelaniu z celownikiem/ /rys.1-6 załącznika/ zakładając, że skuteczność wszystkich strzałów przypadających na dany odcinek jest jednakowa i odpowiada warunkom dla środkowego strzału serii. Dla tych strzałów zdjęto z wykresów roboczych wartości σ_I^*, σ_{II}, r, S niezbędne do obliczenia prawdopodobieństwa rażenia.

Przy strzelaniu z 85 mm armat, gdzie konieczne jest obliczenie prawdopodobieństwa rażenia każdej salwy, wyliczenia wykonano w oparciu o obliczone błędy dla wyżej wymienionych odległości pionowych i po sporządzeniu wykresu, odczytano wartości prawdopodobieństwa poszczególnych salw.

15. <u>Prawdopodobieństwo rażenia celu pojedyńczego, nadzieja matematyczna ilości rażonych samolotów w grupie</u>

Do obliczenia prawdopodobieństwa rażenia /dla obydwu kalibrów/ wykorzystano metodę Kołmogorowa. Niżej podane są wzory robocze tej metody:

a/ dla małokalibrowej artylerii przeciwlotniczej

$$R_1 = \frac{n \cdot S}{2\pi\omega\sigma_y\sigma_z} E_2/t/ \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{r^2_y}{\sigma_y^2} + \frac{r^2_z}{\sigma_z^2}\right)}$$

gdzie: R_1 - prawdopodobieństwo rażenia celu serią o natej liczbie strzałów;

$$t = R_o \cdot n$$

$$R_o = \frac{S}{2\pi\omega\sigma^*_{I,y}\sigma^*_{I,z}}$$

n - ilość strzałów w serii;

ω - wymagana ilość trafień;

$E_2/t/, F_2/t/$ - funkcje zależne od argumentu t, których wartości podają tabele Instytutu Naukowo-Badawczego Obrony Plot ZSRR;

r_y i r_z - sumaryczne wartości błędów systematycznych

$$\sigma_y^2 = \sigma_{II,y}^2 + \sigma_{pr,y}^2 ; \quad \sigma_{pr,y}^2 = \sigma_{I,y}^{*2} \cdot F_2 /t/$$

$$\sigma_z^2 = \sigma_{II,z}^2 + \sigma_{pr,z}^2 ; \quad \sigma_{pr,z}^2 = \sigma_{I,z}^{*2} \cdot F_2 /t/$$

S - powierzchnia sylwetki celu;

b/ dla średniokalibrowej artylerii przeciwlotniczej

$$R_i = \frac{n \cdot W \cdot E_3 /t/}{(2\pi)^{3/2} \sigma_{II,x}^* \sigma_{II,y}^* \sigma_{II,z}^*} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{r_x^2}{\sigma_{II,x}^{*2}} + \frac{r_y^2}{\sigma_{II,y}^{*2}} + \frac{r_z^2}{\sigma_{II,z}^{*2}}\right)}$$

gdzie: R_i - prawdopodobieństwo rażenia salwą

$t = R_o \cdot n$

$$R_o = \frac{W}{/2\pi/^{3/2} \sigma_{I,x}^* \sigma_{I,y}^* \sigma_{I,z}^*}$$

W = współczynnik objętościowy w m^3;

$E_3/t/$ i $F_3/t/$ - funkcje zależne od argumentu t,

$$\sigma_{II,x}^{*2} = \sigma_{II,x}^2 + \sigma_{gII,x}^2 ; \quad \sigma_{gII,x}^2 = \sigma_{I,x}^{*2} \cdot F_3 /t/$$

$$\sigma_{II,y}^* = \sigma_{II,y} + \sigma_{g\,II,y}^2 ; \quad \sigma_{g\,II,y}^2 = \sigma_{II,y}^{*2} \cdot F_3 /t/$$

$$\sigma_{II,z}^{*2} = \sigma_{II,z}^2 = \sigma_{gII,z}^2 ; \quad \sigma_{gII,z}^2 = \sigma_{I,z}^{*2} \cdot F_3 /t/$$

Prawdopodobieństwo rażenia celu pojedyńczego i nadzieję matematyczną ilości rażonych samolotów w grupie dla całego strzelania baterii obliczono według wzorów:

$$R_n = 1 - \prod_{i=1}^{k} /1 - R_i/$$

$$A_n = m \cdot R_n$$

gdzie: R_n - prawdopodobieństwo rażenia celu pojedyńczego dla całego strzelania baterii;

A_n - nadzieja matematyczna ilości rażonych samolotów w grupie;

k - ilość serii /salw/;

m - ilość samolotów w grupie.

Przy obliczaniu nadziei matematycznej założono pewne uproszczenie a mianowicie, że prawdopodobieństwo rażenia poszczególnych samolotów w grupie jest praktycznie jednakowe.

Średni oczekiwany rozchód amunicji przypadający na jeden strącony samolot można obliczyć ze wzoru:

$$N_n = \frac{n}{A_n}$$

gdzie: N_n - średni oczekiwany rozchód amunicji;

A_n - R_n - przy strzelaniu do celu pojedynczego.

x x

x

Załącznik 8

Tabela 1.

Ważniejsze dane i wyniki pośrednich etapów obliczeń wskaźników skuteczności strzelania

a/ Balistyczne dane wyjściowe do obliczenia błędów strzelania z 57 mm armat plot

P /m/	Dp_w /m/	D_w /m/	P_w /tys./	q_w /stop./	t /sek/	V_{bwz} /m/sek/	α /stop./	$\frac{r_N}{\beta\sqrt{2}}$ /m/	$\frac{r_Z}{\beta\sqrt{2}}$ /m/	$V_c.t$ /m/	Dp_s /m/	D_s /m/	p_s /m/	q_s /m/
	6000	6003	0-32	0	13	279	-10°24′	6,82	2,82	390	9900	9903	1°40′	0
	4000	4005	0-48	0	6,7	386	- 1°30′	3,72	1,79	2010	6010	6013	1°54′	0
	2500	2508	0-76	0	3,4	558	3°	2,25	1,10	1020	3520	3525	1°15′	0
0	1500	1513	1-27	0	1,8	704	7°	1,33	0,68	540	2040	2050	5°36′	0
	600	632	3-07	0	0,7	849	18°12′	0,52	0,31	210	810	834	13°52′	0
	200	283	7-50	0	0,3	909	44°48′	0,22	0,13	90	280	362	34°35′	0
	6000	6003	0-32	14°29′	13	279	-10°24′	6,82	2,82	3900	9123	9826	1°10′	8°47′
	4000	4005	0-48	22°02′	6,7	386	- 1°30′	3,72	1,73	2010	5910	5913	1°56′	14°42′
	3000	3007	0-64	30°	4,4	493	1°36′	2,69	1,25	1320	4195	4200	2°44′	20°57′
1500	2000	2010	0-95	48°36′	2,6	629	4°48′	1,84	0,92	700	2582	2589	4°16′	35°31′
	1500	1513	1-27	90°	1,8	704	7°	1,33	0,68	540	1594	1606	7°09′	70°12′
	2000	2010	0-95	131°24′	2,6	629	4°48′	1,84	0,92	780	1595	1607	7°09′	109°52′
	3000	3007	0-64	150°	4,4	493	1°36′	2,69	1,25	1320	1970	1980	5°48′	130°26′
	4000	4005	0-48	157°58′	6,7	386	- 1°30′	3,72	1,73	2010	2265	2279	5°03′	138°33′

b/ Balistyczne dane wyjściowe do obliczania błędów strzelania z 85 mm armat plot.

P /m/	Dp_w /m/	D_w /m/	p_w /tys./	q_w /stop./	t /sek/	V_{bwz} /m/sek/	α /stop/	$\frac{r_N}{\beta\sqrt{2}}$ /m/	$\frac{r_Z}{\beta\sqrt{2}}$ /m/	$\frac{r_H}{\beta\sqrt{2}}$ /m/	$\frac{r_{Dp}}{\beta\sqrt{2}}$ /m/	$V_c.t$ /m/	Dp_s /m/	D_s /m/	p_s /stop./	q_s /stop/.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	8000	8002	0-24	0	18,3	296	-15°18′	-	400	10,38	45,96	5490	13490	13492	0°51′	0
	6000	5003	0-32	0	11,7	342	- 6°54′	-	267	3,27	34,10	3510	9510	9512	1°12′	0
	4000	4005	0-48	0	6,7	460	- 0°54′	-	1,78	2,07	25,20	2010	6010	6013	1°55′	0
0	2500	2508	0-76	0	3,7	574	2°54′	-	0,74	1,04	20,76	1110	3610	3615	3°10′	0
	1500	1513	1-26	0	2,1	658	6°48′	-	0,59	1,33	17,74	630	2130	2139	5°20′	0
	1000	1020	1-89	0	1,4	703	10°40′	-	0,44	0,48	11,86	420	1420	1434	8°01′	0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	8000	8002	0-24	18°12′	18,3	296	-15°18′	-	4,00	10,38	45,96	6490	13325	13326	0°52′	10°48′
	6000	5003	0-32	24°38′	11,7	342	- 6°54′	-	2,67	3,27	34,10	3510	9310	9312	1°14′	15°34′
	4000	4005	0-48	38°41′	6,7	460	- 0°54′	-	1,78	2,07	25,20	2010	5725	5729	2°	25°52′
2500	3000	3007	0-64	56°27′	4,6	535	1°30′	-	1,33	1,63	22,24	1380	3940	3945	2°54′	39°23′
	2500	2508	0-76	90°	3,7	674	2°54′	-	0,74	1,04	20,76	1110	2740	2747	4°10′	65°30′
	3000	3007	0-64	103°33′	4,6	535	1°30′	-	1,33	1,63	22,24	1380	2500	2509	4°34′	90°
	4000	4005	0-48	141°19′	6,7	460	- 0°54′	-	1,78	2,07	25,20	2010	2750	2757	4°09′	114°38′
	6000	5003	0-32	155°22′	11,7	342	- 6°54′	-	2,67	3,27	34,10	3510	3450	3455	3°19′	133°34′

Tabela 2.

I Błędy niezależne od dokładności pomiarów współrzędnych /I i II grupa/

a/ Strzelanie z 57 mm armat plot z przelicznikiem

Parametr kursu /m/			0						1500							
Odległość pozioma /m/			6000	4000	2500	1500	600	200	6000	4000	3000	2000	1500	2000	3000	4000
I grupa Błędy powodujące rozrzut pocisków	Błędy rozrzutu technicznego	δr_N	6,12	3,72	2,20	1,33	2,52	0,22	6,12	3,72	2,69	1,84	1,33	1,84	2,69	3,72
		δr_z	2,82	1,73	1,10	0,68	0,31	0,13	2,12	1,73	1,25	0,92	0,68	0,32	1,25	1,73
	błędy przesunięcia działu względem śr. SO	$\delta\beta(o)$	24,75						24,75							
		$\delta Dp(o)$	25,75						24,75							
II grupa błędy powodujące przesunięcie środka rozrzutu pocisków względem celu.	Błędy hipotezy ruchu celu	δ'_V	6,25	2,15	0,82	0,36	0,12	0,05	6,25	2,15	1,16	0,57	0,36	0,57	1,16	2,15
		$\delta_{q''}$	58,11	29,95	15,20	8,05	3,13	1,34	58,11	29,95	19,67	11,62	8,05	11,62	19,67	29,95
		δ'_λ	12						12							
	Błędy określenia i uwzględnienia meteorologicznych i balistycznych warunków strzelania	δC_{Vo}	6,92	2,05	0,46	0,14	0,01	0	6,82	2,05	0,90	0,31	0,14	0,31	0,90	2,05
		δt_{Vo}	34,56	19,97	11,04	5,37	1,32	3,93	31,56	19,97	14,25	7,29	5,37	7,29	4,25	19,97
		δC_G	5,23	1,06	0,19	0,05	0	0	5,23	1,06	0,37	0,11	0,05	0,11	0,37	1,06
		δt_G	26,14	10,30	4,62	2,11	0,40	0,13	26,14	10,30	5,81	2,64	2,11	2,64	5,21	10,20
		δC_{Wx}	3,76	0,50	0,06	0,01	0	0	3,76	0,50	0,13	0,03	0,01	0,03	0,13	0,50
		δt_{Wx}	18,79	4,84	1,32	0,38	0	0	18,79	4,84	2,11	0,67	0,38	0,67	2,11	4,84
		$\delta\beta_{Wz}$	13,40	5,00	1,60	0,60	0,24	0	13,40	5,00	2,40	1,00	0,6	1,00	2,40	19,40

b/ Strzelanie z 57 mm armat plot z celownikiem

Parametr /m/			0						1500							
Odległość pozioma /m/			6000	4000	2500	1500	600	200	6000	4000	3000	2000	1500	2000	3000	4000
I grupa	Błędy rozrzutu technicznego	δr_N	6,82	3,72	2,25	1,33	0,52	0,22	6,82	3,72	2,69	1,84	1,33	1,84	2,69	3,72
		δr_z	2,82	1,79	1,10	0,68	0,31	0,13	2,82	1,73	1,25	0,92	0,68	0,92	1,25	1,72
II grupa	Błędy hipotezy ruchu celu	$\delta v'$	6,50	3,35	1,70	0,90	1,35	0,15	6,50	3,35	2,20	1,30	0,90	1,30	2,20	3,35
		$\delta q'$	58,5	30,15	15,30	8,10	3,15	1,35	58,5	30,15	19,80	11,7	8,10	11,7	19,80	30,15
		$\delta \lambda'$	58,5	30,15	15,30	8,10	3,15	1,35	58,5	30,15	19,80	11,7	8,10	11,7	19,80	30,15
	błędy określenia czynników ruchu celu	δv	58,5	301,5	153	81	31,5	13,5	585	301,5	198	117	81	117	198	301,5
		δq	585	301,5	153	81	31,5	13,5	585	301,5	198	117	81	117	198	301,5
		$\delta \lambda$	585	301,5	153	81	31,5	13,5	585	301,5	198	117	81	117	198	301,5
	błędy nie uwzględnienia warunków meteorologicznych i balistycznych	δc_{V_o}	25,93	7,09	1,73	0,51	0,05	0,01	25,93	7,69	3,45	1,15	0,51	1,15	3,45	7,69
		δt_{V_o}	126,60	76,88	41,40	20,16	4,95	1,89	126,60	74,88	54,12	27,36	20,16	27,36	54,12	74,88
		δc_G	26,15	5,29	0,97	0,27	0,02	0	26,15	5,29	1,85	0,55	0,27	0,55	1,85	5,29
		δt_G	130,68	34,32	23,10	10,56	1,98	0,66	130,68	34,32	29,04	13,20	10,56	13,20	29,04	34,22
		δc_{Wx}	9,00	6,0	3,76	2,87	0,95	0,42	9,0	6,0	4,51	3,02	2,07	3,02	4,51	6,00
		δt_{Wx}	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
		$\delta \beta_{Wz}$	9,0	6,0	3,76	2,27	0,95	0,42	8,0	6,0	0,51	3,02	2,27	3,02	4,51	6,0

c/ Strzelanie z 85 mm armat plot z przelicznikiem

Parametr /m/			0						2500							
Odległość pozioma /m/			8000	6000	4000	2500	1500	1000	8000	6000	4000	3000	2500	3000	4000	6000
I grupa	Błędy rozrzutu technicznego	$^{a}_{1}$	45,85	33,66	23,94	12,17	11,12	5,25	45,85	33,66	23,94	19,21	12,87	19,91	23,04	38,66
		$^{b}_{1}$	22,39	6,33	8,14	16,75	15,93	9,38	22,39	6,33	8,14	10,04	16,75	10,04	8,14	6,33
		$^{c}_{1}$	4,0	2,7	1,8	0,7	0,6	0,4	4,0	2,7	1,8	1,3	0,7	1,3	1,8	2,7
	Błędy przesunięcia działwzg.śr.SO	$\delta \beta_{(o)}$	31,82						31,82							
		$\delta Dp_{(o)}$	31,82						31,82							
	Błąd czasu ładowania	$\delta \tau_t$	0,09						0,09							
II grupa	Błędy hipotezy ruchu celu	$\delta v'$	11,32	5,28	2,17	0,91	0,43	0,26	11,32	5,28	2,17	1,25	0,91	1,25	2,17	5,28
		$\delta q'$	81,10	52,10	29,95	16,54	9,36	5,26	81,80	52,30	29,95	9,95	20,56	16,54	29,95	52,30
		$\delta \lambda'$	12						12							
	Błędy określenia i uwzgl.warunków meteorologicznych i balistycznych	$\delta \Delta V_o$	0,8						0,8							
		$\delta \Delta G$	1,3						1,3							
		$\delta(\frac{\Delta t}{t})$	0,494	0,316	0,181	0,099	0,057	0,038	0,494	0,316	0,180	0,124	0,099	0,124	0,181	0,316
		$\delta \Delta W_x$	2						2							
		$\delta \Delta W_z$	2						2							

II. Błędy zależne od dokładności pomiaru współrzędnych /II grupa/
a/ Strzelanie z 57 mm armat plot z przelicznikiem

Parametr /m/			0						1500							
Odległość pozioma/m/			6000	4000	2500	1500	600	200	6000	4000	3000	2000	1500	2000	3000	4000
II grupa	Błędy określenia bieżących współrzędnych celu pojedyńczego przez D-49	δ_p	14,85	9,02	5,29	3,08	1,25	0,53	14,14	8,87	6,30	3,88	2,41	2,41	2,97	3,41
		δ_β	14,85	9,02	5,29	3,06	1,22	0,44	14,74	8,87	6,29	3,87	2,39	2,39	2,96	3,40
		δ_c	16,87	4,17	0,83	0,24	0,03	0,01	16,87	4,17	1,65	0,53	0,24	0,53	1,65	4,17
		δ_s	33,60	14,40	6,24	2,49	0,18	0,18	33,60	14,40	8,64	2,46	2,49	2,46	8,64	14,4
	Błędy określenia bieżących współrzędnych celu pojedyńczego przez RSA	δ_p	29,71	18,04	10,56	6,15	2,50	1,06	29,48	17,34	12,50	7,77	4,82	4,82	5,94	6,82
		δ_β	29,70	18,03	10,56	6,12	2,43	0,87	29,47	17,73	10,50	7,75	4,78	4,78	5,91	6,80
		δ_c	3,94	1,60	0,54	0,27	0,07	0,04	3,97	1,63	0,81	0,47	0,34	0,76	1,92	4,24
		δ_s	7,80	5,55	4,14	2,79	0,48	1,14	7,89	5,64	4,74	2,16	3,45	3,45	10,05	14,70
	Błędy określenia bieżących współrzędnych celu grupowego przez RSA	δ_p	89,13	54,12	31,73	18,45	7,50	3,18	84,43	53,82	37,80	23,30	14,45	14,46	17,82	20,46
		δ_β	218,80	72,12	42,24	24,48	9,78	3,48	117,88	70,92	50,34	30,98	19,13	19,14	29,64	27,18
		δ_c	11,81	4,81	1,61	0,81	0,22	0,12	11,90	4,89	2,72	1,43	1,03	2,27	5,76	12,72
		δ_s	23,49	16,68	18,39	8,57	1,38	3,48	23,64	16,98	14,25	6,42	10,35	10,35	30,24	44,10

Uwaga: dla sposobu kombinowanego /dalmierzem D-49 określa się β i p, a D przy pomocy RSA/ błędy δ_p i δ_β są takie jak dalmierza, a δ_c i δ_s -takie jak dla RSA-cel pojedyńczy.

b/ Strzelanie z 57 mm armat plot z celownikiem /celowanie półautomatyczne/

Parametr /m/			0						1500							
Odległość pozioma /m/			6000	4000	2500	1500	600	200	6000	4000	3000	2000	1500	2000	3000	4000
II grupa	Błędy określenia β i p przeziernikami, a D na oko	δ_p	118,84	72,16	42,30	24,60	10,00	4,22	117,91	70,96	50,40	31,07	19,27	19,28	23,76	27,28
		δ_β	118,80	72,12	42,24	24,48	9,72	3,48	117,88	70,92	50,34	30,98	19,13	19,14	23,64	27,18
		δ_c	288,0	68,0	18,8	5,5	0,6	0,1	288,0	68,0	27,0	12,0	5,5	12,0	27,0	68,0
		δ_s	56,7	210,0	162,0	57,0	-4,2	-0,6	567,0	210,0	99,0	69,0	57,0	69,0	99,0	210,0
	Błędy określenia i p przeziernikami, a D dalmierzem ZDN	δ_p	118,84	72,16	42,30	24,60	10,00	4,32	117,91	70,96	50,40	31,07	19,27	19,28	23,76	27,28
		δ_β	118,80	72,12	42,24	24,48	9,72	3,48	117,88	70,92	30,34	90,98	19,13	19,14	23,64	27,18
		δ_c	104,0	25,6	5,0	1,5	0,16	0,04	104,0	25,6	10,2	3,2	1,5	3,2	10,2	25,6
		δ_s	207,0	87,0	39,0	15	-1,8	1,8	207,0	87,0	54,0	15,0	15,0	15,0	54,0	87,0

c/ Strzelanie z 85 mm armat plot z przelicznikiem

Parametr /m/			0						2500							
Odległość pozioma /m/			8000	6000	4000	2500	1500	1000	8000	6000	4000	3000	2500	3000	4000	6000
II grupa	Błędy określenia bieżących współrzędnych celu pojedyńczego przez D-49	δ_p	20,24	14,27	9,02	5,42	3,21	2,15	19,99	13,97	8,59	5,92	4,12	3,76	4,14	5,18
		δ_β	20,24	14,27	9,02	5,42	3,19	2,13	19,99	13,98	8,59	5,91	4,11	3,75	4,13	5,17
		δ_c	31,61	12,19	9,32	0,98	0,29	0,11	31,61	12,19	3,32	1,41	0,98	1,41	3,32	12,18
		δ_s	40,8	29,1	8,1	2,7	0,6	0	40,8	29,1	8,1	3,0	2,7	3,0	8,1	29,1
		δ_t	0,374	0,249	0,114	0,057	0,029	0,018	0,374	0,249	0,114	0,070	0,057	0,070	0,114	0,249
	Błędy określenia bieżących współrzędnych celu pojedyńczego przez RSA	δ_p	40,48	28,54	18,04	10,84	6,42	4,30	39,98	27,94	17,19	11,84	8,24	7,53	8,27	10,37
		δ_β	40,47	28,23	18,03	10,83	6,39	4,26	39,97	27,93	17,17	11,82	8,22	7,50	8,25	10,35
		δ_c	5,43	2,46	1,28	0,63	0,32	0,17	5,47	2,02	1,34	0,82	0,83	1,30	2,79	8,13
		δ_s	7,05	7,11	2,85	2,04	1,26	0,18	7,08	7,23	3,30	1,83	2,67	2,91	6,90	19,44
		δ_t	0,064	0,061	0,044	0,037	0,034	0,030	0,065	0,062	0,046	0,041	0,049	0,065	0,096	0,167
	Błędy określenia bieżących współrzędnych celu grupowego przez RSA	δ_p	121,43	85,61	34,22	32,54	19,25	12,90	119,93	89,81	51,56	35,51	24,72	22,58	24,81	31,09
		δ_β	161,88	114,12	72,12	43,32	25,56	17,04	159,9	111,72	68,7	47,28	32,82	30,00	33,00	41,40
		δ_c	16,24	8,88	3,84	1,88	0,97	0,52	16,40	9,06	4,05	2,47	2,48	9,88	8,37	24,37
		δ_s	21,0	21,0	9,6	6,0	4,2	0,3	21,3	21,9	9,9	5,4	8,1	8,7	20,4	51,5
		δ_t	0,192	0,182	0,132	0,112	0,102	0,089	0,194	0,186	0,138	0,123	0,148	0,194	0,287	0,5

Tabela 3.

Rzuty I i II grupy błędów, błędów systematycznych na osie y i z, powierzchnie celu oraz ilość strzałów odpowiadająca pasom 1000 m mierzonym wzdłuż kursu celu

a/ Strzelanie z 57 mm armat plot z przelicznikiem /P = 0/

S_w w m /mierzona wzdłuż kursu /			5500	4500	3500	2500	1500	500
I grupa	$\sigma_{\bar{I},y}^{*}$		6,3	4,6	3,2	2,5	2,6	6,8
	$\sigma_{\bar{I},z}^{*}$		24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8
	Powierzchnia celu S /m^2/		8,0	6,4	6,2	7,0	8,0	18,4
	Ilość strzałów n/dla 6 dział/		4,2	4,2	3,0	3,0	3,0	2,4
II grupa	Współrzędne celu określane dalmierzem D-49	$\sigma_{\bar{II},y}$	21,4	17,2	14,5	13,2	12,9	11,9
		$\sigma_{\bar{II},z}$	53,6	38,0	25,8	16,2	8,6	2,8
		r_y	35,4	24,8	14,6	5,5	2,4	0,2
		r_z	0	0	0	0	0	0
	Współrzędne celu określane stacją RSA	$\sigma_{\bar{II},y}$	30,0	25,2	20,4	16,0	13,5	12,2
		$\sigma_{\bar{II},z}$	59,3	43,3	28,7	18,6	10,1	3,4
		r_y	15,6	11,9	8,8	6,4	3,6	1,8
		r_z	26,1	20,7	14,7	10,0	6,0	1,8
	Współrzędne celu określane sposobem kombinowanym	$\sigma_{\bar{II},y}$	18,8	16,4	14,5	13,2	12,3	12,0
		$\sigma_{\bar{II},z}$	53,6	38,0	25,8	16,2	8,6	2,8
		r_y	15,6	11,9	7,6	3,4	1,6	0,2
		r_z	0	0	0	0	0	0
	Współrzędne celu grupowego określane stacją RSA	$\sigma_{\bar{II},y}$	81,0	63,9	48,0	34,0	22,1	13,4
		$\sigma_{\bar{II},z}$	119,2	92,0	66,4	46,9	25,8	10,2
		r_y	24,2	30,8	28,4	18,2	6,4	1,8
		r_z	92,0	79,0	62,0	42,0	25,0	10,0

b/ Strzelanie z 57 mm armat plot z celownikiem /P = 0/

S_w w m /mierzone wzdłuż kursu/			4200	3300	2300	1300	300
I grupa	$\sigma_{I,y}^{*}$		4,2	2,8	1,8	1,2	2,4
		$\sigma_{I,z}^{*}$	2,0	1,4	1,0	0,9	0,8
Powierzchnia celu S /m^2/			6,3	6,0	7,0	8,5	23,0
Ilość strzałów n /dla 1 dz./			7	5	5	5	3
II grupa	Odległość określona na oko	$\sigma_{II,y}$	360	240	146	75	22
		$\sigma_{II,z}$	350	234	142	68	18
		r_y	19,4	8,2	3,6	1,2	0,6
		r_z	0	0	0	0	0
	Odległość określona dalmierzem ZDN	$\sigma_{II,y}$	355	238	142	70	25
		$\sigma_{II,z}$	350	234	140	68	18
		r_y	5,2	2,3	0,8	0,2	0,2
		r_z	0	0	0	0	0

c/ Strzelanie z 57 mm armat plot z przelicznikiem /P = 1500 m/

S_M w km /mierzona wzdłuż kursu/			5,3	4,3	3,3	2,3	1,3	0,3	0,7	1,7	2,7	5,7
I grupa	$\sigma_{\bar{I}}$	y^*	6,4	4,7	3,4	2,7	2,2	2,2	2,4	2,6	3,0	4,5
		z^*	21,4	10,7	20,0	19,4	17,8	14,6	12,5	10,2	7,8	4,5
Powierzchnia celu S /m^2/			10,2	9,2	9,6	13,2	18,0	23,8	26,0	25,0	22,0	22,0
Ilość strzałów n /6 dział/			42	36	36	30	24	24	12	12	12	6
II grupa	Współrzędne celu określone dalmierzem D-49	$\sigma_{\bar{II}}, y$	21,6	17,2	15,0	19,5	12,6	12,3	12,3	12,4	12,6	13,8
		$\sigma_{\bar{II}}, z$	54,4	38,8	27,0	17,8	11,6	8,0	7,2	11,8	19,6	29,5
		r_y	35,6	24,6	14,0	5,4	2,5	0,8	0,6	2,2	5,8	11,4
		r_z	6,0	5,4	4,6	3,1	0,8	1,9	3,8	8,7	17,0	28,4
	Współrzędne celu określone stacją RSA	$\sigma_{\bar{II}}, y$	29,6	24,4	20,0	16,7	14,4	13,1	13,0	13,1	13,6	14,9
		$\sigma_{\bar{II}}, z$	61,4	45,1	31,0	21,0	13,6	9,1	8,6	12,8	20,8	30,0
		r_y	5,0	9,4	0,4	6,6	4,6	3,0	2,6	2,6	2,4	0,4
		r_z	21,6	18,6	15,0	10,0	7,1	9,6	2,6	2,1	1,8	4,6
	Współrzędne celu określone sposobem kombinowanym	$\sigma_{\bar{II}}, y$	18,8	16,4	14,5	13,4	12,6	12,3	12,3	12,4	12,6	13,8
		$\sigma_{\bar{II}}, z$	54,2	38,6	26,8	17,6	11,4	7,8	7,0	11,6	19,4	29,3
		r_y	12,0	11,0	8,0	2,8	1,4	0,6	0,4	1,4	3,6	5,7
		r_z	0,8	0,9	1,0	1,1	1,0	2,1	2,6	4,3	7,8	11,3
	Współrzędne celu grupowego określane stacją RSA	$\sigma_{\bar{II}}, y$	79,0	64,2	49,8	36,6	26,6	20,2	19,1	19,3	22,6	27,4
		$\sigma_{\bar{II}}, z$	118,6	89,0	69,4	50,0	33,6	24,0	22,3	27,6	40,6	53,4
		r_y	24,0	30,1	30,8	22,6	11,6	3,0	1,9	4,9	10,0	17,4
		r_z	86	73	59	43	28	13	11	10	5	2

b/ Strzelanie z 57 mm armat plot z celownikiem /P = 1500 m/

S_w w km /mierzona wzdłuż kursu/			4,05	3,05	2,05	1,05	0,05	0,95	1,95	2,95	3,95
I grupa		$\sigma_{\bar{I},y}^{*}$	4,6	3,4	2,4	1,8	1,6	1,8	2,4	3,2	4,2
		$\sigma_{\bar{I},z}^{*}$	2,8	2,3	2,7	3,6	4,2	4,7	4,8	4,7	4,4
	Powierzchnia celu S /m^2/		8,9	9,9	14,2	19,5	24,8	26,8	24,3	22,3	220
	Ilość strzałów n /1 działo/		6,5	5,5	4,5	4,5	3	3	2	1	1
II grupa	Odległość określona na oko	$\sigma_{\bar{II},y}$	360	250	166	110	84	104	152	242	386
		$\sigma_{\bar{II},z}$	348	248	166	119	104	126	176	262	406
		r_y	13,0	9,8	4,6	2,0	1,2	1,4	2,4	4,2	6,4
		r_z	12,0	10,4	9,2	8,4	8,6	11,0	19,2	37,0	58,0
	Odległość określana dalmierzem ZDN	$\sigma_{\bar{II},y}$	356	246	166	109	84	104	150	242	350
		$\sigma_{\bar{II},z}$	348	246	166	112	92	110	164	246	385
		r_y	5,2	2,6	1,2	0,5	0,4	0,5	0,9	2,1	4,7
		r_z	2,6	1,2	1,4	1,2	1,5	2,6	5,0	9,0	14,8

Tabela 4.

Rzuty I i II grupy błędów, błędów systematycznych na osie x, y, z, współczynniki "W" i ilość strzałów w salwie

a/ strzelanie z 85 mm armat plot /P = 0/

Odległość pozioma /m/			8000	6000	4000	2500	1500	1000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I grupa		$\sigma^{*}_{\bar{I},x}$	56,4	47,0	41,2	38,9	38,0	34,3
		$\sigma^{*}_{\bar{I},y}$	21,8	3,3	2,0	1,0	1,5	1,7
		$\sigma^{*}_{\bar{I},z}$	32,0	31,9	31,9	31,8	31,8	31,8
Współczynnik objętościowy "W" /m^3/			33014	36007	42875	49207	53594	56166
Ilość strzałów w salwie bat. /n/			8	8	8	8	8	8
II grupa	Współrzędne celu określane dalmierzem D-49	$\sigma_{\bar{II},x}$	370	262	165	101	61	43
		$\sigma_{\bar{II},y}$	63	28	15,5	13,6	13,3	13,4
		$\sigma_{\bar{II},z}$	86	55	31	17,4	9,9	6,6
		r_x	71,5	79,7	29,5	5,2	0,2	20,8
		r_y	57,0	36,7	17,3	5,5	2,0	2,7
		r_z	0	0	0	0	0	0
	Współrzędne celu określane stacją RSA	$\sigma_{\bar{II},x}$	297,5	211	144	93,8	63,8	48,4
		$\sigma_{\bar{II},y}$	58	34	21,8	16,5	14,5	14,3
		$\sigma_{\bar{II},z}$	92,6	60,2	34,8	19,8	11,4	7,5
		r_x	13,4	13,2	7,5	5,7	4,7	2,4
		r_y	21,4	15,3	10,5	6,3	3,3	2,6
		r_z	40,0	28,0	18,0	11,0	6,0	4,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Współrzędne celu określane sposobem kombinowanym	$\sigma_{\bar{II}.x}$	297,5	211	144	93,8	63,8	48,4
		$\sigma_{\bar{II}.y}$	46,3	23,3	15,2	13,5	13,4	13,7
		$\sigma_{\bar{II}.z}$	85,8	54,9	31	17,4	9,9	6,6
		r_x	13,4	13,2	7,5	5,9	4,6	2,8
		r_y	21,4	15,9	10,5	3,3	1,3	0,4
		r_z	0	0	0	0	0	0
	Współrzędne celu grupowego określane stacją RSA	$\sigma_{\bar{II}.x}$	316,6	238,3	172,7	132	111,8	96,3
		$\sigma_{\bar{II}.y}$	130,2	88,2	55,8	35	23,2	21,7
		$\sigma_{\bar{II}.z}$	182,3	125,8	78	46,5	27,2	18,1
		r_x	73,9	64,6	30,7	8,9	12,9	6,8
		r_y	17,2	23,0	36,8	15,6	4,2	1,5
		r_z	40,0	95,0	72,0	43,0	2,6	17,0

b/ Strzelanie z 85 mm armat plot /P = 2500 m/

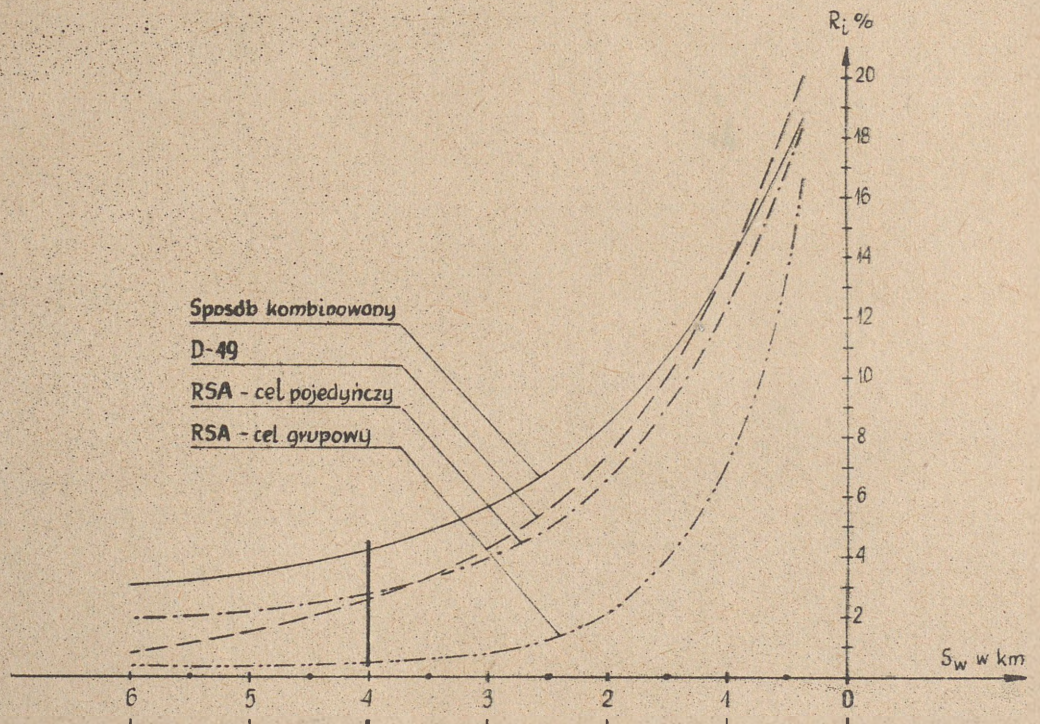
Odległość pozioma /m/			8000	6000	4000	3000	2500	3000	4000	6000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I grupa	$\sigma^{*}_{\bar{I}.x}$		56,4	47,0	41,1	39,3	38,5	38,9	40,6	46,7
	$\sigma^{*}_{\bar{I}.y}$		21,8	3,3	2,1	1,6	1,0	1,6	2,1	3,3
		$\sigma^{*}_{\bar{I}.z}$	32,0	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9
Współczynnik objętościowy W /m^3/			32585	35257	40312	42589	35586	23145	13720	2144
Ilość strzałów w salwie bat. /n/			8	8	8	8	8	8	8	8
II grupa	Współrzędne celu określane dalmierzem D-49	$\sigma_{\bar{II}.x}$	361,4	252,2	154	103	71	60	60,1	61,6
		$\sigma_{\bar{II}.y}$	62,3	27,8	15,3	13,6	13,2	12,8	13,3	24,4
		$\sigma_{\bar{II}.z}$	103,2	71	47,8	38	35	37,8	47,2	70
		τ_x	71,7	73,9	20,5	8,3	1,4	0,2	5	38,3
		τ_y	56,8	40,9	15,4	5,6	1,1	3,7	4,7	10,1
		τ_z	18,5	26,1	9,9	6,4	2,1	8,0	10,8	13,4
	Współrzędne celu określane stacją RSA	$\sigma_{\bar{II}.x}$	291,5	205,6	135,2	96	68,1	59	58	57,5
		$\sigma_{\bar{II}.y}$	58	32	21,1	17	14,9	14,4	14,9	23,2
		$\sigma_{\bar{II}.z}$	102,6	68,8	45,5	36,7	34,2	34,2	45,8	67
		τ_x	8,0	8,1	3,5	1,9	0,3	4,7	8,4	23,0
		τ_y	21,3	15,8	9,4	6,9	4,0	3,4	2,1	2,4
		τ_z	36,2	22,8	13,3	7,2	2,8	0	0,5	2,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Współrzędne określane sposobem kombinowanym	$\sigma_{\bar{II},x}$	291,8	205,6	135,2	95,8	68,2	58,7	58	57,4
		$\sigma_{\bar{II},y}$	46,3	23,2	14,9	13,5	12,7	13,2	13,1	21,4
		$\sigma_{\bar{II},z}$	97	64,5	43,2	35,1	33,9	33,9	45,2	66,8
		r_x	13,1	12,5	7,8	5,6	3,3	0	3,3	19,3
		r_y	21,3	14,8	9,4	2,9	1,0	1,6	3,1	2,4
		r_z	3,5	4,8	3,3	4,3	4,6	6,9	7,1	12,1
	Współrzędne celu grupowego określane stacją RSA	$\sigma_{\bar{II},x}$	291,8	231	163,8	126	106	91	87,5	83,1
		$\sigma_{\bar{II},y}$	128,7	86,5	38	37,5	28,1	26,5	28,9	48
		$\sigma_{\bar{II},z}$	186	128	83,2	64,2	62	64,3	74	99,2
		r_x	66,1	40,6	9,7	4,7	5,4	16,8	26,1	40,5
		r_y	6,4	31,4	34,3	20,4	2,1	3,8	11,2	28,7
		r_z	21,2	90,7	54,5	39,3	18,0	9,0	12,7	22,0

Załacznik 9.

Rozkład prawdopodobieństwa rażenia wzdłuż kursu celu

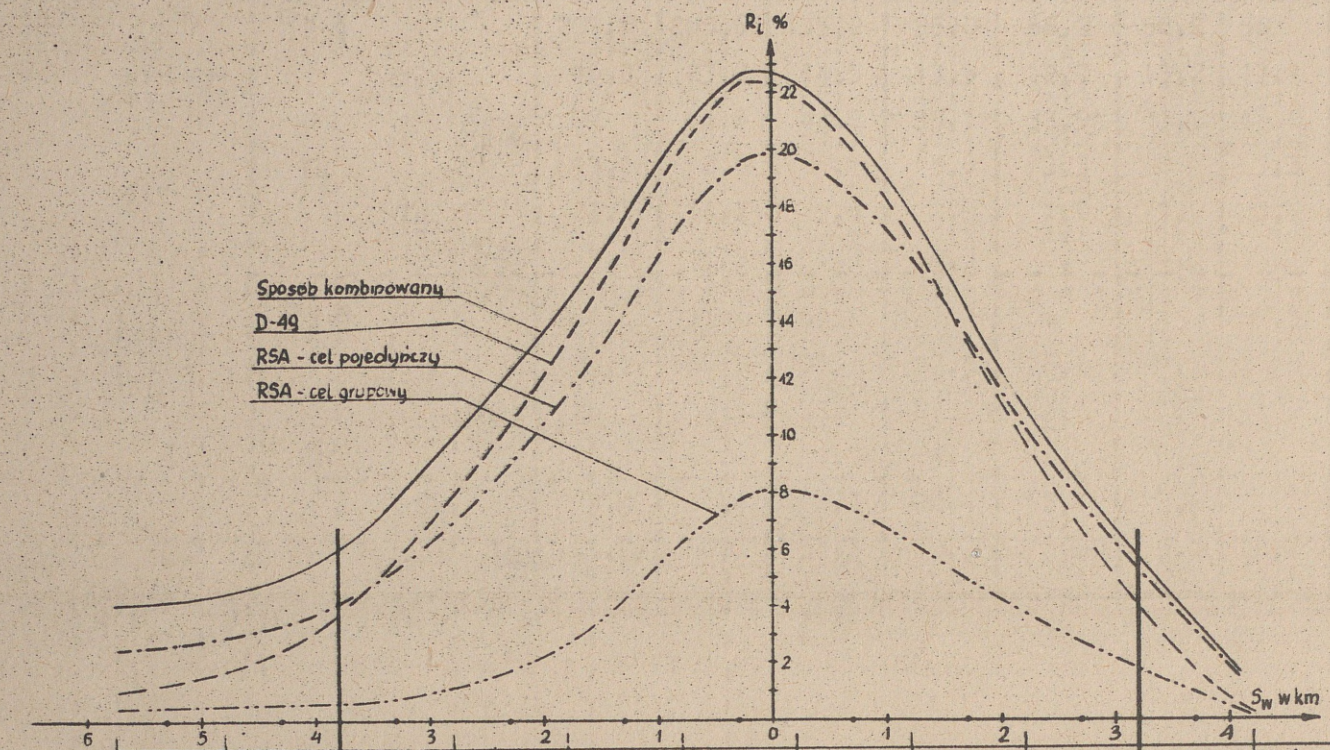
a/ dla 6-działowej baterii 57 mm armat plot. przy strzelaniu z przelicznikiem /P = 0/



	42	42	30	30	30	24	Ilość strzałów
S_w w m	5500	4500	3500	2500	1500	500	R_n
Spos. komb.	0,0315	0,0390	0,0490	0,0690	0,1060	0,1730	0,3909
D-49	0,0106	0,0190	0,0330	0,0570	0,1000	0,1850	0,3516
RSA (c. poj.)	0,0200	0,0250	0,0330	0,0480	0,0900	0,1695	0,3354
RSA (c. gr.)	0,0033	0,0040	0,0055	0,0120	0,0390	0,1390	0,1939

rys. 1

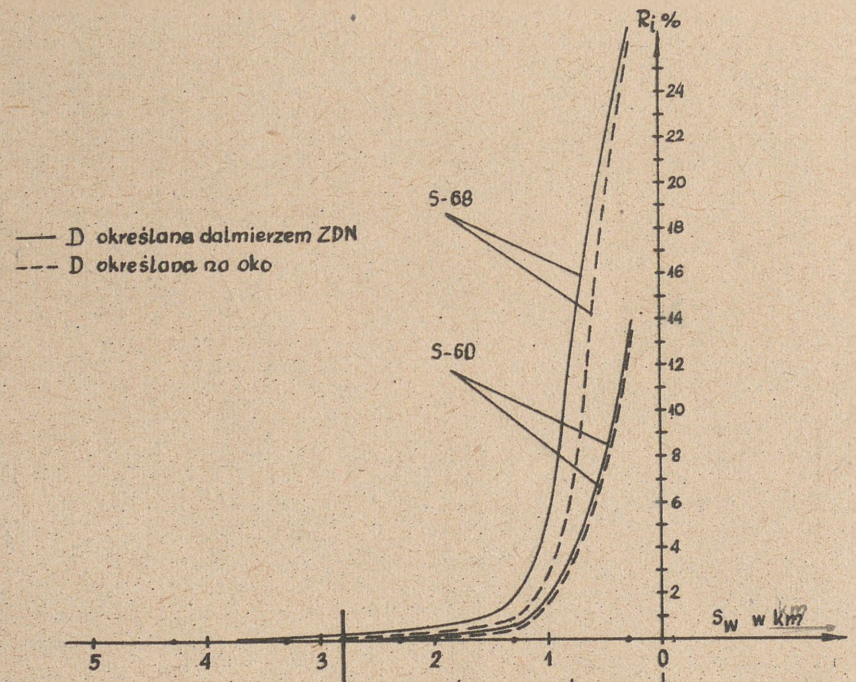
b/ dla 6-działowej baterii 57 mm armat plot przy strzelaniu z przelicznikiem /P = 1500 m/



	42	36	36	30	24	21	15	12	12	6	Ilość strzał
S_w w km	5,3	4,3	3,3	2,3	1,3	0,3	0,7	1,7	2,7	3,7	R_n
Spos. komb.	0,0439	0,0500	0,0790	0,1225	0,1745	0,2265	0,2075	0,1450	0,0820	0,0340	0,7187
D-49	0,0133	0,0248	0,0565	0,1050	0,1670	0,2235	0,2025	0,1340	0,0680	0,0170	0,6696
RSA - c. poj.	0,0290	0,0330	0,0525	0,0900	0,1425	0,1965	0,1845	0,1345	0,0765	0,0324	0,6484
RSA - c. gr.	0,0047	0,0053	0,0075	0,00175	0,0435	0,0765	0,0737	0,0495	0,0280	0,0086	0,2768

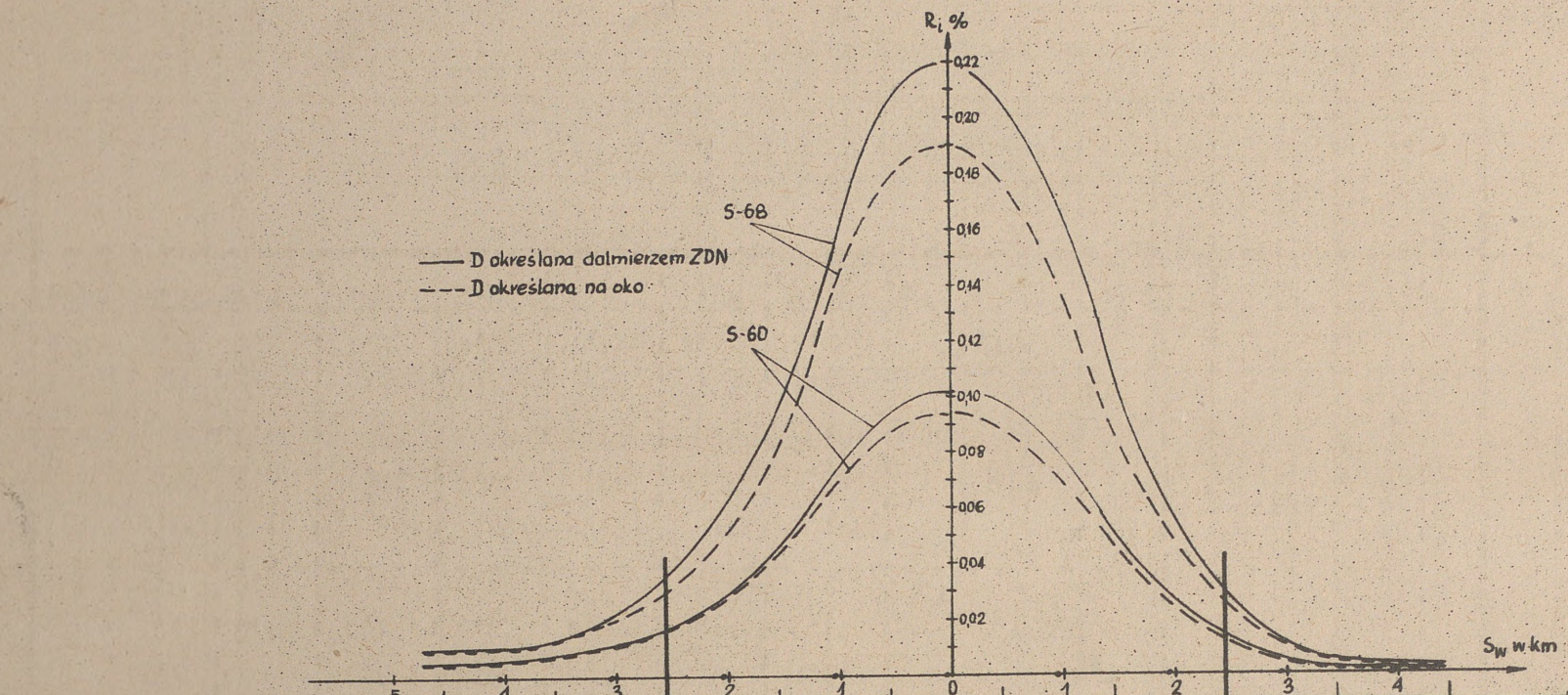
rys. 2.

c/ dla 1 działa 57 mm przy strzelaniu z celownikiem /P = 0/



		7	5	5	5	3	Ilość strzał na lufę
Sprzęt	S_w w m	4300	3300	2300	1300	300	Rn
S-60	ZDN	0,000048	0,000105	0,000867	0,008914	0,1386	0,169
	na oko	0,000046	0,000104	0,000832	0,003565	0,1371	0,141
S-68	ZDN	0,0001	0,0002	0,0018	0,0178	0,2570	0,310
	na oko	0,0001	0,0002	0,0017	0,0071	0,2555	0,262

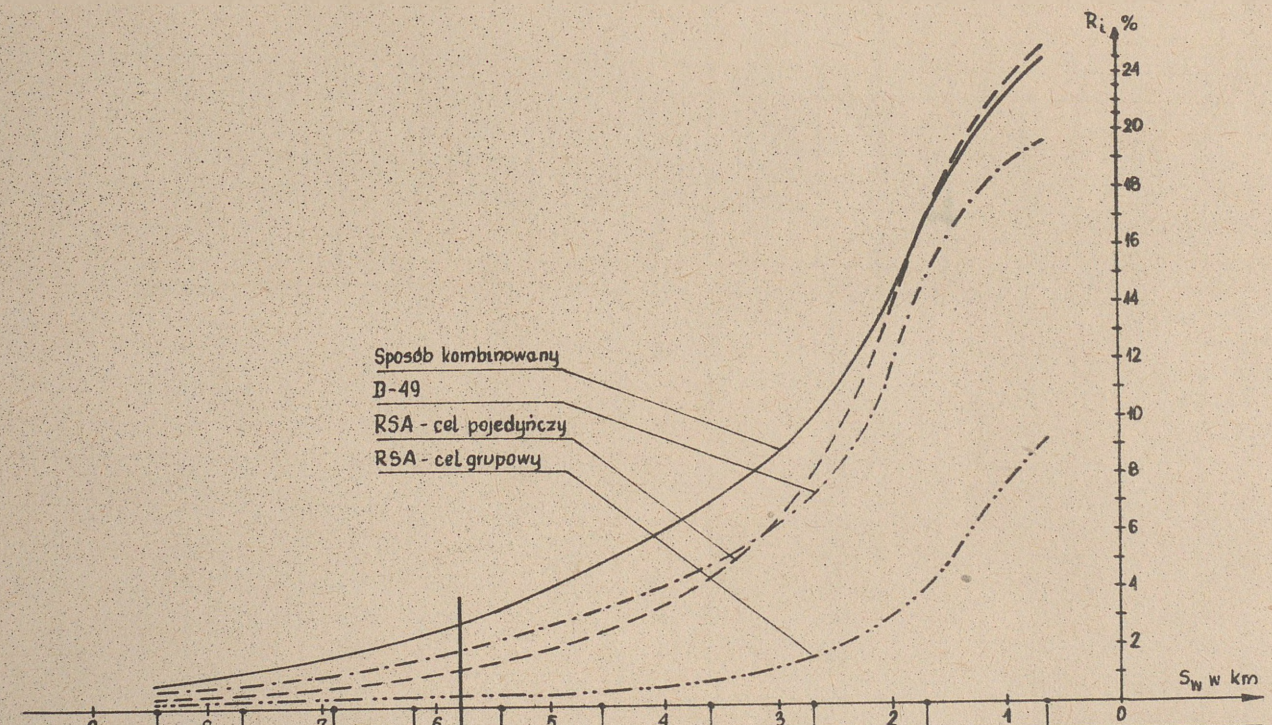
d/ dla 1 działa 57 mm armat przeciwlotn. przy strzelaniu z celownikiem /P =1500 m



		6,5	5,5	4,5	4,5	3	3	2	1	1	Ilość strz. na łf.
Sprzęt	S_W w m	4050	3050	2050	1050	50	950	1950	2950	3950	R_n
S-60	ZDN	0,00006	0,00011	0,00026	0,00073	0,00106	0,00081	0,00027	0,00006	0,00003	0,0034
	na oko	0,000056	0,00011	0,00026	0,00068	0,00094	0,00070	0,00025	0,00005	0,00002	0,0030
S-68	ZDN	0,00008	0,00020	0,00060	0,00150	0,00220	0,00170	0,0006	0,00010	0,00004	0,0070
	na oko	0,00008	0,00020	0,00050	0,00140	0,00190	0,00140	0,0005	0,00010	0,00004	0,0060

rys.4.

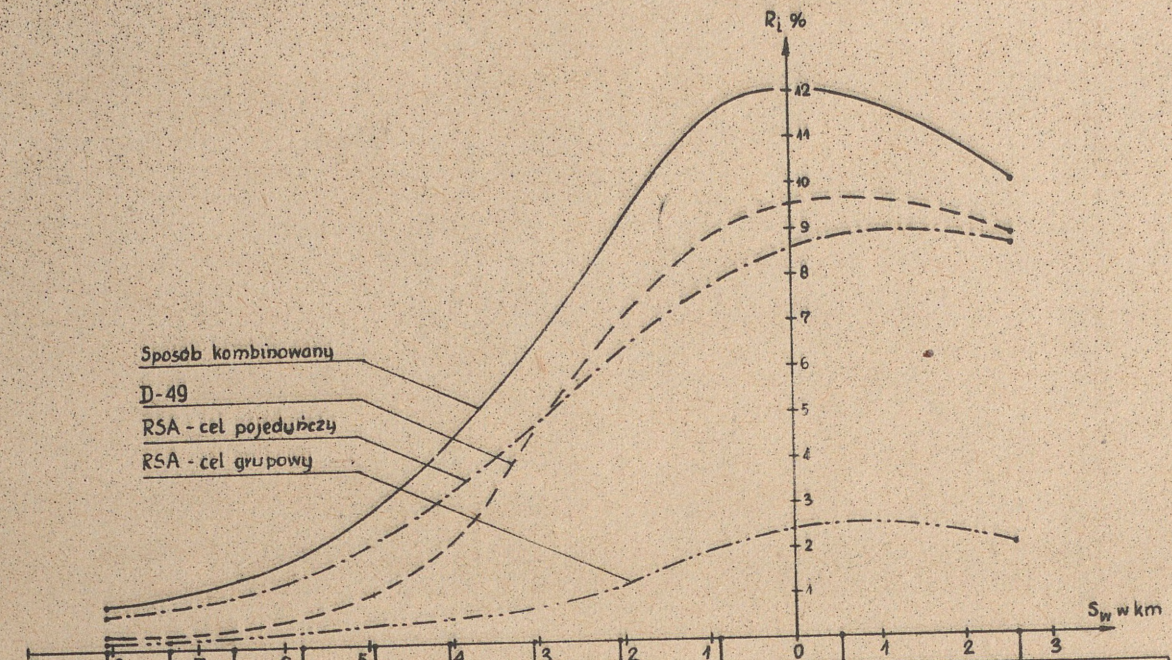
e/ dla 8-działowej baterii 85 mm armat płot. przy strzelaniu z przelicznikiem /P = 0/



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Nr salwy
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	Ilość strzałów
S_w w m	8450	7700	6900	6200	5450	4550	3600	2700	1700	650	R_n
Spos. komb.	0,0083	0,0115	0,0168	0,0245	0,0348	0,0500	0,0690	0,0960	0,1670	0,2505	0,547
D-49	0,0045	0,0046	0,0061	0,0085	0,0145	0,0260	0,0453	0,0765	0,1671	0,2530	0,487
RSA - c.poj	0,0062	0,0081	0,0110	0,0158	0,0242	0,0340	0,0490	0,0720	0,1469	0,1976	0,456
RSA - c.gr.	0,0015	0,0021	0,0028	0,0030	0,0032	0,0049	0,0078	0,0135	0,0385	0,0925	0,161

rys.5

f/ dla 8-działowej baterii 85 mm armat plot. przy strzelaniu z przelicznikiem /P = 1500 m/



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Nr salwy
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	Ilość strzałów
S_w w m	8050	7350	6600	5800	4950	4050	3100	2100	900	550	2600	R_n
Spos. komb.	0,0091	0,0112	0,0145	0,0205	0,0298	0,0432	0,0617	0,0900	0,1160	0,1189	0,1002	0,475
D-49	0,0040	0,0041	0,0046	0,0056	0,0106	0,0214	0,0400	0,0706	0,0883	0,0955	0,0885	0,363
RSA - c.poj.	0,0056	0,0077	0,0115	0,0150	0,0217	0,0333	0,0474	0,0628	0,0772	0,0881	0,0863	0,376
RSA - c.gr.	0,0015	0,0018	0,0020	0,0029	0,0040	0,0055	0,0078	0,0125	0,0195	0,0250	0,0215	0,101

rys.6.

Załącznik nr 10

Tabela 1.

Prawdopodobieństwo rażenia celu pojedyńczego, nadzieja matematyczna ilości rażonych samolotów w grupie, zużycie amunicji oraz oczekiwany rozchód amunicji przy strzelaniu na całym kursie

a/ Strzelanie z przelicznikiem z 57 mm armat plot. S-60

Sposób określania współrzędnych	Ilość dział w baterii	P = 0							P = 1500 m						
		n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4	n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4
D-49	6	198	0,352	563	0,703	282	1,406	141	252	0,668	377	1,336	188	2,672	94
	8	264	0,440	600	0,880	300	1,760	150	336	0,770	436	1,540	218	3,080	109
RSA /cel pojedyńczy/	6	198	0,335	591	-	-	-	-	525	0,648	389	-	-	-	-
	8	264	0,420	618	-	-	-	-	336	0,752	447	-	-	-	-
Sposób kombinowany	6	198	0,391	506	0,782	253	1,564	126	252	0,719	350	1,438	175	2,876	88
	8	264	0,489	546	0,966	273	1,932	136	336	0,820	410	1,640	205	3,280	102
RSA /cel grupowy/	6	198	0,194	1020	0,388	510	0,776	255	252	0,277	910	0,554	455	1,108	227
	8	264	0,250	1036	0,500	528	1,000	264	336	0,351	957	0,702	478	1,404	239

b/ Strzelanie z celownikiem z 57 mm armat plot S-60 i S,68

Typ działa	Sposób określania odległości	Ilość strzelających dział	P = 0							P = 1500 m						
			n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4	n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4
S-60	Dalmierzem ZDN	1	25	0,169	148	0,339	74	0,679	37	31	0,0034	9118	0,007	4428	0,014	2214
		6	150	0,672	229	1,343	112	2,616	56	186	0,020	9300	0,040	4650	0,081	2236
			200	0,773	259	1,547	129	3,094	65	248	0,027	9185	0,054	4592	0,108	2296
	Na oko	1	25	0,141	177	0,282	89	0,564	44	31	0,003	10333	0,006	5166	0,012	2583
		6	150	0,569	350	1,157	125	2,394	63	186	0,018	10333	0,096	5166	0,072	2583
		8	200	0,704	214	1,408	142	2,816	71	248	0,025	9920	0,050	4960	0,100	2280
S-68	Dalmierzem ZDN	1	50	0,310	161	0,620	80	1,240	40	62	0,007	8857	0,014	4428	0,028	2214
		6	300	0,892	336	1,784	168	3,569	84	372	0,040	9300	0,080	4650	0,160	2325
			400	0,949	421	1,897	220	3,795	110	496	0,070	7085	0,140	3542	0,280	1771
	Na oko	1	50	0,262	191	0,324	95	1,044	48	62	0,006	10333	0,012	5166	0,024	2583
		6	300	0,839	357	1,678	178	3,355	89	372	0,038	9789	0,076	4894	0,152	2447
		8	400	0,912	438	1,751	219	3,503	109	496	0,050	9920	0,100	4960	0,200	2480

c/ Strzelanie z przelicznikiem z 85 mm armat plot wz.1939 r.

Sposób określania współrzędnych	Ilość dział w baterii	P = 0							P = 2500 m						
		n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4	n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4
D-49	6	60	0,396	151	0,792	76	1,584	38	66	0,287	230	0,574	115	1,148	58
	8	80	0,487	164	0,974	82	1,948	41	88	0,363	242	0,726	121	1,452	60
RSA /cel pojedyńczy/	6	60	0,366	164	-	-	-	-	66	0,298	221	-	-	-	-
	8	80	0,456	175					88	0,376	234				
Sposób kombinowany	6	60	0,448	134	0,896	67	1,792	34	66	0,383	172	0,766	86	1,532	43
	8	80	0,547	146	1,094	73	2,189	37	88	0,475	185	0,950	92	1,900	46
RSA /cel grupowy/	6	60	0,123	488	0,246	244	0,492	122	66	0,077	857	0,154	448	0,308	224
	8	80	0,161	497	0,322	248	0,644	124	88	0,101	871	0,202	436	0,404	218

Objaśnienie do tabeli: R_n - prawdopodobieństwo rażenia celu pojedyńczego;

A_2 - nadzieja matematyczna ilości rażonych samolotów w parze /2 samoloty/;

A_4 - nadzieja matematyczna ilości rażonych samolotów w kluczu /4 samoloty/;

n - maksymalna ilość strzałów, które może oddać działo /bateria/ w czasie jednego strzelania;

N_1 - średni oczekiwany rozchód amunicji przypadający na 1 strącony samolot.

Tabela 2.

Prawdopodobieństwo rażenia celu pojedyńczego, nadzieja matematyczna ilości rażonych samolotów w grupie, zużycie amunicji oraz średni oczekiwany rozchód amunicji przy strzelaniu na ograniczonym odcinku.

a/ Strzelanie z przelicznikiem z 57 mm armat plot. S-60

Sposób określenia współrzędnych	Ilość dział w baterii	P = 0							P = 1500 m						
		n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4	n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4
D-49	6	114	0,331	334	0,662	172	1,324	86	150	0,649	231	1,298	116	2,596	58
	8	152	0,415	366	0,830	183	1,660	92	200	0,752	266	1,504	133	3,108	67
RSA /cel pojedyńczy/	6	114	0,304	375	-	-	-	-	150	0,612	244	-	-	-	-
		152	0,384	396					200	0,718	278				
Sposób kombinowany	6	114	0,346	329	0,692	164	1,384	82	150	0,679	220	1,358	110	2,716	55
	8	152	4,432	352	0,864	176	1,728	88	200	0,781	256	1,562	128	3,124	64
RSA /cel grupowy/	6	114	0,188	606	0,376	303	0,752	152	150	0,226	570	0,526	285	1,052	142
	8	152	0,242	628	0,484	314	0,968	157	200	0,334	590	0,660	299	1,336	150

b/ Strzelanie z celownikiem z 57 mm armat plot S-60 i S-68

Typ działu	Sposób określania odległości	Ilość strzelających dział	P = 0							P = 1500 m						
			n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4	n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4
S-60	Dalmierz ZDN	1	13	0,167	78	0,334	39	0,668	19	17	0,0031	5666	0,006	2833	0,012	1426
		6	78	0,665	117	1,330	58	2,660	29	102	0,019	5368	0,038	2684	0,076	1342
		8	104	0,768	135	1,536	68	3,072	34	136	0,025	5440	0,050	2720	0,100	1360
	Na oko	1	13	0,140	93	0,280	46	0,560	23	17	0,003	5666	0,006	2833	0,012	1416
		6	78	0,598	130	1,196	65	2,392	33	102	0,018	5666	0,036	2833	0,072	1416
		8	104	0,703	148	1,406	74	2,812	37	136	0,024	5666	0,048	2833	0,096	1416
S-68	Dalmierz ZDN	1	26	0,306	85	0,612	42	1,224	31	34	0,006	5666	0,012	2833	0,024	1416
		6	156	0,888	176	1,776	88	3,552	44	204	0,037	5514	0,074	2757	0,148	1878
		8	208	0,946	220	1,892	110	3,784	55	272	0,049	5551	0,098	2775	0,196	1388
	Na oko	1	26	0,262	99	0,524	48	1,048	24	34	0,006	5666	0,012	2833	0,024	1416
		6	156	0,838	186	1,676	93	3,352	46	204	0,035	5828	0,070	2914	0,140	1457
		8	208	0,912	228	1,824	114	3,648	57	272	0,047	5786	0,094	2893	0,188	1446

c/ Strzelanie z przelicznikiem z 85 mm armat plot. wz.1939

Sposób określania współrzędnych	Ilość dział w baterii	P = 0							P = 2500 m						
		n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4	n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4
D-49	6	36	0,383	94	0,766	47	1,532	23	42	0,277	152	0,454	76	0,908	38
	8	48	0,475	101	0,950	50	1,900	25	56	0,351	159	0,702	79	1,904	39
RSA /cel pojedyńczy/	6	36	0,347	104	-	-	-	-	42	0,277	152	-	-	-	-
	8	48	0,433	111					56	0,351	159				
Sposób kombinowany	6	36	0,422	85	0,844	43	1,688	21	42	0,357	118	0,714	59	0,428	30
	8	48	0,519	92	1,038	46	2,076	23	56	0,445	126	0,890	63	1,780	31
RSA /cel grupowy/	6	36	0,117	307	0,234	154	0,468	77	42	0,071	591	0,142	296	0,284	198
	8	48	0,153	314	0,306	157	0,612	78	56	0,094	596	0,188	298	0,376	199

Uwaga: Oznaczenia w tabeli 2 - tak jak w tabeli 1 załącznika 10.

Srednie wartości R_n, n, A_1 i N_1 przy strzelaniu na całym oraz na ograniczonym odcinku kursu bez uwzględnienia sposobów określania współrzędnych

Typ działu	Sposób strzelania	Ilość strzelających dział	P = 0							P = 1500 m dla mk i 2500 m dla sk						
			n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4	n	R_n	N_1	A_2	N_2	A_4	N_4
S-60	z przelicznikiem	6	198	0,318	622	0,636	311	1,272	155	252	0,578	436	1,156	218	2,312	109
		6 x/	114	0,292	390	0,584	195	1,168	98	150	0,550	272	1,100	186	2,200	93
		9 x/	264	0,398	663	0,796	332	1,592	166	336	0,673	499	1,346	249	2,692	125
		8	152	0,368	413	0,736	206	1,472	166	200	0,646	309	1,292	104	2,584	52
S-60	z celownikiem	6 x/	150	0,636	236	1,272	118	2,544	59	186	0,019	9786	0,038	4893	0,076	2446
		6	78	0,631	120	1,262	60	2,524	30	102	0,0185	5513	0,037	1756	0,074	878
		8 x/	200	0,735	272	1,472	136	2,944	58	248	0,026	5938	0,052	4769	0,104	2384
		8	104	0,730	142	1,460	71	2,920	36	136	0,0245	5551	0,049	2775	0,098	1387
S-68	z celownikiem	6 x/	300	0,866	346	1,732	173	3,464	86	372	0,039	9538	0,076	4769	0,156	2384
		6	156	0,862	181	1,724	90	3,448	45	204	0,036	5666	0,072	2833	0,144	1416
		8 x/	400	0,930	430	1,860	215	3,720	108	496	0,060	8266	0,120	2133	0,240	1066
		8	208	0,929	224	1,858	112	3,716	56	272	0,048	5666	0,096	2833	0,192	1416
85 mm wz.1939r.	z przelicznikiem	6 x/	60	0,333	180	0,666	90	1,332	45	66	0,261	253	0,522	126	1,044	63
		6	36	0,317	120	0,634	60	1,268	30	42	0,245	171	0,490	86	0,980	43
		8 x/	80	0,413	194	0,826	97	1,652	48	88	0,329	267	0,658	133	1,316	66
		8	48	0,395	121	0,790	[illegible]	1,580	30	56	0,310	180	0,620	90	1,240	45

x/ Dane dotyczą strzelania na ograniczonym odcinku kursu.

Załacznik 11.

Normy ogniowe artylerii przeciwlotniczej

a/ Dla 57 mm armat plot.

Temperatura nagrzania lufy po daniu serii strzałów praktycznie zależy tylko od ogólnej liczby strzałów w serii, nie zależy natomiast od liczby strzałów w krótkiej serii i czasu trwania krótkich przerw pomiędzy nimi. Dlatego dla ustalenia reżimu ognia istotna jest tylko ogólna ilość strzałów, jaka może być dana do osiągnięcia przez lufę maksymalnej dopuszczalnej temperatury - T_{max} = 400°C.

Jeżeli ograniczy się przerwy między seriami do minimum można strzelać nie przekraczając T_{max} następującą liczbą strzałów:

- w pierwszej serii - 50-55 strzałów;
- w następnych seriach po ochłodzeniu lufy do 90-100°C 40-45 strzałów.

Będące na wyposażeniu urządzenie chłodzące wymaga 4-5 minut na jedno ochłodzenie, czas ten wzrasta dla każdej następnej serii strzałów.

Tabela 1.

Reżim ognia 57 mm armaty plot. z uwzględnieniem sztucznego chłodzenia lufy

Warunki strzelania \ Czas strzelania w min.	2	15	30	60	Czasokres używalności lufy /ilość strzałów
latem	50	130	220	330	1200-1400
zimą	55	140	220	360	1800-2000

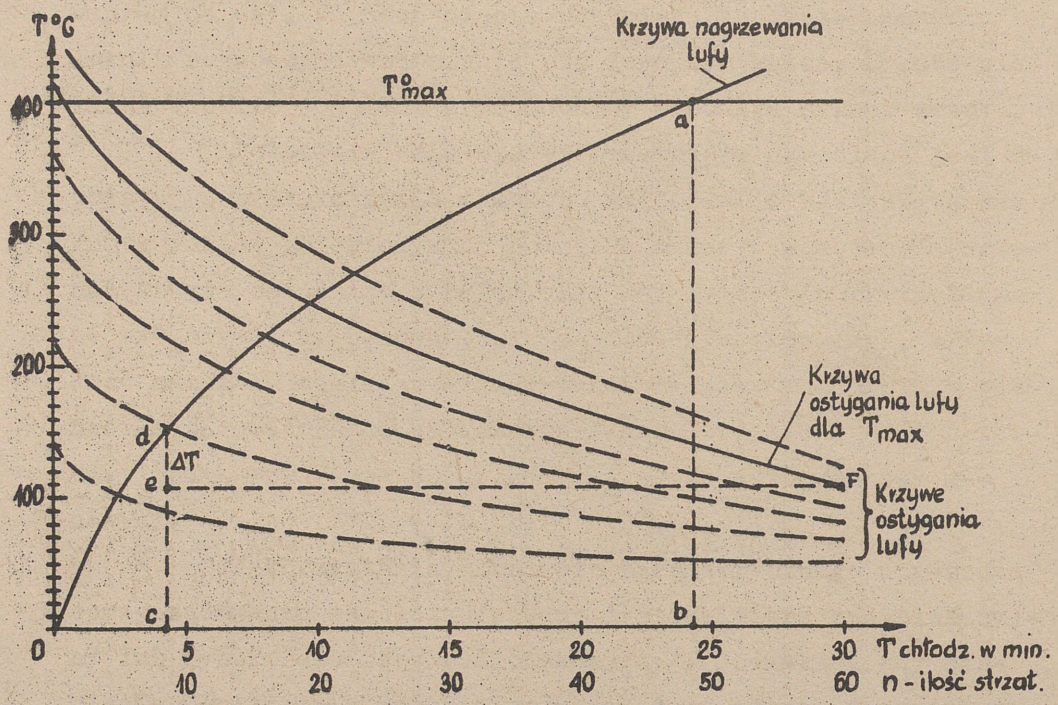
Tabela 2[x/]

Dopuszczalna liczba strzałów w serii

Warunki strzelania	Liczba strzałów w serii	
	na początku strzelania	po sztucznym chłodzeniu
latem	50	40
z i m ą	55	45

x/ Tabela zestawiona do posługiwania się w warunkach polowych.

W naturalnych warunkach chłodzenia możliwości ogniowe maleją i można je określić z wykresu /rys.1/.



ΔT = +40°C – poprawka na inny przebieg nagrzewania lufy w następnym strzelaniu

Rys.1. Rozwiązanie wykreślne nagrzewania się lufy

Przy pomocy wykresu można określić czas niezbędny chłodzenia lufy w naturalnych warunkach przy założeniu, że lufa była nagrzana do T_{max}.

Przykład: należy określić czas niezbędny na ostygnięcie lufy, po upływie którego można ponownie dać 40 strzałów. Temperatura lufy odpowiada T_{max}.

- punkt a rzutujemy na oś odciętych otrzymując punkt b;
- od punktu b odkładamy wzdłuż osi odciętych do zera - 40 strzałów otrzymując punkt C.
- z punktu C przeprowadzamy równoległą do rzędnej T do przecięcia się z krzywą nagrzewania lufy/pkt.d/;

- punkt d obniżamy o $\Delta T = 40^{\circ}C$ otrzymując punkt e;
- przez punkt e przeprowadzamy równoległą do osi odciętych aż do przecięcia się z krzywą ostygania lufy dla T_{max}, otrzymując punkt F;
- rzutując punkt F na oś odciętych otrzymujemy czas chłodzenia lufy w naturalnych warunkach.

Dla powyższego przykładu czas ten wynosi 30 minut.

b/ dla 85 mm armat plot. wz.1939 r.

Aby uniknąć przedwczesnego zużycia lufy przy strzelaniu z granicznym reżimem ognia należy ograniczać nagrzewanie się lufy 85 mm armaty do $350^{\circ}C$.

Do osiągnięcia tej temperatury przez lufę można dać bez przerwy lub z małymi przerwami około 60 strzałów. Dalsze strzelanie możliwe jest dopiero po takim ostygnięciu lufy, które umożliwia danie następnej serii strzałów, bez przekroczenia temperatury maksymalnej T_{max}. Powtórne strzelanie o tej samej liczbie strzałów /do 60/ można przeprowadzić tylko po całkowitym ostygnięciu lufy, co w naturalnych warunkach potrzeba 2 godziny i więcej.

Tabela 1.

Liczba salw do celów i czas trwania strzelania

Ilość celów	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ilość salw do każdego celu	60	30	21	16	14	12	11	10	9	9
Czas trwania strzelania w minutach x/	5	6	7	9,5	10	11	12	14	15	17

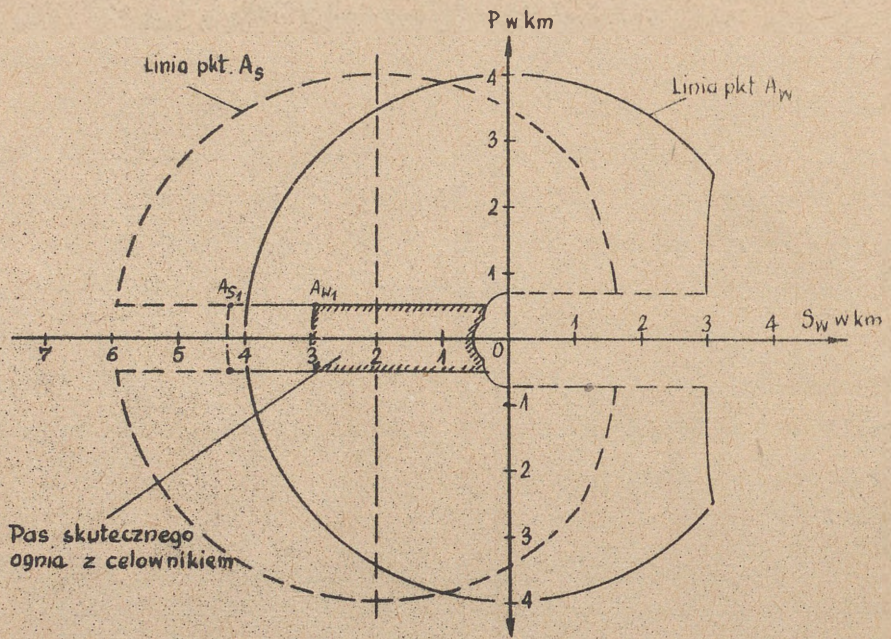
x/ Z uwzględnieniem czasu na przeniesienie ognia /średnio 1 minuta/

Tabela 2

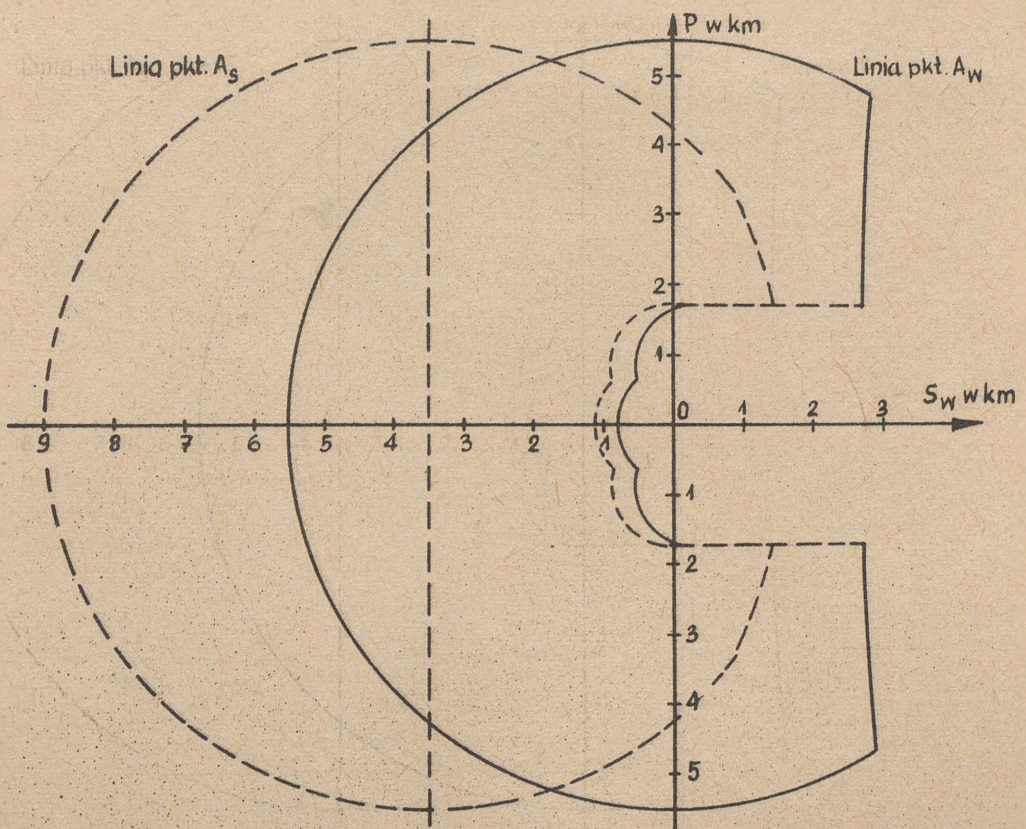
Warunki strzelania \ Przerwa w minutach	5	10	15	20	30	60	120
Tabelarne	10	20	28	35	44	56	60

Załącznik 12

Płaska strefa skutecznego ognia dla baterii artylerii plot.
a/ dla baterii 57 mm.

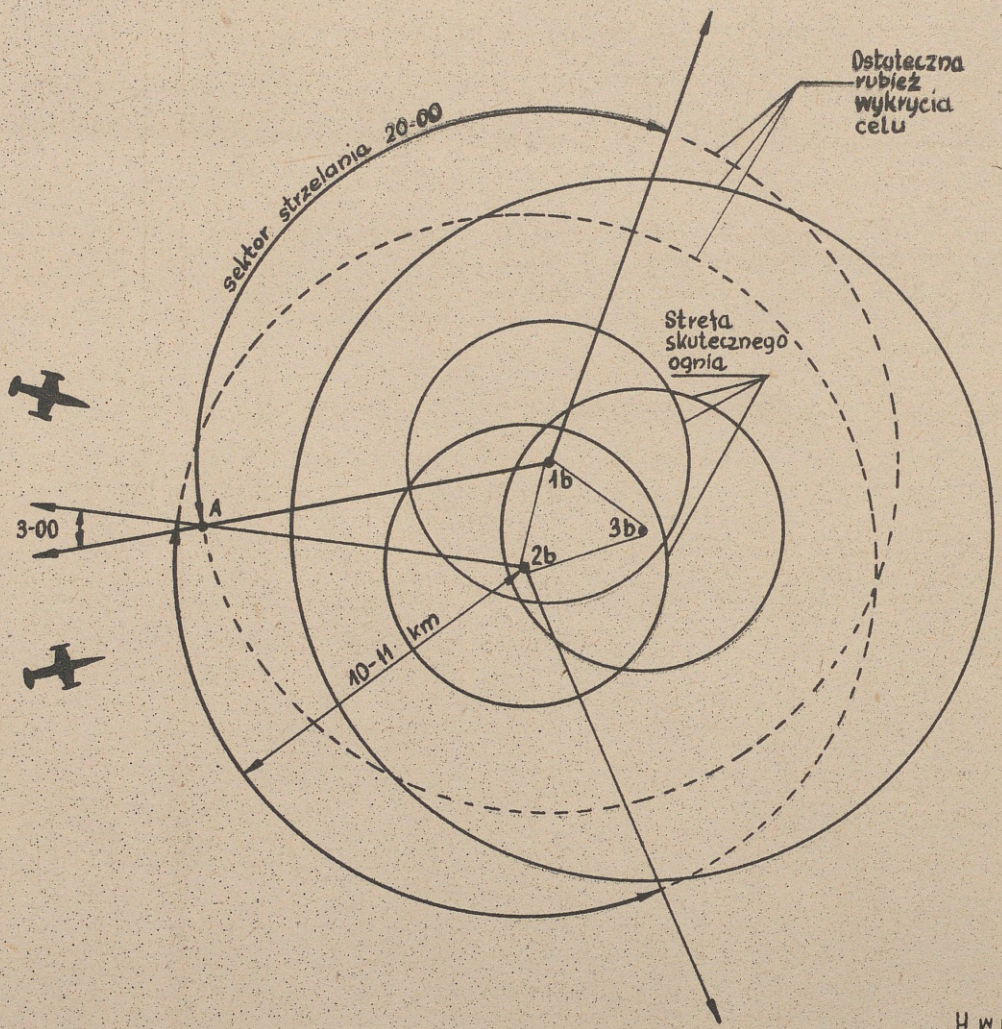


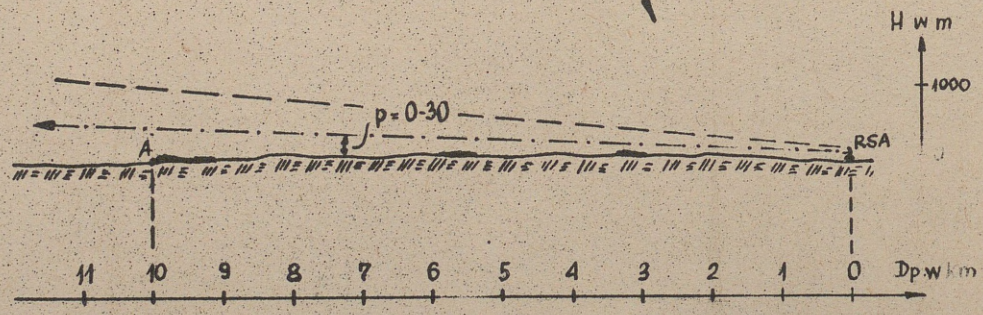
b/ dla baterii 85 mm



Załącznik 13.

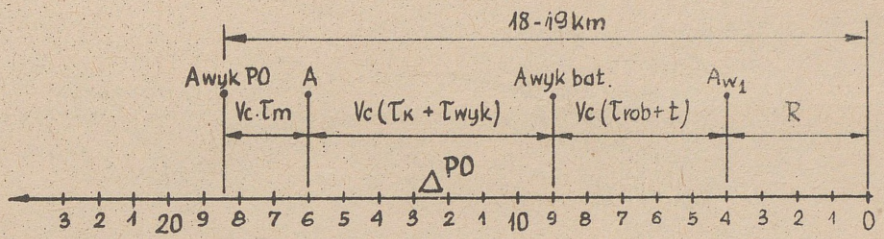
Przykładowe wyznaczenie sektorów strzelania i obserwacji dla baterii dywizjonu artylerii przeciwlotniczej.



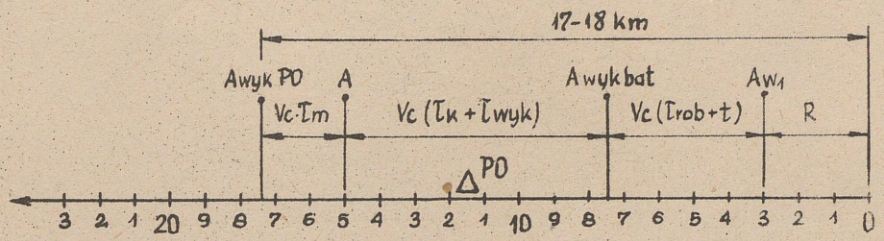


Załącznik nr 14.

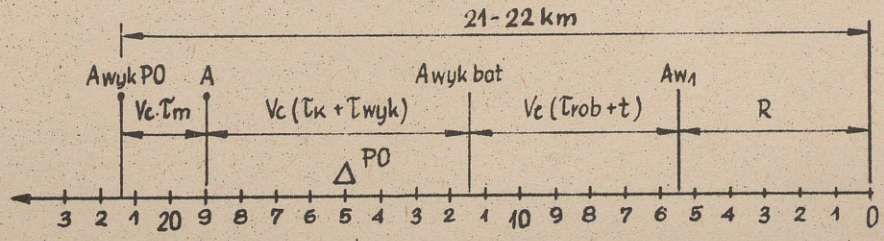
Kalkulacja wysunięcia posterunku obserwacyjnego względem SO baterii.



a) strzelanie z przelicznikiem (57mm)



b). strzelanie z celownikiem (57mm)

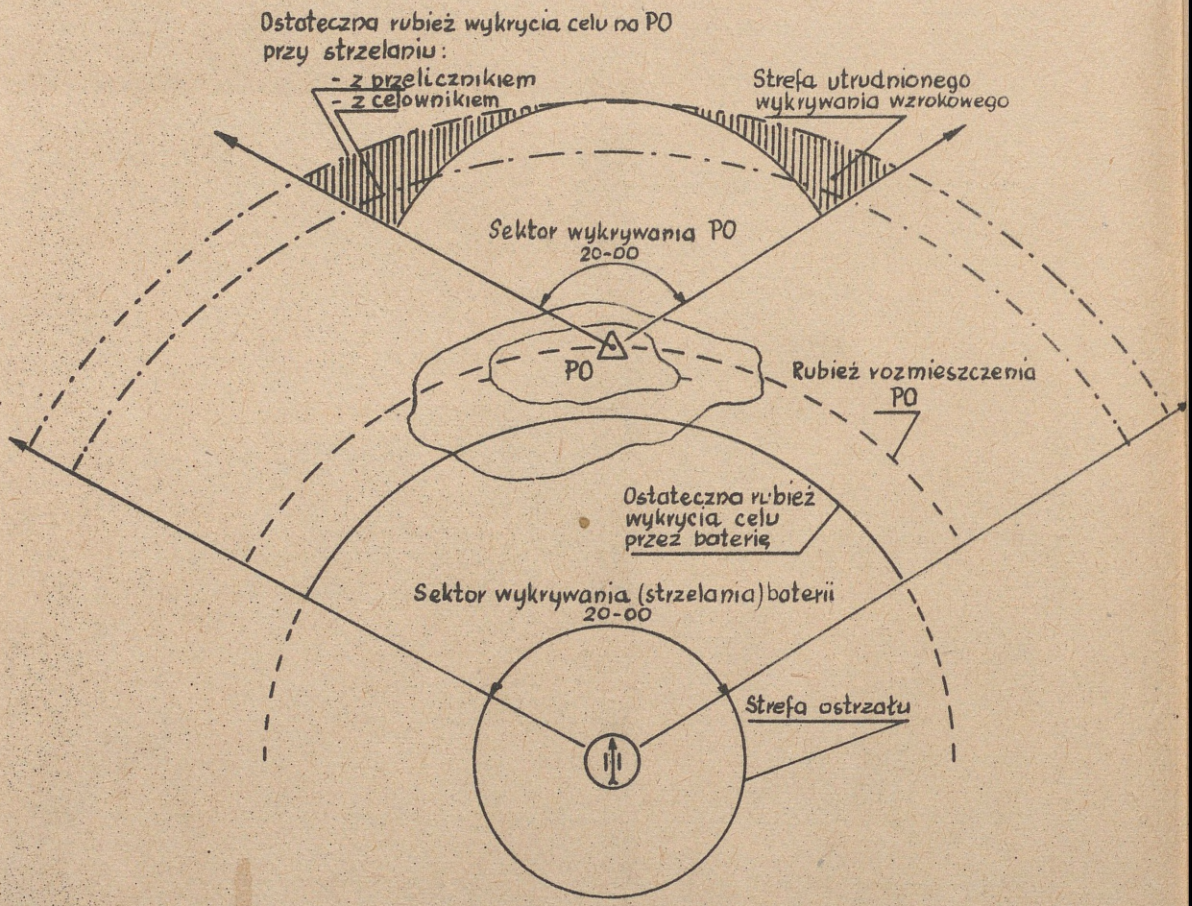


c) strzelanie z przelicznikiem (85mm)

Awyk PO - położenie celu w momencie wykrycia przez PO
A - położenie celu w momencie wskazania go baterii
Awyk bat - położenie celu w momencie wykrycia go przez baterię
$\tau m = 8$ sek - czas potrzebny na złożenie meldunku o celu
$(\tau k + \tau wyk) = 25$ sek ; $\tau rob = 10$ sek ; $t_{57p} \approx 7$ sek ; $t_{57c} \approx 5$ sek ;
$t_{85} = 10$ sek.

Załącznik 15.

Przykładowe rozmieszczenie posterunku obserwacyjnego



Wykonano 20 egz.
egz.nr 1-20 Biblioteka
wyk. ppłk Zabłotni
druk.BI.28.07.1964 r.
nr ks.masz.01674/WW