



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

ASG WP wewn. 3891/85

JAWNE

POUFNE

Egz. nr 1



Płk nawig. dypl. Stefan REKAS

**OŚWIETLENIE CELÓW NAZIEMNYCH
W NOCY**

SKRYPT

55 360

WARSZAWA

1985



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

JAWNE

ASG WP wewn. 3891/85

POUFNE

Egz. nr 1



Płk nawig. dypl. Stefan REKAS

OŚWIETLENIE CELÓW NAZIEMNYCH W NOCY

SKRYPT

55360



WARSZAWA

1985

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK

KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

JAWNE

ASG WP. wewn. 3891/85

Przeklasyfikowana z ~~POUFNE~~ na **JAWNE**

podstawa przekl. Wykaz Aktualnych Wojskowych

Wydawnictw Wewnętrznych szl. gen. **15.27/2001**

data i podpis **11.10.01 Kłosa 4 ul 2**

~~POUFNE~~

Egz. nr.... 1

Płk dypl.nawig. Stefan RĘKAS



OŚWIETLENIE CELÓW NAZIEMNYCH W NOCY

Skrypt



WARSZAWA

1985 r.

Niniejszy skrypt obejmuje podstawowe wiadomości z dziedziny fotometrii, specyfikę i właściwości wykonania obliczeń dla oświetlenia celów w nocy oraz sposoby wykonania zrzutu bomb oświetlających na korzyść grup uderzeniowych, lotnictwa rozpoznawczego czy też wojsk lądowych.

Skrypt przeznaczony jest dla kadry i słuchaczy Wydziału Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej Kraju ASG WP.

S P I S T R E Ś C I

	Str.
WSTĘP	5
1. OGÓLNE WIADOMOŚCI Z FOTOMETRII	7
1.1. Podstawowe jednostki i definicje z fotometrii	7
1.2. Widoczność oświetlonych obiektów w nocy	13
1.3. Cechy szczególne widoczności punktowego źródła światła	15
2. RACJONALNE POŁOŻENIE BOMB OŚWIETLAJĄCYCH W STOSUNKU DO OBIEKTU OŚWIETLANEGO	18
2.1. Racjonalna wysokość palenia się bomb oświetlających nad celem	18
2.2. Wysokość początku świecenia bomb oświetlających	19
2.3. Położenie punktu początku świecenia w stosunku do obiektu oświetlanego	20
2.4. Racjonalne położenie średniego punktu świecenia bomby oświetlającej w stosunku do obiektu oświetlanego i samolotu atakującego /rozpoznającego/	22
3. METODYKA WYKONANIA OBLICZEŃ OŚWIETLENIA CELU	25
3.1. Podstawowe założenia metodyki obliczeń	25
3.2. Obliczenie oświetlenia dla zabezpieczenia wykonania ataku na cele naziemne	26
3.3. Obliczenie oświetlenia dla zabezpieczenia rozpoznania naziemnych obiektów z samolotów /śmigłowców/	33
3.4. Obliczenie oświetlenia w interesach wojsk lądowych	34
4. SPOSOBY WYKONANIA ZRZUTU BOMB OŚWIETLAJĄCYCH	37
4.1. Sposoby celowania podczas zrzutu bomb oświetlających w wypadku wzrokowej widoczności celu	37
4.1.1. Określenie momentu zrzutu bomb oświetlających według kąta celowania	39
4.1.2. Określenie momentu zrzutu bomb oświetlających według czasu wytrzymania	40
4.1.3. Określenie momentu zrzutu bomb oświetlających celowaniem do punktu początku świecenia	41
4.2. Sposoby celowania podczas zrzutu bomb oświetlających w przypadku niewidoczności celu	42
4.2.1. Określenie momentu zrzutu bomb oświetlających według czasu obliczonego	42

WSTĘP

We współczesnych warunkach walki, działania bojowe wojsk lądowych w nocy mogą przebiegać nie mniej intensywnie niż w dzień. Pod osłoną ciemności wzrasta aktywność przewozów i przegrupowań wojsk, wzrastają możliwości wysadzania desantów powietrznych, oraz przegrupowania środków napadu jądrowego, które w ciągu dnia rozmieszczone są przeważnie w rejonach wyczekiwania i dokładnie zamaskowane.

W związku z powyższym, istnieje potrzeba wykorzystania lotnictwa myśliwsko-bombowego do działań bojowych w nocy. Jednak stopień trudności wykonania zadań w nocy jest znacznie większy niż w dzień, wymaga dużego doświadczenia i specjalnego przeszkolenia pilotów oraz dodatkowych przedsięwzięć organizacyjnych.

Atakowanie obiektów w nocy przez lotnictwo myśliwsko-bombowe może być wykonywane:

- w warunkach wzrokowej widoczności obiektu przy naturalnym oświetleniu, tj. w jasną noc księżycową, o zmierzchu lub o świcie;
- w ciemną noc bez wzrokowej widoczności obiektu,
- w ciemną noc przy sztucznym oświetleniu obiektu.

W warunkach jasnej nocy księżycowej, szczególnie przy pokrywie śnieżnej dobrze widoczne są takie obiekty, jak: jeziora, rzeki itp..Dużo obiektów może być także widocznych w nocy przy pozorach w rejonie obiektu działań, jak również o zmierzchu lub o świcie.

W ciemną noc przy niewidoczności obiektu można w zasadzie wykorzystać tylko uzbrojenie bombardierskie, a moment zrzutu bomb określić według systemów radiotechnicznych. Jednak wykorzystanie systemów radiotechnicznych wymaga dokładnej znajomości współrzędnych geodezyjnych obiektu działań, a ponadto strefa robocza tych systemów ogranicza zasięg działania, który jest zależny od wysokości lotu. Z tego też powodu systemy radiotechniczne nie mogą być uniwersalnymi środkami celowania. Dlatego równolegle ze środkami radiotechnicznymi należy stosować sztuczne oświetlenie obiektu działań bombami oświetlającymi.

Atakowanie /rozpoznanie/ obiektów oświetlonych wykonuje się podobnie jak w dzień, jednak największą trudność stanowi samo oświetlenie obiektu. Problem ten wymaga rozwiązania następujących zagadnień:

- określenie ilości bomb oświetlających potrzebnych do uzyskania niezbędego oświetlenia obiektu,
- określenia racjonalnego położenia ogniska świetlnego w stosunku do oświetlanego obiektu,
- określenia momentu zrzutu bomb oświetlających.

Dlatego też treścią niniejszego skryptu będzie teoretyczne wyjaśnienie tych zagadnień, rozwiązanie zadań związanych z oświetleniem obiektów działań.

I. OGÓLNE WIADOMOŚCI Z FOTOMETRII

1.1. Podstawowe jednostki i definicje z fotometrii

Widoczność przedmiotów polega na działaniu fali świetlnych wychodzących od nich a działających na oko ludzkie. Fale świetlne mogą być wypromieniowane przez sam przedmiot /Słońce, reflektor, pożar/ lub mogą być odbijane od danego przedmiotu oświetlanego przez drugie zewnętrzne źródło światła.

Obiekty bombardowania nie są na ogół źródłem światła, dlatego przy teoretycznym rozpatrywaniu zasad oświetlania będą nas interesować głównie czynniki wpływające na widoczność takich przedmiotów, które mogą być wzrokowo rozpoznawane tylko w warunkach ich oświetlenia przez zewnętrzne źródło światła.

Intensywność promieniowania fal świetlnych określa się wielkością energii przenoszonej przez fale świetlne na dowolną płaszczyznę w jednostce czasu, czyli charakteryzuje się strumieniem energii świetlnej lub mocą. Jednak intensywność odczucia światła przez odbiornik selektywny, jakim jest oko ludzkie, zależy nie tylko od mocy strumienia świetlnego lecz także od wrażliwości oka ludzkiego na fale świetlne określonej długości.

Dla pełnej charakterystyki intensywności działania światła na oko ludzkie wprowadza się w fotometrii świetlnej pojęcie "strumienia świetlnego - F", natężenia światła - I, itp..

S t r u m i e ń ś w i e t l n y - F - jest to moc energii promieniowania. Oko ludzkie niejednakowo reaguje na strumień świetlny w zakresie widzialnej części widma. Najmniejszy strumień promieniowania F_0 zdolny do wywołania w oku odczucia światła nazywamy światłym progmem oka. Największą czułość ma oko dla strumienia światła monochromatycznego o długości fali $0,554\mu$.

Jako jednostkę strumienia świetlnego przyjęto **l u m e n /lm/**; jest to strumień świetlny wypromieniowany przez ciało absolutnie czarne w temperaturze krzepnięcia platyny 1769°C o powierzchni $5,305 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2$.

N a t ę ż e n i e ś w i a t ł a - I - określa się strumieniem światłym przechodzącym przez jednostkowy kąt bryłowy.

Jednostką natężenia światła jest **kandela /cd/** - jest to jedna sześćdziesiąta część natężenia światła, wysyłanego w kierunku prostym przez powierzchnię jednego centymetra kwadratowego ciała doskonale czar-

nego w temperaturze krzepnięcia platyny.^{x/} Tak więc kandela jest to światłość punktowego źródła światła w tych kierunkach, w których wypromieniowuje ono strumień świetlny 1 lumena, zawarty wewnątrz jednostkowego kąta bryłowego tzn. steradiana /steradian - kąt bryłowy objęty stożkiem mającym wierzchołek w środku kuli i opartym na podstawie kulistej o powierzchni równej kwadratowi promienia kuli/.

Wewnątrz pełnego kąta bryłowego źródła światła o natężeniu 1 cd wypromieniowuje strumień światła $F = 4\pi = 12,56$ lm.

Natężenie oświetlenia - E - określa powierzchniową gęstość padającego strumienia świetlnego, czyli jest to stosunek strumienia świetlnego F padającego na jednostkę powierzchni S.

$$E = \frac{F}{S} \quad //1/$$

Jednostką oświetlenia jest lux /lx/ lub fot /ph/. Lux jest to oświetlenie wywołane przez strumień 1 lumena padający na powierzchnię 1 m^2 . Fot jest to oświetlenie wywołane przez strumień 1 lumena padający na powierzchnię 1 cm^2 . Do bardzo słabych oświetleń używa się czasem jednostki nox /nx/ gdzie $1 \text{ nx} = 10^{-4} \text{ lx}$.

Tabela nr 1 podaje wartości oświetleń płaszczyzn poziomych na powierzchni ziemi w częściej spotykanych wypadkach.

Ciało, na które pada strumień światła, staje się źródłem wtórnej emisji świetlnej /t.j. wysyła we wszystkie strony strumień świetlny/. Strumień świetlny emitowany /odbity/ przez powierzchnię ciała jest słabszy od strumienia padającego na tę powierzchnię na skutek pochłonięcia przez nią części energii świetlnej. Różnica między natężeniem

 x/ Do niedawna układ jednostek fotometrycznych był nieuporządkowany i w różnych krajach były przyjęte różne wzorcowe źródła światła, jak np. jednostka platynowa Violle'a. W 1884 r. Violle'a zaproponował przyjęcie jednostkę natężenia źródła światła, tak zwaną jednostkę platynową, czyli jednostkę równą natężeniu światła wysylanego przez 1 cm^2 powierzchni platyny w temperaturze jej krzepnięcia. Wzorec ten jednak okazał się mało praktyczny ze względu na duże trudności utrzymania stałej i wysokiej temperatury = 1773 C . Okazało się, że zmiana temperatury o 1 C wywołuje aż 15% zmiany w natężeniu światła. Poza tym jednostka Violle'a okazała się zbyt duża do celów praktycznych. Dlatego ustalono jako jednostkę natężenia źródła światła przyjęcie $1/20$ jednostki Violle'a i tę nową jednostkę nazwano świecą międzynarodową.

Świeca międzynarodowa była do 1948 r. przyjęta w większości krajów. Od 1948 r. we wszystkich państwach, które przystąpiły do konwencji metrycznej wprowadzona została nowa jednostka natężenia źródła światła - kandela /cd/, niemniej jednak w praktyce często jest jeszcze stosowana świeca międzynarodowa.

Tabela 1

Rodzaj oświetlenia	Wielkość oświetlenia /lx/
Przez niebo gwiazdziste w nocy	0,003
Przez Księżyc w pełni /blisko zenitu/	0,2
Wystarczające do orientacji o zmroku	1
Potrzebne do czytania	50
W dzień w dobrze oświetlonym pokoju	około 100
Do prac precyzyjnych	75-500
Na powietrzu w dzień /bez Słońca/	około 100
W pełnym słońcu latem w południe	100000
W pełnym słońcu u granic atmosfery	130000

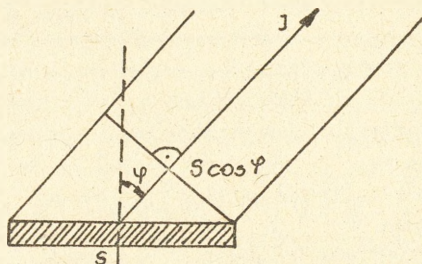
oświetlenia a wtórną emisją świetlną polega na tym, że natężenie oświetlenia powierzchni określone jest padającym na nią strumieniem świetlnym, a wtórna emisja - odbitym strumieniem świetlnym. Odbicie strumienia świetlnego przez powierzchnię określa się współczynnikiem odbicia - K , / K - współczynnik określający zdolność odbicia danej powierzchni/.

Dla wszystkich istniejących ciał w przyrodzie współczynnik $K < 1$. Większość ciał rozprasza światło selektywnie, tzn. istnieje w nich współczynnik K różny dla różnych długości fal świetlnych. Takie ciała widzimy jako ciała kolorowe. Jeżeli na nie pada białe światło, to odbite światło różni się pod względem swego składu spektralnego od światła białego i wywołuje wrażenie określonego koloru. Gdy dla wszystkich długości fal w obrębie widma widzialnego $K = 1$, to mamy do czynienia z powierzchnią idealnie białą, doskonale odbijającą. Powierzchnia pokryta świeżym śniegiem ma $K = 0,9$ i nieco więcej. Natomiast czarne powierzchnie matowe o małej zdolności odbijania światła i dużych możliwościach pochłaniających światło mają współczynnik $K = 0,01$.

Wtórna emisja świetlna ciała jest jednym z głównych czynników wpływających na wzrokową widoczność tego ciała. Charakteryzuje się ona strumieniem świetlnym, wypromieniowanym we wszystkich kierunkach, lecz dla obserwatora znaczenie ma tylko ta część strumienia świetlnego, która rozprzestrzeniła się w kierunku obserwatora. Dlatego dla pełnego wyjaśnienia podstaw fotometrii wprowadzono jeszcze jedno podstawowe pojęcie - jasność powierzchniowa /albo krócej jasność/.

Jasnością powierzchniową dowolnego przedmiotu w danym /określonym/ kierunku nazywa się stosunek natężenia światła w

danym kierunku do rzutu powierzchni na płaszczyznę prostopadłą do tego kierunku.



Rys.1. Warunki określenia jasności powierzchniowej

$$B = \frac{I}{S \cdot \cos^2 \psi} ; \quad /2/$$

gdzie: ψ - kąt między danym kierunkiem a normalną do powierzchni świecącej;

Jednostką jasności powierzchniowej źródła światła jest stilb /sb/. Stilb - jasność równomiernie świecącej powierzchni dającej natężenie światła 1 kandeli na centymetr kwadratowy, przy czym jasność i natężenie światła określone są w kierunku prostopadłym do tej powierzchni /1 sb = 1 cd/cm²/.

Milistilb /msb/ - jedna tysięczna stilba /1 msb = 10⁻³sb/.

Decymilistilb /dmsb/ - jedna dziesięciotysięczna stilba /1 dmsb = 10⁻⁴sb/.

Często występuje jako jednostka jasności źródeł wtórnych - apostilb /asb/; jest to jasność białej doskonale odbijającej powierzchni, której oświetlenie równe jest 1 lx.

Tabela 2

Jasności powierzchniowe niektórych źródeł światła w /sb/

Źródło światła	Jasność
Niebo w noc bezksiężycową	0,00000008
Powierzchnia Księżyca	0,25
Niebo nieco zamglone	0,8
Płomień świecy	1,0
Płomień lampy naftowej	1,5
Spiralki w żarówce elektrycznej	150-200
Kinowa lampa projekcyjna	150000
Powierzchnia Słońca	165000

Próg czułości oka na jasność wynosi $6,4 \cdot 10^{-11}$ sb. Jeżeli jasność jest większa niż 16 sb, oczy zostają oślepięne. Zakres największej czułości oka na światło białe odpowiada jasności $0,0064 \pm 0,064$ sb.

Między jasnością powierzchniową, wtórną emisją świetlną a oświetleniem występuje zależność:

$$B = \frac{1}{\sigma} \cdot Q = \frac{K}{\sigma} \cdot E; \quad /3/$$

gdzie: Q - stosunek strumienia świetlnego emitowanego /odbitego/ do powierzchni płaszczyzny emitującej.

Wskazuje to, że jasność powierzchniowa przedmiotu zależy od jego właściwości fizycznych, określanych przez współczynnik rozproszenia, oraz od oświetlenia.

Jasność obiektu, widzianego przez obserwatora będzie się zmniejszała wraz ze wzrostem odległości między obserwatorem a obserwowanym obiektem. Jest to spowodowane tłumieniem energii świetlnej i zależy od przeźroczystości powietrza τ . Współczynnik ten wskazuje, jaka część energii świetlnej przepuszczana jest przez warstwę powietrza o grubości 1 km. W praktyce współczynnik ten jest zawsze mniejszy od jedności. W dolnych warstwach atmosfery do wysokości 4 ± 5 km przeźroczystość powietrza, a więc i współczynnik τ może się zmieniać w bardzo dużym zakresie od 0 do 0,9. W wyższych warstwach atmosfery zazwyczaj powyżej 5 km przeźroczystość powietrza jest na ogół dobra i dla niej współczynnik τ osiąga wartość 0,975.

W obliczeniach oświetlenia celów przyjmuje się następujące wartości współczynnika przeźroczystości powietrza:

- przy dobrej widoczności = 0,9
- przy średniej widoczności = 0,8
- - przy słabej widoczności = 0,7

Współczynnik przeźroczystości powietrza τ zależy więc od widzialności, którą w lotnictwie charakteryzuje przeźroczystość powietrza i określana jest widocznością obiektów z określonej odległości - "d". Wielkości "d" i τ związane są następującą zależnością:

$$d/\text{km} = \frac{1,7}{1-\tau}; \quad /4/$$

Znając odległość widzialności "d" można określić wielkość współczynnika przeźroczystości:

Odległość widzialności d	35-40	15-20	10-12	8-6
Współczynnik przeźroczystości	0,9	0,8	0,7	0,6

Przy określaniu jasności obiektu widzianego przez obserwatora należy uwzględnić odległość między obserwatorem i obiektem oraz konkretną przezroczystość powietrza, określoną współczynnikiem τ . Jeżeli odległość między obiektem a obserwatorem wynosi L /km/ przy przezroczystości powietrza τ , to jasność tego obiektu dla obserwatora będzie równa:

$$B = \frac{K}{\pi} \cdot E \cdot \tau^L; \quad /5/$$

Jednak nie wszystkie otaczające nas przedmioty można zauważyć lub zaobserwować wzrokowo, a nawet jeśli są zauważalne, to nie w jednakowym stopniu. Oko ludzkie nie jest w stanie zauważyć na przykład takich małych przedmiotów, jakimi są molekuly różnych ciał, również i duże ciała mogą być nie spostrzegane, jeżeli będą one bardzo szybko przemieszczać się względem oka obserwatora, np. lecący pocisk.

Tak więc na charakter wzrokowego rozpoznania "odczucia" mają wpływ rozmiary obserwowanego obiektu oraz długotrwałość obserwacji.

Niekiedy jednak i zwykle nieruchome przedmioty przy długotrwałej obserwacji mogą być w jednych warunkach widoczne dobrze, a w innych źle lub wcale niewidoczne. Np. czarny przedmiot znajdujący się na czarnym tle może być słabo lub wcale niewidoczny. Ten sam przedmiot będzie lepiej widoczny na czerwonym tle, a jeszcze lepiej na tle białym. W ten sposób powstaje zagadnienie, jakim wymaganiom fotometrycznym powinny odpowiadać przedmioty, aby były one widoczne wzrokowo. Rozwiązanie tego zagadnienia daje nam fizjologia. Okazuje się, że przedmioty mogą być zauważone wzrokowo dzięki ich jasności. W przyrodzie każdy przedmiot rozpatrywany jest na określonym tle. Oznaczając przez B_o - jasność, jaką posiada przedmiot w kierunku obserwatora, a przez B_t - jasność tła, na którym znajduje się dany przedmiot, możemy powiedzieć, że warunkiem widoczności tego przedmiotu jest następujący warunek:

$$\Delta B = B_o - B_t > 0 \quad /6/$$

Jeżeli $\Delta B = 0$ to przedmiot pod względem świetlnym nie różni się od tła, a więc nie może być zauważony wzrokowo. Dla każdego konkretnego warunków istnieje pewna minimalna różnica ΔB_{gr} , przy której obiekt będzie jeszcze widoczny. Różnicę tę nazywamy graniczną wielkością różnicy jasności.

W praktyce często wykorzystuje się nie różnicę absolutną, lecz stosunek nazywany kontrastem jasności.

$$K = \frac{B_o - B_t}{B_t} \quad \text{I jeżeli } B_o = B_t = \Delta B_{gr} \quad \text{to} \quad /7/$$

graniczna wielkość kontrastu będzie się równać:

$$K_{gr} = \frac{B_{gr}}{B_t}$$

/8/

1.2. Widoczność oświetlonych obiektów w nocy

Aby określić czy dany obiekt będzie widoczny w konkretnych warunkach, należy obliczyć rzeczywistą różnicę jasności obiektu i tła i porównać tę różnicę z graniczną wielkością różnicy. Widoczność obiektu będzie miała miejsce tylko w przypadku gdy:

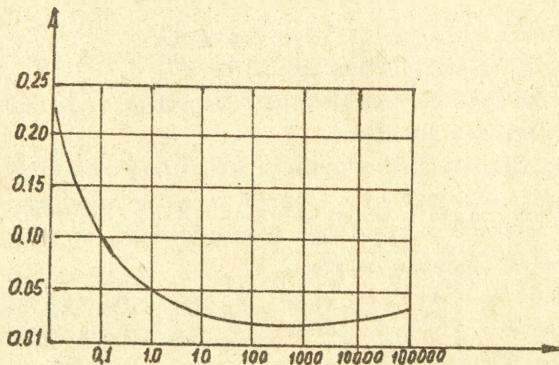
$$\Delta B_{rz} \geq B_{gr}$$

W ten sposób dla polepszenia warunków obserwacji należy dążyć aby graniczna różnica jasności była jak najmniejsza przy możliwie dużej różnicy jasności rozpatrywanego obiektu i tła, na którym obiekt ten się znajduje.

Głównymi czynnikami, od których zależy graniczna wielkość różnicy jasności lub graniczna wielkość kontrastu, są:

- jasność tła;
- wielkość kątowna;
- stopień adaptacji wzroku ludzkiego;
- długotrwałości obserwacji;
- oślepienia przez inne zewnętrzne źródła światła.

Zmniejszając jasność tła zwiększa się graniczną wartość kontrastu. Znaczy to, że na ciemnym tle obiekty są widoczne gorzej niż na jasnym.



Rys.2. Zależność granicznej wielkości kontrastu od jasności tła

Powyższą zależność określono doświadczalnie. Jasność obiektu lub tła większa od 10 apostilbów odpowiada oświetleniu dziennemu. Przy takich jasnościach graniczna wielkość kontrastu osiąga wielkość 1,5-2%. Dlatego przyjmuje się w teorii dla oświetlenia dziennego graniczną wielkość kontrastu jako wielkość stałą równą 2%.

Graniczna wielkość kontrastu wzrasta tym intensywniej im większa jest jasność tła. Tym tłumaczy się fakt, że przy pokrywie śnieżnej terenu wszystkie obiekty w nocy są lepiej widoczne niż bez tej pokrywy. Prócz tego należy mieć na uwadze to, że zmniejszenie granicznej wielkości kontrastu w nocy można uzyskać przez sztuczne oświetlenie tła w rejonie obiektu.

Wraz ze wzrostem wymiarów kątowych obiektów /względem obserwatora/ graniczna wielkość kontrastu lub jasności zmniejsza się. Największe zmiany granicznych wielkości kontrastu występują przy kątowych wymiarach celu mniejszych od $0,5^\circ$. Przy wymiarach kątowych obiektu większych niż $0,5^\circ$ graniczna wielkość kontrastu zmienia się nieznacznie. O ile rozmiary obiektu są większe od $0,5^\circ$ to można praktycznie uważać, że ze zmianą rozmiarów celu w tym zakresie graniczna różnica jasności nie zmieni się.

Adaptacja wzroku ludzkiego jest to przystosowanie oka do nowych jasności. Znany jest fakt, że człowiek, który przejdzie z jasnego pomieszczenia do ciemnego, początkowo nie widzi nawet wystarczająco jasnych przedmiotów, dopiero po upływie pewnego czasu oko przystosowuje się do nowych jasności i będzie w stanie rozróżniać słabo oświetlone obiekty.

Czułość oka człowieka po 5-10 min wzrasta 10-krotnie, a po dalszych 30 min kilka tysięcy razy. Przyspieszenie adaptacji można osiągnąć poprzez:

- głębokie oddychanie na świeżym powietrzu;
- zimne okłady na potyliczną część głowy;
- noszenie okularów ze specjalnymi czerwonymi szklami lub oświetlenie pomieszczeń czerwonym światłem.

Im mniejszy jest stopień adaptacji oczu, tym większa jest graniczna wartość kontrastu. Dlatego pilot przed zajęciem miejsca w kabinie powinien przebywać w skąpo oświetlonym pomieszczeniu, a po wejściu do samolotu nie zapalać jasnych świateł.

Długotrwałość obserwacji ma wpływ na graniczną wielkość kontrastu tylko w tym wypadku, gdy czas obserwacji obiektu jest mniejszy od 1 sekundy. W przypadku bombardowania obserwacja celu musi być znacznie dłuższa, rzędu kilkudziesięciu sekund, dlatego można przyjąć, że graniczna wielkość kontrastu w warunkach bombardowania praktycznie nie zależy od

długotrwałości obserwacji.

Oślepienie wzroku następuje wtedy, gdy w polu widzenia obserwatora znajdzie się silne źródło światła, np. świecąca SAB. Oślepienie powoduje duże zwiększenie wielkości granicznej kontrastu i dlatego bomby oświetlające należy zrzucać tak, aby nie występowało zjawisko oślepienia pilota.

Z rozpatrzonych poprzednio zależności granicznej wielkości kontrastu /różnicy jasności/ wynika, że aby obiekt był widoczny, rzeczywisty kontrast obiektu i tła musi być większy od granicznego. Ponieważ nie możemy wpływać na właściwości fizyczne tła i obiektu, a odległość L określana jest warunkami celowania /obserwacji/, jedynym czynnikiem wpływającym na zwiększenie różnicy jasności tła i obiektu jest dostateczne oświetlenie celu.

Niezbędne oświetlenie obiektu uzyskuje się dzięki specjalnym sztucznym źródłom światła, jakimi są bomby oświetlające. Dla uzyskania takiego oświetlenia wymagane jest rozwiązanie szeregu zagadnień takich, jak: w jakim punkcie względem celu, na jakiej wysokości, z której strony względem samolotu bombardującego lub rozpoznawczego należy spowodować działanie bomb oświetlających, aby przy minimalnym zużyciu środków oświetlających uzyskać najlepsze oświetlenie celu. Zagadnienia te można rozwiązać, jeżeli znane są czynniki wpływające na wielkość oświetlenia.

Oświetlenie obiektu uzyskane przez ładunek bomby oświetlającej zależy od natężenia światła I /siły światła bomby SAB/, odległości L źródła światła od oświetlanego obiektu, kąta padania promieni świetlnych β i przezroczystości powietrza τ .

$$E = \frac{I \cdot \cos \beta}{L^2} \tau L; \quad /9/$$

Wzór ten jest podstawowym wzorem stosowanym dla rozwiązania głównych zagadnień obliczenia oświetlenia celu przy bombardowaniu nocnym.

1.3. Cechy szczególne widoczności punktowego źródła światła

Poprzednio rozpatrzono czynniki wpływające na widoczność przedmiotów, które nie były samodzielnym źródłem światła. Jednak w czasie działań bojowych w nocy ważne zagadnienie mogą stanowić warunki i czynniki powodujące widoczność przedmiotów będących źródłami światła.

Z doświadczeń dobrze znany jest fakt, że pożary, ognie, żarówki elektryczne itp. źródła światła, mimo ich bardzo małych wymiarów kątowych, są dobrze widoczne w ciemną noc. Źródło światła może być dostrzeżone z takich odległości, z jakich sam przedmiot stanowiący to źródło nie

będzie widoczny. Np. światło żarówki elektrycznej, mającej średnicę kilku centymetrów jest widoczne w nocy z odległości kilku kilometrów, natomiast w dzień tej samej żarówki dostrzec nie można ze względu na jej zbyt małe wymiary kątowe.

Widoczność punktowego źródła światła różni się wieloma cechami szczególnymi od widoczności oświetlonego przedmiotu:

- oko nie rozpoznaje kształtu przedmiotu, obserwator widzi go jako punkt świecący;

- nie można ocenić wielkości kątowej przedmiotu - to samo ognisko może wydawać się większe lub mniejsze zależnie od większej lub mniejszej jego jasności. Zjawisko pozornego zwiększania się jasnych przedmiotów nazywa się irradiacją;

- jasność źródła światła zależna jest od odległości pomiędzy obserwatorem a źródłem światła. Jasność źródła światła określoną w punkcie obserwacji obliczyć można ze wzoru:

$$E = \frac{I}{L^2} \tau L; \quad /10/$$

Człowiek jest w stanie rozpoznać źródło światła jedynie w tym wypadku, kiedy jasność źródła światła określona w punkcie obserwacji będzie większa od pewnego granicznego oświetlenia. Taki zakres oświetlenia leżący na granicy między widocznością a niewidocznością nazywa się absolutną granicą rozpoznania. Dla średniego wzroku ludzkiego w średnich warunkach obserwacji absolutna granica rozpoznania wynosi $E_0 = 0,0000002$ lx. Podstawiając tę wartość do powyższego wzoru, można określić widoczność punktowego źródła światła w zależności od jego natężenia i przezroczystości atmosfery. Obliczenia wykazują, że odległość widzialności nawet niezbyt silnych źródeł światła jest duża. Np. żarówka elektryczna o natężeniu 500 świec w próżni ($\tau = 1$) może być widziana z odległości 50 km, przy dobrej przezroczystości powietrza ($\tau = 0,9$), ta sama żarówka widoczna jest z odległości do 20 km.

Duże odległości widzialności punktowych źródeł światła umożliwiają wykorzystanie ich do wyjścia załogi na cel i ataku z prostej oraz ułatwiają celowanie. Jeżeli uda się uzyskać w rejonie celu sztuczne źródło światła o odpowiednio dużym natężeniu, wówczas oświetlenie z powietrza przy użyciu bomb oświetlających może okazać się zbyt skuteczne.

Poniższa tabela podaje potrzebne natężenie światła punktowego źródła, umożliwiające jego widoczność w zależności od odległości i przezroczystości powietrza w milionach świec.

Tabela 3

L	1,0	0,9	0,8	0,7
20	$8 \cdot 10^{-6}$	0,0007	0,007	0,1
30	$181 \cdot 10^{-6}$	0,0043	0,147	8,07
40	$320 \cdot 10^{-6}$	0,022	2,425	507,5
50	$500 \cdot 10^{-6}$	0,099	35,4	-
60	$710 \cdot 10^{-6}$	0,415	475,0	-
70	$980 \cdot 10^{-6}$	1,626	-	-
80	$1280 \cdot 10^{-6}$	6,125	-	-
90	$1620 \cdot 10^{-6}$	22,3	-	-

Z powyższych danych wynika, że przy dobrej przezroczystości powietrza $\tau = 0,9$ potrzebne jest stosunkowo nieduże natężenie źródła światła dla jego wzrokowego rozpoznania. W takich warunkach już źródło światła o natężeniu 2-6 mln świec jest widoczne z odległości 70-80 km i może być wykorzystane jako dobrze widoczny obiekt orientacyjny podczas lotów nocnych, jak również i dla oznaczenia punktów celowania lub celu, względnie rejonu celu przy bombardowaniu nocnym. Jednak, jak z powyższych danych wynika, potrzebne natężenie źródła światła dla jego wzrokowego zauważenia silnie wzrasta przy pogorszeniu się przezroczystości powietrza. Zmniejszenie jasności punktowego źródła światła ma miejsce przy występowaniu dymki i mgły w rezultacie czego zmniejsza się wówczas i odległość jego widzialności.

Jako sztuczne źródło światła stosowane w rejonie celu mogą być używane bomby specjalne. Obecnie w uzbrojeniu znajdują się bomby świetlnosygnalizacyjne typu NOSAB, które podczas palenia się będą punktowymi źródłami światła o kolorze białym, czerwonym i żółtym.

2. RACJONALNE POŁOŻENIE BOMB OŚWIETLAJĄCYCH W STOSUNKU DO OBIEKTU OŚWIETLANEGO

Aby uzyskać największy efekt oświetlenia celu, bomby oświetlające powinny mieć określone położenie w stosunku do niego w czasie świecenia. Najkorzystniejsze położenie bomb oświetlających względem celu stwarza najdogodniejsze warunki jego oświetlenia, odszukania i atakowania przy użyciu najmniejszych sił i środków. Najkorzystniejsze położenie bomb oświetlających określa optymalna wysokość palenia się bomby oświetlającej nad celem oraz jej droga względem celu w czasie znoszenia przez wiatr i zniżania.

2.1. Racjonalna wysokość palenia się bomb oświetlających nad celem

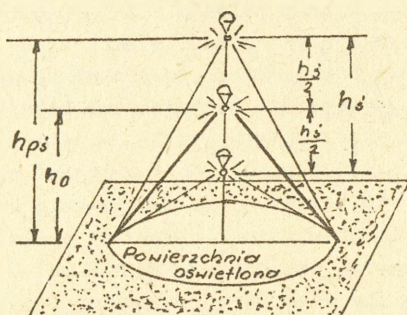
W celu zapewnienia załogom odpowiednich warunków działań w nocy należy oświetlić nie tylko sam obiekt, lecz również pewną powierzchnię wokół niego. Im większa będzie oświetlona powierzchnia, tym lepsze uzyskane zostaną warunki odszukania i obserwacji samego obiektu.

Jak wiemy, najlepiej oświetlona zostaje ta część powierzchni, która znajduje się pionowo pod źródłem światła, a w miarę oddalania się ku peryferyjnym częściom powierzchni oświetlenie jej maleje. Intensywność zmniejszania się oświetlenia zależy od wysokości położenia źródła światła nad oświetlaną powierzchnią. Ze zmniejszeniem wysokości do pewnej granicy oświetlenie powierzchni o danym promieniu "r" będzie się zwiększać, gdyż zmniejsza się odległość od źródła światła. Na wysokości optymalnej h_0 , oświetlenie peryferyjnych odcinków osiąga wartość maksymalną, a podczas dalszego zmniejszania wysokości świecenia SAB znacznie się zmniejsza, ponieważ kąt padania promieni świetlnych β stanie się niekorzystny dla oświetlenia odcinków peryferyjnych.

Optymalną /racjonalną/ wysokością świecenia bomby oświetlającej nazywamy taką wysokość h_0 , na której oświetlenie peryferyjnych odcinków powierzchni o promieniu "r" jest największe. Wysokość tę określa się wzorem:

$$h_0 = 0,53 r; \quad /11/$$

Z obliczeń wynika, że najwygodniejszy kąt padania promieni świetlnych na odcinki peryferyjne oświetlanej powierzchni wynosi 62° , odległość nachylona w tym przypadku będzie równa $L = 1,13 r$.



Rys.3. Optymalna wysokość świecenia bomb oświetlających

2.2. Wysokość początku świecenia bomb oświetlających

Ładunek oświetlający bomby SAB w czasie swego palenia się opada na spadochronie i przebywa pewną odległość pionową, równą:

$$h_s = v_{\text{opad}} \cdot t_{\text{pal}} ; \quad /12/$$

gdzie:

v_{opad} - średnia prędkość opadania ładunku oświetlającego bomby w /m/s/.

t_{pal} - czas palenia się ładunku oświetlającego bomby /s/.

Aby zapewnić najdłuższy czas działania bomby oświetlającej na wysokości możliwie zbliżonej do wysokości optymalnej, należy ustalić początkową wysokość świecenia odpowiednio większą od wysokości optymalnej h_0 .

Na ogół wysokość początku świecenia bomb SAB wybiera się tak, aby w okresie pierwszej połowy czasu palenia się ładunku oświetlającego bomby znajdowała się ona na wysokości większej od wysokości optymalnej, a wysokość optymalną osiągnął w połowie swego czasu palenia się.

Przy obliczaniu wysokości zapalenia się ładunku oświetlającego bomby SAB h_{ps} należy uwzględnić fakt, że w czasie swego spalania się ciężar ładunku oświetlającego zmniejsza się, co z kolei powoduje zmniejszenie się rzeczywistej prędkości zniżania. Przyjmuje się, że odległość, jaką ładunek oświetlający przebędzie w kierunku pionowym od momentu zapalenia się do osiągnięcia wysokości optymalnej świecenia h_0 , jest równa:

$$h_1 = 0,65 \cdot h_{sw} = 0,65 \cdot v_{\text{opad}} \cdot t_{\text{pal}} ; \quad /13/$$

Stąd wynika, że wysokość początku świecenia bomb SAB należy obliczyć według wzoru:

$$h_{ps} = h_0 + 0,65 \cdot v_{\text{opad}} \cdot t_{\text{pal}} ; \quad /14/$$

Srednią prędkość zniżania oraz czas palenia się ładunku oświetlającego dla każdego typu bomb oświetlających podano w zał. 1.

Dla zapewnienia działania bomb oświetlających na nakazanej wysokości początku świecenia h_{ps} stosuje się do tych bomb zapalniki czasowe.

Znając wysokość początku świecenia h_{ps} i typ stosowanych bomb oświetlających można ustalić wysokość zrzutu bomb i obliczyć czas opóźnienia zapalników czasowych. Przy obliczaniu czasu opóźnienia zapalnika czasowego, jak również przy obliczaniu innych elementów balistycznych potrzebnych dla celowania podczas zrzucania bomb SAB należy posługiwać się umowną charakterystyką balistyczną Q_{um} określoną ze wzoru:

$$Q_{um} = 20,193 + /0-20,193/ \cdot P; \quad /15/$$

gdzie:

P - współczynnik równy stosunkowi gęstości powietrza na wysokości zrzutu bomb SAB /Hb/ do gęstości powietrza na wysokości początku świecenia h_{ps} .

2.3. Położenie punktu początku świecenia w stosunku do obiektu oświetlanego

Bomba oświetlająca w czasie swego działania stanowi ładunek oświetlający podwieszony na spadochronie. Podczas palenia się ładunek ten opada i jednocześnie pod wpływem wiatru przemieszcza się w kierunku poziomym względem powierzchni ziemi i z prędkością wiatru działającego na wysokości $h_{ps} = V_{opad} \cdot t_{pal}$.

W czasie palenia się ładunku oświetlającego bomby SAB pod wpływem wiatru przemieści się on w kierunku poziomym o odcinek drogi równy:

$$S = U \cdot t_{pal}$$

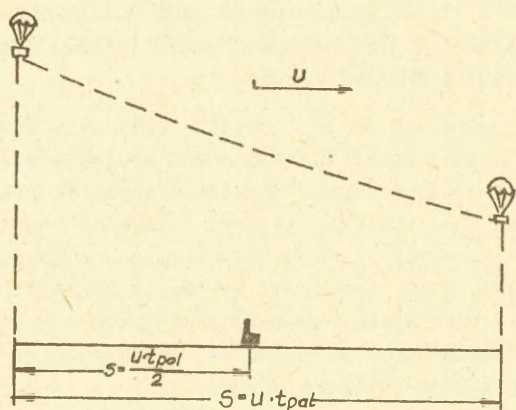
gdzie:

U - prędkość wiatru w m/s;

Najlepsze wykorzystanie światła bomby SAB ma miejsce wtedy, gdy ładunek oświetlający znajdzie się nad celem w połowie drogi świecenia. W związku z tym początek świecenia powinien znajdować się w odległości:

$$\frac{S}{2} = \frac{U \cdot t_{pal}}{2}$$

w kierunku pod wiatr od celu.



Rys.4. Położenie punktu początku świecenia SAB w stosunku do celu

Takie położenie punktu początku świecenia zapewni oddalenie się bomby SAB od celu w czasie jej świecenia.

Czas palenia się współczesnych bomb SAB wynosi 4-6 min. Średnica strefy widzialnej dzięki oświetleniu waha się w granicach od 1 do 4 km i dlatego przy dużych prędkościach wiatru odległość wyniesienia punktu początku świecenia w stosunku do celu może okazać się znacznie większa od promienia strefy widoczności. W tym przypadku cel nie będzie widoczny na początku świecenia bomby, ponieważ znajdzie się on poza strefą oświetlenia. Kiedy wielkość wyniesienia punktu początku świecenia będzie większa od promienia strefy oświetlenia "r", wówczas punkt początku świecenia należy wynieść w stronę nawietrzną na odległość "r", czyli w tym przypadku $\frac{S}{2} = r$, a wtedy cel będzie znajdował się w oświetlonej strefie widoczności od początku świecenia bomby SAB.

Należy jednak wziąć pod uwagę, że w takim przypadku cel będzie oświetlony tylko przez pewien czas "t", który jest mniejszy od czasu palenia się bomby SAB.

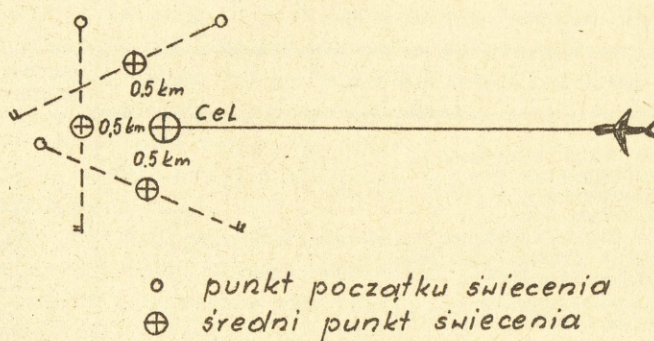
$$t = \frac{2r}{u} < t_{\text{pal}}$$

W końcu palenia się ładunku oświetlającego bomby, cel znajdzie się poza strefą widoczności, cel nie będzie oświetlony. Należy to uwzględnić w przypadku konieczności oświetlenia celu przez czas dłuższy od czasu świecenia ładunku pojedynczej bomby, tj. kiedy występuje konieczność zrzucenia kilku salw bomb SAB w określonych odstępach czasu.

2.4. Racjonalne położenie średniego punktu świecenia bomby oświetlającej w stosunku do obiektu oświetlanego i samolotu atakującego /rozpoznającego/

Przy wyborze położenia punktu początku świecenia /PPS/ względem celu założyliśmy, że średni punkt świecenia SAB znajduje się dokładnie nad celem. Rozważania przeprowadzone przez teoretyka radzieckiego N.W.Kryłowa pozwalają na stwierdzenie, że przy położeniu bomby oświetlającej dokładnie nad celem warunki widzialności celu z samolotu bombardującego nie będą najlepsze. Obliczone przez Kryłowa wielkości potrzebnego natężenia światła zapewniające widzialność obiektu w zależności od położenia bomby SAB względem celu, pozwalają wnioskować, że potrzebne natężenie światła będzie najmniejsze wówczas, gdy cel nie znajdzie się na rzucie toru spadania bomby oświetlającej na powierzchnię ziemi, lecz oddalony będzie od rzutu tego toru w stronę obserwatora na pewną odległość. Wielkość oddalenia celu od rzutu toru bomby zapewniająca optymalne warunki widzialności przy minimalnym natężeniu światła na ogół jest jednakowa dla różnych wysokości palenia się ładunku oświetlającego h_0 i mieści się w granicach $0,4 \pm 0,6$ km. Stąd wniosek, że przy pewnym określonym natężeniu światła widzialność obiektów położonych w stronę obserwatora w odległości $0,4 - 0,6$ km od rzutu źródła światła będzie nieco lepsza niż widzialność obiektów znajdujących się dokładnie pod źródłem światła. Uwzględniając te właściwości należy stwierdzić, że najdogodniejszym średnim punktem świecenia będzie punkt wyniesiony za cel w stosunku do kierunku nalotu samolotów bombardujących na odległości średnio $0,5$ km. Dlatego przy określaniu położenia średniego punktu świecenia i punktu początku świecenia względem celu i samolotu bombardującego należy kierować się zasadą uwidocznioną na poniższym rysunku.

Na ogół wyniesienie średniego punktu świecenia uwzględnia się w ten sposób, że jako punkt celowania przy zrzucaniu bomb SAB przyjmuje się nie sam cel, lecz określony obiekt orientacyjny leżący pod średnim punktem świecenia.



Rys.5. Położenie średniego punktu świecenia i punktu początku świecenia względem celu

Tabela 4

Widzialność meteo /km/	50	37	23	20	17,5	14	11	10
\bar{J}	0,92	0,90	0,85	0,82	0,80	0,75	0,70	0,68

3. Średnie wartości współczynników kontrastowości dla typowych obiektów uderzeń /rozpoznania lub orientacyjnych/ przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 5

O b i e k t o ś w i e t l e n i a	Współczynnik kontrastu K_k
Betonowa droga startowa:	
- na piaszczystym tle	0,45
- na trawiastym tle	0,60
- na śnieżnym tle	0,77
Gruntowa droga startowa w lecie	0,32
Samoloty na drodze startowej:	0,75
- na piaszczystym tle	0,70
- na trawiastym tle	0,46
- na śnieżnym tle	0,25
Technika wojskowa z ciemno-zielonym pokryciem	
- na drodze asfaltowej	0,37
- na drodze gruntowej	0,25
- na śniegu	0,80
- na zielonej trawie	0,13
Składy paliw z naziemnymi metalowymi zbiornikami	0,84
Anteny RLS usytuowane powyżej horyzontu	0,50
Mosty kolejowe i drogowe:	
- w lecie	0,84
- w zimie	0,50
Stacje kolejowe /węzły kolejowe/:	
- w lecie	0,60
- w zimie	0,80
Składy pociągów w ruchu	0,16
Przeprawy pontonowe	0,30
Budynki fabryczne	0,75
Tamy z betonu na tle wody	0,84
Zaorane łąny pola na tle zielonej trawy	0,50
Kontury lasów	0,30
Jeziora, zbiorniki wodne	0,90

4. Współczynnik optyki określa stratę światła przy jego przechodzeniu przez system optyczny celowników i wynosi:

dla celowników OPB-11, OPB-15, OPB-16	$K_{opt} = 5,0$
dla celowników OPB-5, OPB-6	$K_{opt} = 2,5$
dla celowników kolimatorowych, mechanicznych i obserwacji wzrokowej	$K_{opt} = 1,0$

3. METODYKA WYKONANIA OBLICZEŃ OŚWIETLENIA CELU

Obliczenia oświetlenia celu polegają na tym, aby dla przyjętych warunków atakowania czy rozpoznawania celu /wysokość i prędkość lotu samolotów, rodzaje celownika/, a także dla istniejących warunków meteorologicznych /widzialność, przeźroczystość powietrza, prędkość wiatru/ oraz charakter celu i jego tła znaleźć:

- potrzebną ilość bomb oświetlających "n_{SAB}" lub ilość samolotów oświetlających N_{SAB};
- warunków wykonania zrzutu bomb oświetlających itp.

Dotychczas znane metody obliczeń potrzebnej ilości bomb SAB dla zabezpieczenia działań lotnictwa w nocy różnią się między sobą tym, że potrzebną ilość bomb oświetlających określa się:

- z warunków zapewnienia niezbędnej widzialności celu;
- dla warunków zapewnienia niezbędnego oświetlenia celu.

Omówiona w skrypcie metodyka obliczeń pozwala na określenie potrzebnej ilości bomb oświetlających z uwzględnieniem zarówno zapewnienia widzialności celu, jak i zapewnienia niezbędnego oświetlenia celu.

3.1. Podstawowe założenia metodyki obliczeń

1. Potrzebne oświetlenie zależy od przeźroczystości powietrza, odległości obserwatora do oświetlonego obiektu, charakterystycznych właściwości obiektu /rozmiar, kontrastowość, otaczające tło/ i typu urządzenia celowniczego. Zależność tę wyrażono wzorem:

$$E_o = \frac{0,2 \cdot \tau \cdot L}{K_k} \cdot K_{opt} ; \quad /16/$$

gdzie:

- E_o - potrzebne oświetlenie w /lx/;
- τ - współczynnik przeźroczystości powietrza;
- L - odległość obserwatora do oświetlonego obiektu /km/;
- K_k - współczynnik kontrastowości obiektu;
- K_{opt} - współczynnik przeźroczystości optyki urządzeń celowniczych.

2. Wartości współczynnika przeźroczystości powietrza τ do wysokości 2000 m w zależności od widzialności meteorologicznej przedstawia tabela 4.

5. Konieczna nachylona odległość obserwacji - L podczas bombardowania z lotu poziomego i przy małych kątach nurkowania obliczamy ze wzoru:

$$L = \sqrt{H^2 + A_0 + V \cdot t_{\text{cel}}/2} ; \quad /17/$$

gdzie:

H - wysokość bombardowania /wysokość lotu samolotu na początku drogi bojowej/;

A_0 -zniesienie bomby przez wiatr;

V - prędkość powietrza podczas bombardowania;

t_{cel} - czas celowania

Podczas bombardowania z lotu nurkowego z większymi kątami lub z lotu wznoszącego nachyloną odległość obserwacji L określana jest jako potrzebna odległość wykrycia dla pomyślnego wykonania ataku na cel bezpośrednio z trasy.

3.2. Obliczenie oświetlenia dla zabezpieczenia wykonania ataku na cele naziemne

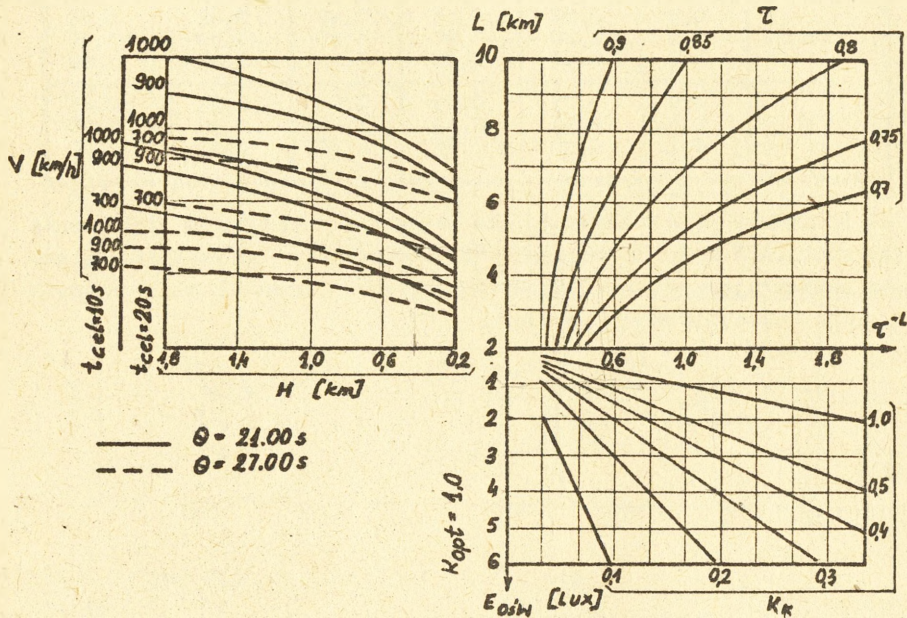
1. Potrzebne oświetlenie obiektu /celu, rejonu/ w lx obliczane według wzoru nr 16 przedstawiono na kombinowanym wykresie.

Wykres ten opracowano dla następujących warunków:

- wysokość bombardowania w zakresie 200-1800 m;
- prędkość bombardowania w zakresie 700-1000 km/h;
- charakterystyka balistyczna bomby $Q = 21,00$ s i $Q = 27,00$ s;
- czas przycelowania $t_{\text{cel}} = 10$ s podczas bombardowania z lotu poziomego bez manewru wysokością i $t_{\text{cel}} = 20$ s przy manewrze typu "górnka" i podczas bombardowania z małymi kątami nurkowania;
- współczynnik przeźroczystości powietrza $\tau = 0,7-0,9$;
- współczynnik kontrastowości obiektu i tła $K_k = 0,1-1,0$;
- współczynnik przeźroczystości optyki $K_{\text{opt}} = 1,0$ i $K_{\text{opt}} = 5,0$.

Podczas bombardowania z wysokości 2000-6000 m najpierw z tabeli nr 6 odczytujemy wartość wyjściową oświetlenia E_0 , a następnie potrzebne oświetlenie obliczamy ze wzoru:

$$\overline{E_0} = E \cdot \frac{K_{\text{opt}}}{K_k} ; \quad /18/$$



Rys. 6. Kombinowany wykres dla określenia potrzebnego oświetlenia obiektu

Wyjściowe wartości oświetlenia E_0 /lx/ dla bombardowania z wysokości 2000–6000 m bombami z $Q = 21,00$ s przy $K_K = 1,0$ i $K_{opt} = 1,0$.

Tabela 6

v /km/h/	τ	Wysokość /m/				
		2000	3000	4000	5000	6000
1	2	3	4	5	6	7
700	0,9	0,42	0,40	0,36	0,34	0,32
	0,8	1,10	0,90	0,80	0,75	0,70
	0,7	1,70	1,30	1,10	0,90	0,80
900	0,9	0,52	0,47	0,42	0,40	0,38
	0,8	1,69	1,30	1,12	1,00	0,90
	0,7	3,20	2,40	1,80	1,50	1,20

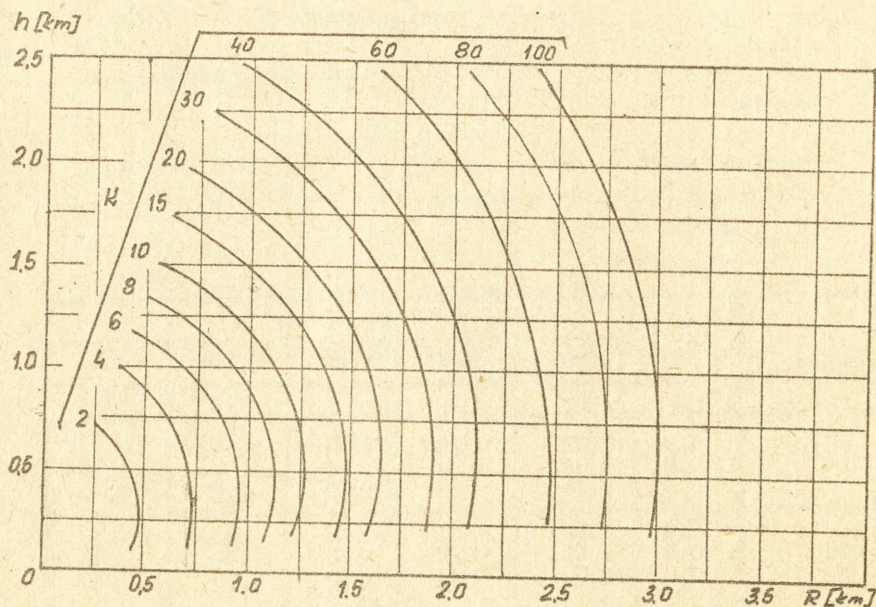
	1	2	3	4	5	6	7
1100		0,9	0,60	0,54	0,47	0,42	0,40
		0,8	2,20	1,90	1,60	1,30	1,10
		0,7	6,10	4,30	2,90	2,30	1,80
1300		0,9	0,75	0,65	0,57	0,51	0,46
		0,8	2,80	2,40	2,00	1,60	1,40
		0,7	9,30	6,80	4,90	3,30	2,70

2. Konieczna siła światła J_k dla uzyskania potrzebnego oświetlenia E_0 na granicach kręgu o promieniu "r" i wysokości "h" palenia się ładunku oświetlającego bomb SAB określamy według krzywych różnych oświetleń rys. 7-9 obliczonych ze wzoru:

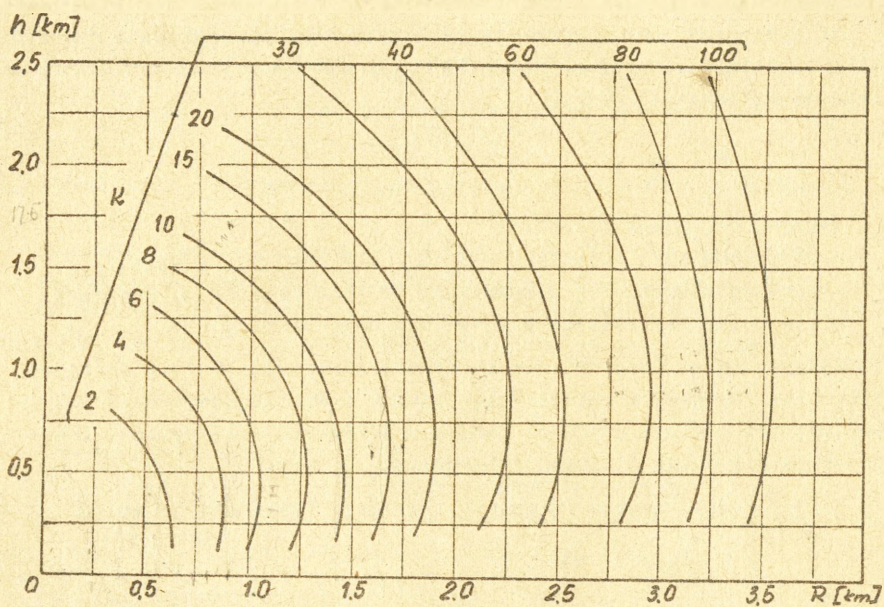
$$J_k = \frac{4E_0 \cdot h^2}{\cos^2\beta / 1 + \cos\beta} \cdot \tau^{-4\text{sec}} \quad /19/$$

gdzie:

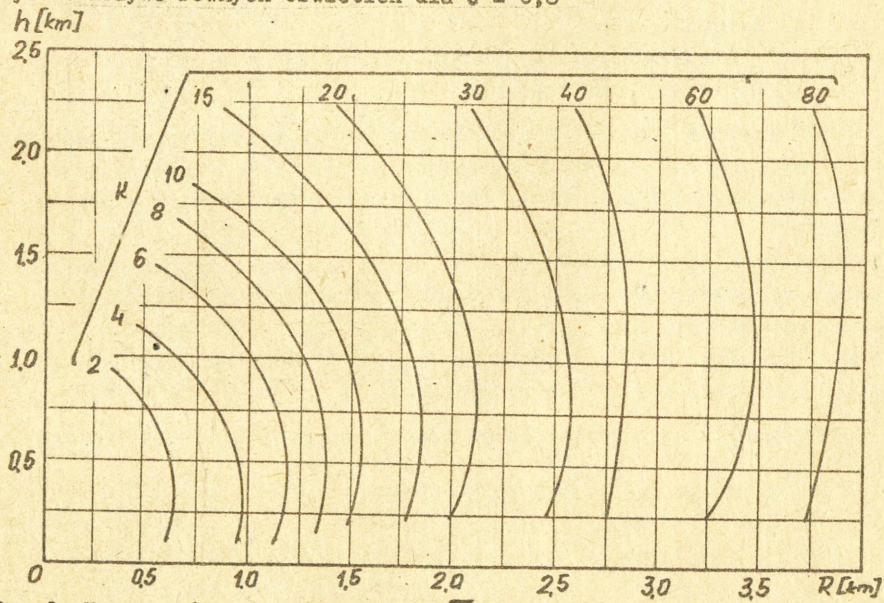
$$\beta = \arctg \frac{r}{h};$$



Rys.7. Krzywe równych oświetleń dla $\tau = 0,7$



Rys.8. Krzywe równych oświetleń dla $\tau = 0,8$



Rys.9. Krzywe równych oświetleń dla $\tau = 0,9$.

Na wykresach tych wyrysowane są krzywe K przedstawiające sumaryczną siłę światła I stosowanych bomb SAB /mln świec/ w stosunku do potrzebnego oświetlenia E_0 /lx/.

$$K = \frac{I}{E_0};$$

Wykresy pozwalają określić:

- potrzebną siłę światła $I = K \cdot E_0$ dla danych: r, h, E_0 ;
- promień oświetlonej płaszczyzny "r" dla danych: $h, K = \frac{I}{E_0}$;
- faktyczne oświetlenie $E = \frac{I}{K}$ dla danych: r, h, I .

Maksymalna wartość "r" dla określanych wartości K jest obliczona dla optymalnej wysokości palenia się ładunku oświetlającego bomb SAB. Przy wartościach odbiegających od danych w wykresach obliczenia K lub r uzyskuje się drogą liniowej interpolacji.

3. Wysokość początku świecenia bomb SAB określamy ze wzoru:

$$h_{ps} = h_0 + 500$$

gdzie:

- h_0 - optymalna wysokość palenia się ładunku oświetlającego bomb SAB;
- 500 m - średnia strata wysokości podczas palenia się ładunku oświetlającego bomby SAB za 1,5 min.

Jeżeli wysokość początku świecenia się bomb SAB jest ograniczona sytuacją taktyczną lub warunkami meteorologicznymi, to potrzebną siłę światła określamy dla wysokości, która może być realizowana w danych warunkach.

Z doświadczeń praktycznych wynika, że załogi najlepiej widzą cel /nie są oślepiane/, kiedy wysokość świecenia jest większa od wysokości bombardowania o 300-500 m. W związku z czym w obliczeniach można to uwzględnić w tym przypadku, kiedy obliczona wysokość początku świecenia jest mniejsza lub równa wysokości bombardowania / $h_{ps} = h_0 + 500 + 500$ /.

4. Potrzebny promień oświetlonej płaszczyzny obliczamy ze wzoru:

$$r = 0,6 r_c + 4 E_{SAB} \quad \text{przy } r_c < 10 E_{SAB};$$

$$r = r_c \quad \text{przy } r_c > 10 E_{SAB};$$

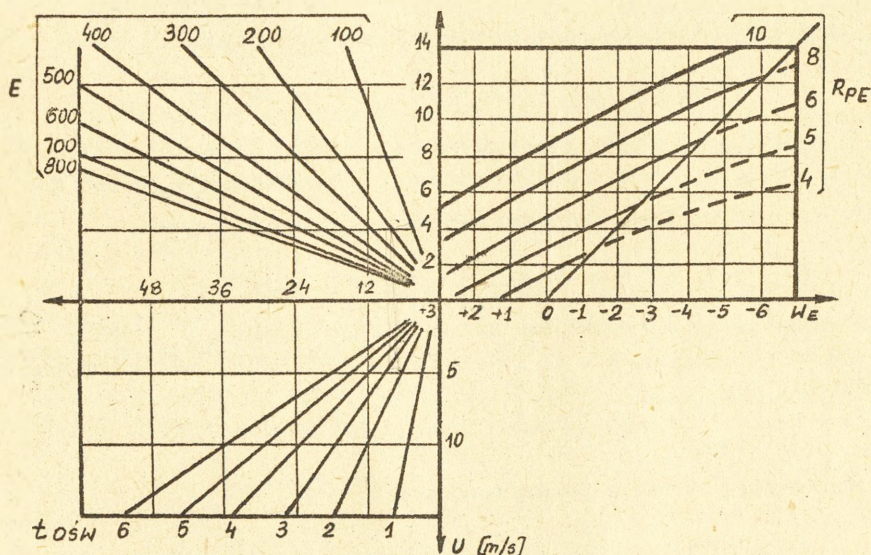
gdzie:

- r_c - promień celu;

E_{SAB} - uchylenie prawdopodobne bomb SAB obliczone ze wzoru $E_{SAB} = \sqrt{12Hb + 0,1Vb} + 20 \cdot D$

D - wartość wyniesienia punktu celowania od środka celu. [km]

5. Gwarantowany /z prawdopodobieństwem równym 0,9/ czas oświetlenia celu /środka płaszczyzny celu/ " t_o ", a także konieczną względną odległość wyniesienia punktu początku świecenia bomby SAB " D_E " obliczamy według względnej wartości promienia oświetlanej płaszczyzny $r_E = \frac{r}{E}$, prędkości wiatru $/U/$ na wysokości świecenia bomby SAB i uchylenia prawdopodobnego bomb SAB E_{SAB} z wykorzystaniem kombinowanego wykresu rys. 10.



Rys.10. Wykres dla określania gwarantowanego czasu oświetlenia.

Przykład

Określić potrzebną ilość bomb SAB-200, wysokość początku świecenia, wartość wyniesienia punktu początku świecenia i efektywny /gwarantowany/ czas świecenia dla oświetlenia składu paliw o rozmiarach $1 \times 1,5$ km / $r_c = 750$ m/ z naziemnymi metalowymi zbiornikami. Meteorologiczna widzialność w rejonie celu 17 km, prędkość wiatru na wysokości świecenia

SAB nie większa niż 10 m/s. Uchylenie prawdopodobne zrzutu bomb SAB $E_{SAB} = 250$ m. Bombardowanie wykonywane jest kluczem samolotów w ugrupowaniu kolumna pojedynczych samolotów z przerwami czasowymi między samolotami 30 s. Bombardowanie wykonywane jest z wysokości 600 m z lotu poziomego z prędkością 700 km/h. Charakterystyka balistyczna bomby SAB-250-200, $\tau = 27,00$ s. Współczynnik przeźroczystości optyki $K_{opt} = 5,0$. Grupa uderzeniowa wykonuje zadanie po 1 min 30 s za samolotami oświetlającymi.

Rozwiązanie.

1. Z wykresu rys.6 określamy potrzebne oświetlenie E_o obiektu uderzenia według następujących danych: $H_b = 0,6$ km, $V_b = 700$ km/h, $Q = 27,00$ s, $t_{cel} = 10$ s; $\tau = 0,8$; $K_k = 0,84$; $K_{opt} = 5,0$; odczytujemy $E_o = 2,5$ lx;

2. Obliczamy potrzebny promień oświetlonej płaszczyzny

$$r = 0,6 r_c + 4 E_{SAB} = 0,6 \cdot 750 + 4 \cdot 250 = 1450 \text{ m};$$

3. Z wykresu rys.8 określamy optymalną wysokość świecenia według danych $\tau = 0,8$, $r = 1450$, maksimum krzywej K odczytujemy $h_o = 600$ m.

4. Obliczamy wysokość początku świecenia bomb SAB ze wzoru

$$h_{ps} = h_o + 500 = 600 + 500 = 1100 \text{ m};$$

5. Z wykresu rys. 8 określamy krzywą według danych $h_{ps} = 1100$ m, $r = 1450$ m, odczytujemy $K = 12$ i dopiero ze wzoru obliczamy potrzebną siłę światła.

$$I = K \cdot E_o = 12 \cdot 2,5 = 30 \text{ mln świec};$$

6. Obliczamy potrzebną liczbę bomb SAB

$$n_{SAB} = \frac{I}{I_{SAB}} = \frac{30}{8} = 4;$$

7. Z wykresu rys.10 określamy gwarantowany czas oświetlenia celu t_o i konieczną wielkość wyniesienia punktu początku świecenia D według następujących danych: $r_E = 5,8$, $E_{SAB} = 250$ m, $U = 10$ m/s, odczytujemy $t_o = 3$ min 50 s, $D_E = 4,2$ tzn. punkt początku świecenia konieczne jest wynieść na nawiętrzną stronę na wartość:

$$D = D_E \cdot E_{SAB} = 4,2 \cdot 250 = 1100 \text{ m}$$

Odpowiedź:

Dla zabezpieczenia uderzenia klucza samolotów w danych warunkach, konieczne jest wykonanie czterech zrzutów bomb SAB-250-200. Wysokość początku świecenia 1100 m. Punkt początku świecenia powinien być wyniesiony na odległość 1100 m na stronę nawietrzną. Dla tych warunków oświetlenia celu z prawdopodobieństwem gwarancyjnym równym 0,9 uzyskamy w czasie nie mniejszym niż 3 min 50 s.

3.3. Obliczenie oświetlenia dla zabezpieczenia rozpoznania naziemnych obiektów z samolotów /śmigłowców/

Oświetlenie terenu w nocy bombami SAB może być wykorzystane do prowadzenia rozpoznania przez samoloty /śmigłowce/ naziemnych obiektów, oceny sytuacji na polu walki, określenia rezultatów uderzeń, korygowania ogniem artylerii itp. Specyfika obliczeń przedstawia się następująco:

1. Potrzebne oświetlenie E_0 określamy z wykresu rys.6 dla nachylonej odległości L obliczonej według wysokości lotu H i kąta wizowania /obserwacji/ w ze wzoru:

$$L = H \cdot \sec w;$$

2. Wysokość początku świecenia, potrzebną liczbę bomb SAB /lub promień oświetlonej płaszczyzny/ określamy jak w pkt. 2,3,4; wcześniej podanej metodyki obliczeń.

3. Dla oświetlenia celów wąskich a długich zrzucamy serię bomb SAB z przerwą liniową między bombami obliczoną ze wzoru:

$$i_x = 2,6 \cdot r_1$$

gdzie:

r_1 - promień płaszczyzny świecenia jednej bomby SAB;

Rozmiary oświetlonej płaszczyzny w tym przypadku obliczamy ze wzoru:

$$L_y = 2 \cdot r_1; \quad L_x = /n_{SAB}^{-1}/ i_x + 2 \cdot r_1;$$

Dla oświetlenia dużych płaszczyzn można zrzucić kilka serii bomb SAB z odstępami między seriami $i_y = 2,4 \cdot r_1$.

Przykład

Załoga samolotu ma rozpoznać ruch kolumn wojskowych po drodze grunтовой. Wysokość lotu 1200 m, kąt wizowania celu 60° . Określić racjonalne warunki oświetlenia i rozmiary oświetlonej płaszczyzny, jeżeli dla

oświetlenia wydzielono samolot z ładunkiem 12 bomb SAB-250-200. Meteorologiczna widzialność w rejonie rozpoznania 10 km. Samolot rozpoznawczy leci za oświetlającym po upływie 1 min 30 sekund.

Rozwiązanie

1. Według danych: $H = 1200$ m, i $\gamma_w = 60^\circ$ ze wzoru obliczamy nachyloną odległość obserwacji:

$$L = H \cdot \sec \gamma_w = 1200 \cdot 2 = 2400 = 2,4 \text{ km};$$

2. Z wykresu rys.6 według danych: $L = 2,4$ km, $\tau = 0,7$, $K_k = 0,25$, $K_{opt} = 1,0$ odczytujemy $E_o = 2$ lx.

3. Określamy promień płaszczyzny świecenia r_1 jednej bomby SAB-250-200 / $I_{SAB} = 8$ mln świec/ w następującej kolejności:

- określamy wartość krzywej $K = \frac{I_{SAB}}{E_o} = \frac{8}{2} = 4$;

- dla $K = 4$ odczytujemy z wykresu rys. 7 wysokość optymalną świecenia $h_o = 300$ m;

- obliczamy wysokość początku świecenia $h_{ps} = h_o + 500 = 300 + 500 = 800$ m

- z wykresu rys. 7 według danych: $K = 4$, $h_{ps} = 800$ m odczytujemy $r_1 = 600$ m.

4. Obliczamy przerwę między bombami SAB w serii

$$i_x = 2,6 \cdot r_1 = 2,6 \cdot 0,6 = 1,5 \text{ km};$$

5. Obliczamy rozmiary oświetlonej płaszczyzny

$$L_y = 2 \cdot r_1 = 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ km}$$

$$L_x = \sqrt[n_{SAB}-1]{i_x} + 2 \cdot r_1 = \sqrt[12-1]{1,5} + 2 \cdot 0,6 = 17,7 \text{ km}$$

Odpowiedź:

Dla wykonania postawionego zadania konieczny jest zrzut serii 12 bomb SAB-250-200 z przerwą liniową między bombami 1,5 km. Wysokość początku świecenia 800 m. W tych warunkach będzie oświetlona płaszczyzna o wymiarach 1,2 x 17,7 km.

3.4. Obliczenie oświetlenia w interesach wojsk lądowych

Oświetlenie naziemnych obiektów i rejonu działań bombami oświetlającymi w interesach wojsk lądowych realizowane jest w celu zapewnienia:

- prowadzenia obserwacji sytuacji taktycznej i wzrokowego rozpoznania z naziemnych stanowisk dowodzenia;

- orientowania wojsk lądowych w rejonie podczas marszu, przegrupowania i prowadzenia działań bojowych.

Wymagana wielkość oświetlenia rejonu dla zapewnienia bezpieczeństwa ruchu środków transportowych, techniki bojowej i dla prowadzenia działań bojowych wynosi 2-4 lx, a dla zabezpieczenia ogólnej orientacji w rejonie z rozróżnieniem większych obiektów 0,2 do 1 lx.

Potrzebną siłę światła i promieni oświetlanej płaszczyzny określa się tak jak w pkt. 2; 3; 4 wcześniej podanej metodyki.

Wysokość początku świecenia bomby SAB powinna zabezpieczyć całkowite spalanie się ładunku oświetlającego w czasie ich opadania na spadochronie.

Długotrwałe oświetlenie rejonu osiąga się poprzez powtórne zrzucenie bomb SAB z przerwą czasową równą $\frac{2}{3}$ pełnego czasu oświetlenia t_0 przy prędkości wiatru do 10 m/s i $\frac{1}{2}$ pełnego czasu oświetlenia przy prędkości wiatru powyżej 10 m/s.

Przykład

Pułk lotnictwa myśliwsko-bombowego otrzymał zadanie oświetlenia rejonu dla obserwacji sytuacji na polu walki ze stanowisk dowodzenia. Oświetlenie o mocy 1 lx w czasie 16 min.

Określić promień oświetlonej płaszczyzny, ilość zrzutów bomb, jeżeli z samolotu może być zrzucone jednocześnie nie więcej niż dwie bomby SAB 250-200.

Widzialność meteorologiczna w rejonie działań bojowych 23 km, prędkość wiatru nie większa niż 6 m/s.

Rozwiązanie

1. Celem wykorzystania całkowitego czasu świecenia bomb SAB $t_{\text{pal}} = 6$ min, przy średniej prędkości opadania $V_{\text{opad}} = 4$ m/s, określamy wysokość początku świecenia $h_{\text{ps}} = 1800$ m.

2. Obliczamy wartość K

$$K = \frac{n_{\text{SAB}} \cdot I_{\text{SAB}}}{E_0} = \frac{2 \cdot 8}{1} = 16;$$

3. Z wykresu /rys. 7/ określamy promień oświetlonej płaszczyzny według danych: $h_{\text{ps}} = 1800$ m, $T = 0,85$, $K = 16$ i odczytujemy $r = 1600$ m.

4. Obliczamy przerwę czasową t_0 i ilość powtórnych zrzutów bomb SAB

$$t_0 = \frac{2}{3} t_{\text{pal}} = \frac{2 \cdot 6}{3} = 4 \text{ min};$$

$$n_z = \frac{T_0}{t_0} = \frac{16}{4} = 4;$$

Odpowiedź

Dla wykonania postawionego zadania konieczne jest wykonanie czterech zrzutów po dwie bomby SAB-250-200 co 4 minuty. Wysokość początku świecenia 1800 m. Promień oświetlonej płaszczyzny będzie wynosił około 1600 m.

4. SPOSOBY WYKONANIA ZRZUTU BOMB OŚWIETLAJĄCYCH

Skuteczne bombardowanie w nocy celu oświetlonego zależy w dużym stopniu od celnego zrzucania bomb oświetlających. Dlatego istotne będzie rozpatrzenie sposobu celowania podczas zrzucania bomb oświetlających.

Możliwe są dwa zasadnicze wypadki zrzucania bomb oświetlających w nocy:

- gdy kontury rejonu celu są rozpoznawalne z samolotu;
- gdy cel i rejon jest z samolotu zupełnie niewidoczny.

W wypadku gdy rejon celu jest rozpoznawalny z samolotu, to jako punkt celowania podczas zrzutu bomb oświetlających można wykorzystać dowolny, nawet słabo widoczny obiekt orientacyjny. Wówczas dla dokładnego zrzucenia bomb oświetlających w stosunku do celu stosuje się zwykle kątowe sposoby celowania i możliwe jest wtedy wykorzystanie celowników optycznych.

Jeżeli natomiast cel jest zupełnie niewidoczny z samolotu, to celowanie podczas zrzutu bomb oświetlających można wykonać tylko przy wykorzystaniu urządzeń lub systemów radiotechnicznych lub też sposobem nawigacyjnym /według obliczonego czasu lotu od widocznego obiektu/.

4.1. Sposoby celowania podczas zrzutu bomb oświetlających w wypadku wzrokowej widoczności celu

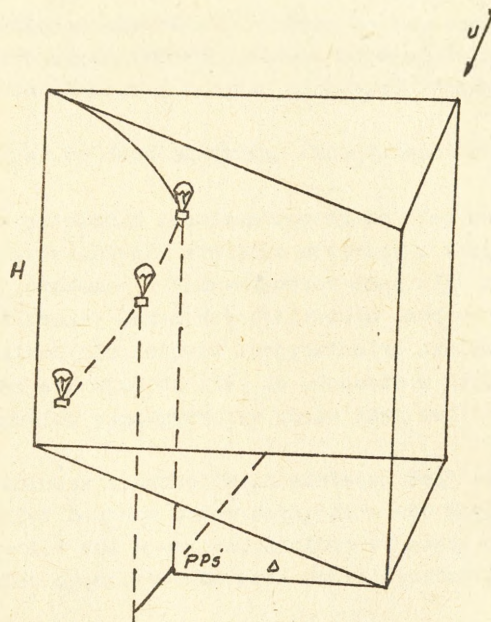
Celowanie podczas zrzucania bomb oświetlających musi uwzględniać specyfikę działania tych bomb, a mianowicie:

- tor bomby znajduje się na wysokościach większych od poziomu balistycznego i dlatego należy uwzględnić zmniejszenie oporu powietrza przez obliczanie i uwzględnienie umownego charakterystycznego czasu spadania bomby Gum, a czas lotu bomby zależy od czasu opóźnienia zapalnika Tzapl.

- bomba oświetlająca od chwili zadziałania /zapalenia się ładunków oświetlających/ przemieszcza się w płaszczyźnie poziomej w kierunku i z prędkością wiatru.

Dla racjonalnego wykorzystania bomb oświetlających należy określić punkt początku świecenia, leżący w odległości $\frac{U \cdot t}{2}$ dal lub $S = r$ w stronę nawietrzną od celu lub od racjonalnego miejsca zapewniającego najlepsze oświetlenie celu.

Celowanie podczas zrzutu bomb oświetlających należy wykonać tak, aby bomby oświetlające zaczęły swoje świecenie nad PPS rys.11. Jako punkt



Rys.11. Schemat celowania podczas zrzutu bomb oświetlających

celowania można przyjmować albo widoczny punkt orientacyjny znajdujący się pod PPS, albo bezpośrednio sam cel.

Przy celowaniu bezpośrednio do celu, określenie elementów celowania jest stosunkowo trudne, ponieważ występują duże wielkości kątów bocznych. Niemniej jednak ten sposób celowania jest prosty i ma pewne praktyczne znaczenie, głównie w wypadku nalotu samolotów oświetlających na cel w łozu wiatru. Wówczas określenie elementów celowania nie przedstawia specjalnych trudności.

Obecnie są rozpracowane następujące sposoby celowania dla zrzucenia bomb oświetlających w warunkach wzrokowej widoczności obiektów w rejonie celu:

- według kąta celowania z celowaniem bezpośrednim do celu;
- według czasu wytrzymania;
- z celowaniem do obiektu położonego pod PPS.

Wykonanie bocznego naprowadzenia podczas celowania przy każdym z tych sposobów przeprowadza się jak przy normalnym bombardowaniu, różnica występuje jedynie w określeniu momentu zrzutu bomb, czyli w celowaniu na donośność.

4.1.1. Określenie momentu zrzutu bomb oświetlających według kąta celowania

Przy nalocie na cel w łozu wiatru kąt celowania dla zrzutu bomb oświetlających określa się ze wzoru:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{W \cdot T_{\text{zapł}} - \Delta \pm S}{H};$$

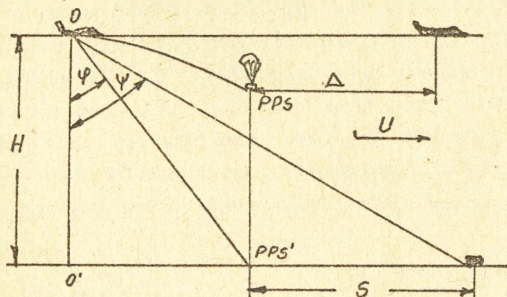
gdzie:

W - prędkość podróży samolotów w momencie zrzutu bomby oświetlającej;

$T_{\text{zapł}}$ - czas opóźnienia zapalnika;

Δ - zwłoka liniowa bomby;

S - znak "+" przy locie z wiatrem "-" przy locie pod wiatr



Rys. 12. Zrzut bomb oświetlających według kąta celowania

Sposób określania momentu zrzutu bomb oświetlających według kąta celowania daje dobre rezultaty przy małych prędkościach wiatru, czyli przy małych wielkościach S .

Jeżeli celowanie wykonuje się przy silnym wietrze, to mogą wystąpić dwa wypadki uniemożliwiające stosowanie tego sposobu celowania:

- przy silnym wietrze zgodnym z kierunkiem nalotu na skutek dużej wielkości odcinka S znacznie wzrośnie kąt celowania i cel może być wzrokowo z tych odległości niewidoczny;

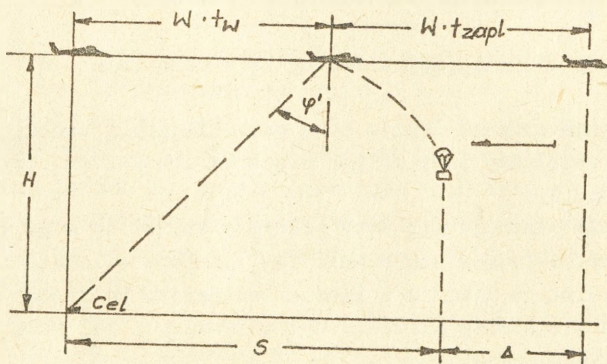
- przy silnym wietrze przeciwnym do kierunku nalotu /znak minus/ wielkość odcinka S może okazać się większa od donośności bomby $W \cdot T_{\text{zapł}} - \Delta$ / i kąt celowania będzie miał wartość ujemną. Ponieważ na współczesnych celownikach optycznych nie można z zasady ustawiać ujemnych kątów obserwacji /celowania/, zrzut bomb oświetlających tym sposobem i w tych warunkach będzie niemożliwy.

Z powyższego wynika, że ten sposób celowania, chociaż jest stosunkowo prosty, może być stosowany w praktyce w ograniczonych warunkach.

4.1.2. Określenie momentu zrzutu bomb oświetlających według czasu wytrzymania

Ten sposób celowania stosuje się przy ujemnych kątach celowania, to jest w wypadku silnego wiatru przeciwnego do kierunku nalotu. Ponieważ urządzenia celownicze uniemożliwiają z zasady określenie ujemnych kątów celowania, to moment zrzutu bomb oświetlających można określić według czasu lotu samolotu od momentu obserwacji celu pod minimalnym kątem obserwacji dla danego celownika do chwili przybycia samolotu w punkt zrzutu bomb.

Zazwyczaj minimalnym kątem obserwacji na celownikach optycznych jest 0° , czyli moment przejścia samolotu nad celem. Gdyby nawet na stosowanych celownikach można było ustawić mniejsze kąty obserwacji /jednak większe od nakazanego ujemnego kąta celowania/, to dla wygody obliczeń i pomiarów należy wykorzystywać jako moment rozpoczęcia określania czasu wytrzymania kąt 0° . W momencie przelotu samolotu nad celem pilot włącza sekundomierz i po upływie obliczonego czasu wytrzymania t_w zrzuca bomby oświetlające. Wielkość czasu wytrzymania oblicza się według zależności wynikających z rys.13.



Rys.13. Zrzut bomb oświetlających według czasu wytrzymania

$$S + \Delta = W \cdot t_w + W \cdot T_{zapl};$$

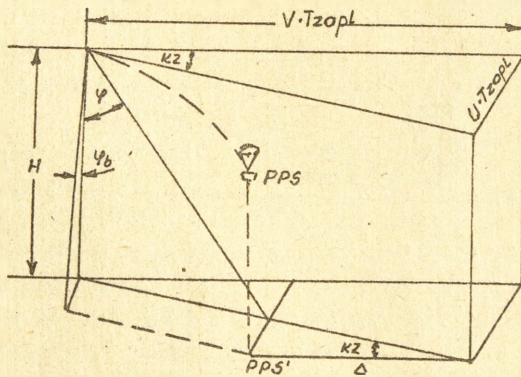
$$t_w = \frac{S + \Delta}{W} - T_{zapl};$$

4.1.3. Określenie momentu zrzutu bomb oświetlających celowaniem do punktu początku świecenia

Przy celowaniu do punktu początku świecenia istnieje możliwość dokładnego określenia momentu zrzutu bomb przy nalocie z dowolnego kierunku bez względu na kierunek wiatru. Sposób ten może być stosowany jedynie wówczas, gdy pod obliczonym punktem początku świecenia bomb oświetlających znajduje się widoczny z samolotu w warunkach nocy obiekt orientacyjny, który przyjmuje się jako punkt celowania. Elementy celowania i ich zależności są analogiczne, jak przy zwykłym bombardowaniu bombami działającymi w powietrzu na określonej wysokości rys.14, a mianowicie:

$$t_g = \frac{W T_{zapl} - \cos KZ}{H};$$

$$t_g = \frac{\Delta \cdot \sin KZ}{H};$$



Rys.14. Zrzut bomb oświetlających z celowaniem do punktu początku świecenia

Należy zaznaczyć, że współczesne celowniki optyczne mogą być używane do zrzucania bomb oświetlających bez wykorzystania ich automatyki, czyli jako celowniki nieautomatyczne. Dlatego elementy celowania /kąt celowania i kąt zbrocenia/ powinny być obliczane według wzorów a ich wielkości ustawione na celowniku.

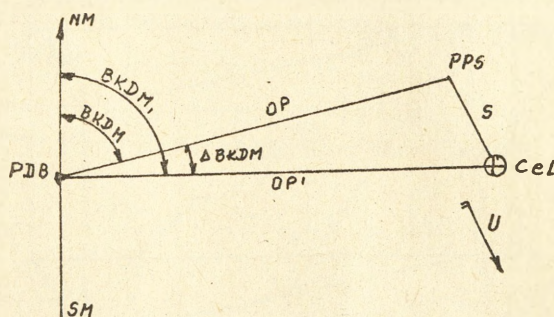
4.2. Sposoby celowania podczas zrzutu bomb oświetlających w przypadku niewidoczności celu

4.2.1. Określenie momentu zrzutu bomb oświetlających według czasu obliczonego

Ten sposób określania momentu zrzutu bomb oświetlających może mieć zastosowanie w warunkach całkowitego braku wzrokowej widoczności celu i PPS oraz w warunkach braku lub niemożliwości zastosowania radiotechnicznych urządzeń celowniczych.

W tym wypadku należy wybrać w odległości nie większej niż 20-25 km od celu obiekt orientacyjny, który służyć będzie jako początek drogi bojowej /PDB/ dla samolotu oświetlającego. Jako obiekty PDB należy wybierać obiekty dobrze widoczne z określonej wysokości lotu z uwzględnieniem pokrycia tła terenu i pory roku. Obiektami takimi mogą być: jeziora, masywy leśne, charakterystyczne zakola rzek, skrzyżowania dróg itp. W niektórych wypadkach jako PDB można wykorzystać środki UL, radiostacje prowadzące, nadajniki radiosygnalowe, reflektory.

Zasada określania momentu zrzutu bomb oświetlających tym sposobem jest następująca /rys.15/:



Rys.15. Zrzut bomb oświetlających według czasu obliczonego

Ponieważ znana jest odległość pozioma OP od PDB do celu i kąt drogi $BKDM_1$, to po określeniu odcinka wyniesienia S , w jakiej powinien znajdować się punkt początku świecenia PPS od celu, możliwe będzie określenie nowego kąta drogi $BKDM$, który zapewni wyjście samolotów od PDB na PPS według kierunku oraz możliwe będzie określenie nowej odległości poziomej OP od PDB do PPS , co zapewni wyjście samolotu na PPS według donośności. Nowy kąt drogi $BKDM$ można określić z zależności:

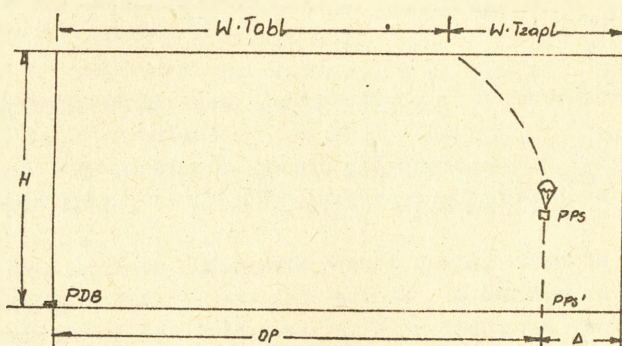
$$BKDM = BKDM_1 - \sqrt{\Delta \cdot BKDM}$$

Przebycie przez samolot odległości OP określa się według obliczonego czasu t_{obl} , z tym, że czas ten winien zapewnić przebycie drogi od PDB do punktu zrzutu bomb oświetlających tak, aby bomby te zaczęły świecić nad PPS.

Dla określenia wielkości czasu obliczonego t_{obl} można na podstawie rys. 16 wyprowadzić następujące zależności:

$$W \cdot t_{obl} + W \cdot T_{zapl} = OP + \Delta, \text{ z tego}$$

$$t_{obl} = \frac{OP + \Delta}{W} - T_{zapl};$$



Rys.16. Zależności określenia czasu obliczonego

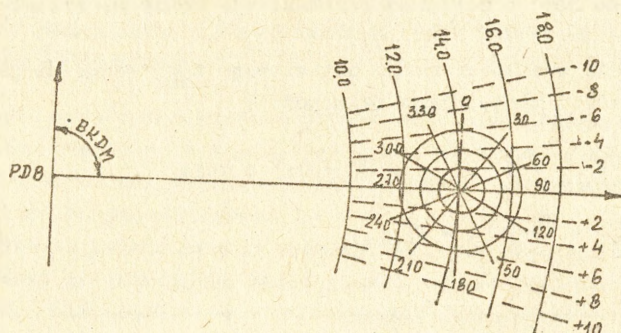
Z rozpatrzonych wyżej zasad wyjścia na punkt zrzutu i określenia momentu zrzutu bomb oświetlających wynika, że oprócz określonych z mapy wielkości kąta drogi BKDM od PDB do celu i odległości poziomej OP należy znać wielkości OP, BKDM i prędkość podróżną samolotu W . Wszystkie te wielkości zależą od prędkości i kierunku wiatru w rejonie celu, a więc mogą być obliczone po uprzednim określeniu wiatru.

Określenie wielkości OP i BKDM może być wykonane dwoma sposobami:

- na mapie o dużej podziałce lub schemacie rejonu celu;
- na wiatromierzu nawigatorskim.

W pierwszym sposobie oznacza się na mapie /lub schemacie/ PDB oraz cel. Ze środka celu wykreśla się okręgi współśrodkowe o promieniach odpowiadających wielkości odcinka $S = \frac{U \cdot t_{pal}}{2}$ dla kilku prędkości wiatru /np. $U = 20; 40; 60$ km/h/ oraz promienie co 30° . Ten układ linii wykorzystuje się dla ustalenia położenia PPS względem celu. Następnie wykreśla się w rejonie celu koncentryczne łuki ze środkami w PDB oraz ich

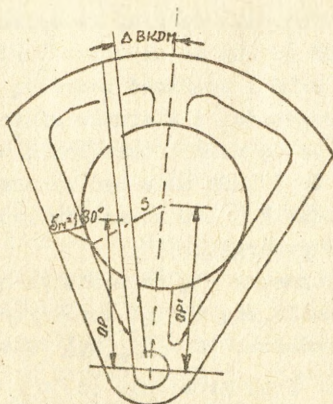
promienie. Łuki należy wykreślić co 2 km, promienie co 2° /rys.17/.



Rys.17. Graficzne określenie punktu zrzutu bomb oświetlających

Ten układ linii wykorzystuje się dla określenia L , BKDM oraz poziomej odległości OP zapewniające wyjście samolotu na poprzednio określony PPS.

Przy drugim sposobie należy tarczę azymutalną wiatromierza nawigatorskiego ustawić na wartość OP_1 według skali na linijce prędkości, a na tarczy azymutalnej wykreślić na azymucie przeciwnym do kierunku wiatru wielkość odcinka S . Obracając następnie tarczę azymutalną na wartość $BKDM_1$ i odchylając linijkę prędkości tak, aby jej brzeg dotykał do końca oznaczonego odcinka S , odczytać na skali linijki prędkości nową odległość poziomą OP , a na skali kątów znoszenia wartość BKDM /rys.18/.



Rys. 18. Określenie punktu zrzutu bomb oświetlających na wiatromierzu nawigatorskim

ZAKOŃCZENIE

Aby skutecznie zaatakować lub rozpoznać obiekt w nocy przy sztucznym oświetleniu, załogi samolotów oświetlających muszą oświetlić obiekt w odpowiednim miejscu i czasie z odpowiednim natężeniem światła. Stąd wniosek, że do wykonania zadań oświetlenia obiektu załogi winny być odpowiednio przygotowane, a przygotowanie to winno obejmować:

- dokładne przestudiowanie rejonu oświetlonego obiektu działań czy rozpoznania;
- wybrania obiektu orientacyjnego jako początku drogi bojowej;
- wykonania obliczeń koniecznej ilości bomb oświetlających, częstotliwość ich zrzucania, warunki zrzutu, manewr samolotów oświetlających nad obiektem do powtórnego zrzutu bomb.
- ustalenie czasu początku świecenia i sygnałów współdziałania z samolotami grupy uderzeniowej czy rozpoznawczej.

Wydaje się, że problematyka oświetlenia celu winna zajmować poczesne miejsce nie tylko w teoretycznym szkoleniu słuchaczy ASG WP, ale przede wszystkim w teoretycznym i praktycznym szkoleniu załóg.

BIBLIGRAFIA

1. Rekomendacji po primienieniju awiacjonnych bomb i zazygatielnych bakow. Wydanie Akademii Lotniczej Monino 1982 r.
2. Działania szturmowe w nocy na samolotach poddźwiękowych. Poradnik. Wyd. Lot. 1046/67. Warszawa 1968 r.
3. Bombardowanie nocne. Skrypt płk dypl. nawig. R.Siedleckiego. Wyd. ASG WP 1962 r.
4. Samolot Su-20 metodyka szkolenia. Wyd. Lot. 1802/77, Poznań 1977 r.
5. Charakterystyka i zasady zastosowania bombowych klasycznych środków rażenia. Wyd. Lot. 6/65. Poznań 1966 r.

DANE DO OBLICZENIA ZRZUTU BOMB OŚWIETLAJĄCYCH^{1/}

Prędkość rzeczywista zrzutu bomb SAB / km/h/	Wysokość rzeczywista zrzutu bomb / m/	Czas spadania bomby do momentu otwarcia się spadochronu / m/	Czas opóźnienia zapalnika / s/	Utrata wysokości przez bombę do momentu otwarcia się spadochronu / m/	Donośność bomby do momentu otwarcia spadochronu / m/	Wysokość punktu początku świecenia / m/	Utrata wysokości przez bombę w czasie świecenia / m/	Wysokość zakończenia świecenia / m/
V_b	H_b	t_{ps}	t_{op}	h	A	h_{ps}	h_{sw}	h_k
700	3000	11	6	530	1640	2470	1800	670
700	3300	12	9	560	1250	2740	1800	940
700	3300	14	11	600	1450	2640	1800	840
700	3300	11	6	510	1640	2790	1800	490
900	3000	13	11	700	2480	2300	1800	500
900	3000	10	8	450	2070	2550	1800	700
900	3000	7	5	200	1450	2800	1800	1000
900	3500	17	15	1200	3140	2300	1800	500
900	3500	15	13	950	2850	2550	1800	700
900	3500	13	11	700	2520	2800	1800	1000
900	4000	21	19	1700	3620	2300	1800	500
900	4000	19	17	1450	3400	2550	1800	700
900	4000	17	15	1200	3160	2800	1800	1000

1/ Opracowano na podstawie:

- Samolot Su-20 - metodyka szkolenia. Wyd. Lot. 1802/77 Poznań, Nr bibl. ASG WP PF/18828;
- Działania szturmowe w nocy na samolotach poddźwiękowych Wyd. Lot. 1046/67 Warszawa, Nr. bibl. ASG WP PF/13261.

CHARAKTERYSTYKA BOMB OŚWIETLAJĄCYCH SAB^{1/}

Wagoniar	Krótki charakterystyka bomby	Rodzaj s'abilizacji	Stosowany zapalnik	Minimalna wysokość zrzutu bomb /m/	Sila światla w mln lm cd	Średnia prędkość opadania ładunku oświetlającego /m/s/	Czas palenia się ładunku oświetlającego /min/
SAB-100-75	Cienkościenna skorupa metalowa, ładunek oświetlający i spadochron	spadochron	TM-24-B	450	1,7	4,5	6,0
SAB-100-90	Cienkościenna skorupa metalowa, ładunek oświetlający i spadochron	spadochron	TM-24 B	450	3,0	4,3	6,0
SAB-100 mn	Cienkościenna skorupa metalowa, siedem ładunków oświetlających z samodzielnymi spadochronami	statecznik twardy	AT-EB TM-24 B	2000 500	4,0-4,6	4,0	7,5
SAB-100 mp	Cienkościenna skorupa metalowa, siedem ładunków oświetlających z samodzielnymi spadochronami	statecznik twardy	AT-EB TM-24 B	2000 500	4,5-5,0	4,0	7,5
SAB-250-180 mf	Cienkościenna skorupa metalowa, osiem ładunków oświetlających z samodzielnymi spadochronami	spadochron	TM-24 B	500	8,0-10,0	4,5	6,0
SAB-250-200	Cienkościenna skorupa metalowa, siedem ładunków oświetlających z samodzielnymi spadochronami	statecznik twardy	AT-EB TM-24 B	2000 500	8,0	4,0	6,0
SAB-500-350 r	Cienkościenna skorupa metalowa, siedem ładunków oświetlających z samodzielnymi spadochronami	statecznik twardy	AT-EB	2000	14,0	4,0	7,5
SAB-500-350	Cienkościenna skorupa metalowa, siedem ładunków oświetlających z samodzielnymi spadochronami	statecznik twardy	AT-EB	2000	16,0	4,0	7,5

1/ Opracowano na podstawie: Instrukcji pt. "Charakterystyka i zasady zastosowania bombowych klasycznych środków rażenia". Wyd. Lot. 6/65 Poznań. Nr bibl. ASG WP 011809.

Wydrukowano w 20 egz. Druk. KD, dn. 1985.06.20
Egz. 1-20 - Bibl. Nauk. DZS Druk. ASG WP nr pf253/pf1175/wv
Wyk. pik Rękas Kor. EA

