R G B WH GR BL Grey Scale #13 C M Y K
DANES-PICTA .COM
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

76



# AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

IM. GENERAŁA BRONI KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

JAWNE
Egz. Nr 1
A 1378

Ppłk dypl. nawig. Jerzy LEGUT

## PODSTAWY MODELOWANIA WZROKOWEGO ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO PROWADZONEGO W DZIEŃ

Rozprawa doktorska

11743

WARSZAWA PAŹDZIERNIK 1982

Colour Chart #13
Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black
Blue
Inches Centimetres
DANES-PICTA .COM




# AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO



JA WIN
CHUTNE
Egz. Nr 1

A 1378



Ppłk dypl. nawig. Jerzy LEGUT


# PODSTAWY MODELOWANIA WZROKOWEGO ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO PROWADZONEGO W DZIEŃ

Rozprawa doktorska


11743



WARSZAWA PAŹDZIERNIK 1982

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  W P
im. gen. broni Karola Świerczewskiego

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK

JAWNE

Egz.nr .... 1

Przekł. Prot. 320/21.03.95

Ppłk dypl. nawig. Jerzy LEGUT

WAT 1378

# PODSTAWY
# MODELOWANIA WZROKOWEGO ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO PROWADZONEGO W DZIEŃ

Rozprawa doktorska

Nr 11743

Opracowana pod kierownictwem naukowym
Płka doc.dra hab.pil. Wacława ŚWIĄTNICKIEGO

WARSZAWA PAŹDZIERNIK 1982 R

SPIS TREŚCI


WSTĘP ..... 7

1. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW ORAZ WARUNKÓW WZROKOWEGO ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO ..... 15

1.1. Charakterystyka obiektów pola walki ..... 16

1.2. Charakterystyka warunków zewnętrznych, mających wpływ na prowadzenie wzrokowego rozpoznania powietrznego ..... 25

1.2.1. Warunki geograficzne ..... 25

1.2.2. Warunki atmosferyczne ..... 44

1.2.3. Warunki terenowe ..... 64

1.3. Charakterystyka oka jako instrumentu rozpoznania ..... 81

2. KRYTERIA I WSKAŹNIKI SKUTECZNOŚCI WZROKOWEGO ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO ORAZ ICH OKREŚLANIE ..... 96

2.1. Kryteria oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego ..... 97

2.1.1. Ogólne wymagania dotyczące kryteriów oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego ..... 97

2.1.2. Przyjęte założenia wyboru kryteriów oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego ..... 98

2.1.3. Kryteria oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego ..... 100

2.1.4. Sprecyzowanie funkcji kryterium rozpoznania obiektów ..... 105

2.2. Główne wskaźniki skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego oraz ich określanie ..... 114

2.2.1. Prawdopodobieństwo wykonania zadania ..... 115

2.2.2. Prawdopodobieństwo niezawodnej pracy środka rozpoznania ..... 117

2.2.3. Prawdopodobieństwo wykrycia ..... 123

2.2.4. Prawdopodobieństwo pokonania obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela ..... 142

2.2.5. prawdopodobieństwo nadania informacji ..... 144

2.2.6. Oczekiwana część rozpoznanej powierzchni ... 146
2.2.7. Oczekiwana liczba elementów prostych wykrytych w obiekcie złożonym ..... 156
2.2.8. Oczekiwana /potrzebna/ do wykonania zadania liczba samolotów ..... 163
2.2.9. Oczekiwane straty własne ..... 169
2.2.10. Oczekiwana /potrzebna/ liczba lotów rozpoznawczych ..... 174
3. MODELOWANIE PROCESU PLANOWANIA WZROKOWEGO ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO ..... 180
3.1. Ogólna charakterystyka procesu planowania zadań rozpoznawczych ..... 180
3.1.1. Podstawowe założenia modelowania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego na szczeblu frontu ..... 187
3.1.2. Podstawowe założenia modelowania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego na szczeblu związku taktycznego lotnictwa ..... 191
3.1.3. Podstawowe założenia modelowania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego na szczeblu oddziału lotniczego ..... 194
3.2. Schemat blokowy algorytmu planowania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego wraz z opisem ..... 196
3.2.1. Algorytm obliczeń ilości sił potrzebnej do wykonania zadania rozpoznawczego ..... 209
3.2.2. Algorytm obliczeń oczekiwanego rezultatu wykonania zadania rozpoznawczego ..... 216
3.3. Przykład praktycznego modelowania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego ..... 223
3.3.1. Założenia do zadania rozpoznawczego ..... 223
3.3.2. Sprawdzenie możliwości wykonania zadania rozpoznawczego ..... 223
3.3.3. Rozwiązanie zadania taktycznego ..... 231
4. ZAKOŃCZENIE ..... 251
5. ZESTAWIENIE STOSOWANYCH SYMBOLI ..... 253
6. BIBLIOGRAFIA ..... 255
ZAŁĄCZNIKI ..... 260
Nr 1. Wysokość Słońca w zależności od czasu miejscowego ..... 261

Nr 2. Długość dni na ZE TDW dla = 45°,50°,55° ..... 263
Nr 3. Zależności widzialności obiektów naziemnych od współczynnika przejrzystości powietrza ..... 264
Nr 4. Odległości wykrycia obiektu rozpoznania w zależności od jego położenia, wysokości lotu i przeszkód terenowych ..... 265
Nr 5. Wartości $d_{c\ min}$ dla różnych przeszkód terenowych, wysokości lotu i czasu obserwacji przy $K_z = 70^o$.. 270
Nr 6. Wartości $d_{c\ min}$ dla różnych przeszkód terenowych, wysokości lotu i czasu obserwacji przy $K_z = 80^o$... 272
Nr 7. Wartości prawdopodobieństw wykrycia dla V=500km/h i m = 1 ..... 274
Nr 8. Wartości prawdopodobieństw wykrycia dla V=500km/h i m = 2 ..... 275
Nr 9. Wartości prawdopodobieństw wykrycia dla V=700km/h i m = 1 ..... 276
Nr 10. Wartości prawdopodobieństw wykrycia dla V=700km/h i m = 2 ..... 277
Nr 11. Prawdopodobieństwo przenikania pary samolotów przez strefy OPL nieprzyjaciela na głębokość 100 km /ugrupowanie bojowe 70-100 x 150-200 m/ ..... 278
Nr 12. Prawdopodobieństwo przenikania pary samolotów przez strefy OPL nieprzyjaciela na głębokość 200 km /ugrupowanie bojowe 70-100 x 150-200 m/ ..... 279
Nr 13. Prawdopodobieństwo przenikania klucza samolotów przez strefy przeciwdziałania naziemnych środków OPL na głębokość 100 km /ugrupowanie bojowe 200 x 400 m/ ..... 280
Nr 14. Prawdopodobieństwo przenikania klucza samolotów przez strefy OPL nieprzyjaciela na głębokość 200 km /ugrupowanie bojowe 200 x 400 m / ..... 281
Nr 15. Prawdopodobieństwo przenikania klucza samolotów przez strefy OPL nieprzyjaciela na głębokość 100 km /ugrupowanie bojowe 200 x 2000 m/ ..... 282
Nr 16. Prawdopodobieństwo przenikania klucza samolotów przez sterfy OPL nieprzyjaciela na głębokość 200 km /ugrupowanie bojowe 200 x 2000 m/ ..... 283
Nr 17. Wartość funkcji $P_s = 1 - /1 - P_{wz}/^n$..... 284
Nr 18. Liczba możliwych do wykonania lotów przy a = 0,02-0,06 i k = 0,6 ..... 286
Nr 19. Liczba możliwych do wykonania lotów przy a = 0,02-0,06 i k = 0,7 ..... 287

Nr 20. Liczba możliwych do wykonania lotów przy a=0,02-0,06 i k=0,8 ..... 288
Nr 21. Liczba możliwych do wykonania lotów przy a=0,02-0,06 i k=0,9 ..... 289
Nr 22. Strefa obserwacji z samolotu MiG-21R ..... 290
Nr 23. Strefa obserwacji z samolotu Su-20R ..... 291
Nr 24. Jednostki świetlne ..... 292

# W S T Ę P

Niezależnie od epoki, w której prowadzone były działania bojowe, rozpoznanie stanowiło zawsze jeden z głównych elementów ich zabezpieczenia. Współcześnie, w warunkach stale wzrastającego tempa działań oraz nasycenia pola walki różnorodnym manewrowym sprzętem, rola rozpoznania w ogóle, a rozpoznania powietrznego w szczególności jeszcze bardziej wzrosła.Obecnie dowódcy i sztaby potrzebują dużej ilości konkretnych i wiarygodnych informacji rozpoznawczych o nieprzyjacielu. Dane te w wielu przypadkach determinują powzięcie słusznej decyzji o prowadzeniu działań bojowych bądź też ich korekcie.

Wprowadzenie do uzbrojenia nowych środków walki, głównie broni masowego rażenia, postawiło szczególnie wysokie wymagania przed rozpoznaniem powietrznym. Wynika to z dużych możliwości tego rodzaju broni i konieczności systematycznej aktualizacji posiadanych o niej informacji. Temu wymaganiu jest w stanie sprostać lotnictwo rozpoznawcze. Może ono w stosunkowo krótkim czasie dostarczać dużo wiarygodnych danych rozpoznawczych. Aby sprostać stawianym wymaganiom doskonali się lotniczy sprzęt rozpoznawczy oraz intensyfikuje szkolenie załóg rozpoznawczych. Wszystko to jednak nie równoważy rosnącego zapotrzebowania na wyniki rozpoznania powietrznego ze strony dowództw i sztabów ogólnowojskowych, lotniczych i marynarki wojennej.

W tej sytuacji szczególnego znaczenia nabiera problematyka racjonalnego planowania i organizowania rozpoznania, skutecznej eksploatacji posiadanego sprzętu w celu efektywnego wykonywania stawianych zadań rozpoznawczych, a także wykorzystywania zdobytych już danych.

W świetle rosnących wymagań stosowane dotychczas w wojskach lotniczych metody oceny skuteczności /efektywności/[1/] działań

---

1/ Skuteczność /efektywność/ działań bojowych autor rozumie w sensie prakseologicznym. Pojęcie "efektywność" oznacza tu dodatnią cechę działań dających jakiś pozytywnie oceniany wynik, bez względu na to, czy był on zamierzony, czy nie. "Skuteczność" natomiast to pozytywnie oceniana zgodność wyniku z zamierzonym celem; w stosunku do "efektywności" jest to więc pojęcie wyższe.
Zob.T. Pszczółkowski: Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji. Wrocław 1978.

bojowych lotnictwa rozpoznawczego, stanowiące punkt wyjścia w planowaniu rozpoznania powietrznego nie odpowiadają potrzebom jednostek i sztabu wojsk lotniczych, gdyż są oparte na przyjętych średnich normach, mało dokładnych pomiarach oraz szacunkowych obliczeniach. Jak wykazała praktyka, są one niewystarczające. Otrzymywane bowiem tą drogą wyniki zawierają zbyt duże błędy, aby mogły być stosowane na szeroką skalę w planowaniu działań bojowych, zwłaszcza w warunkach współczesnego pola walki. Ponadto stan taki uniemożliwia stosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej, a w konsekwencji skracanie procesów decyzyjnych i automatyzację procesów planistycznych.

Kalkulacje i obliczenia, dotyczące oceny skuteczności /efektywności/ działań bojowych lotnictwa rozpoznawczego, wykonywane są bez wykorzystywania specjalistycznych instrumentów. W dalszym ciągu suwak logarytmiczny, różnego rodzaju kalkulatory oraz stabelaryzowane wyniki ogólnych obliczeń i średnie normy stanowią w zasadzie jedyne narzędzia pracy oficerów rozpoznawczych. Podstawą prowadzonych kalkulacji są normy zawarte w obowiązującym wydawnictwie MON z 1978 r. pt. "Taktyka lotnictwa rozpoznawczego". Opracowaniem dotyczącym tej problematyki, aczkolwiek tylko sygnalizującym zastosowanie nowych metod w rozwiązywaniu zadań rozpoznawczych, jest wydawnictwo MON z 1977 r. pt. "Zastosowanie współczesnych metod logiczno-matematycznych w rozpoznaniu". Ujmuje ono ogólne schematy matematyczne, możliwe do zastosowania w ocenie skuteczności rozpoznania powietrznego, nie zawiera jednak przekonywującego opisu zasadności metody tejże oceny.

Podobne opinie wyrażali także inspirujący badania autora przedstawiciele Zarządu II Sztabu Generalnego WP i Oddziału Rozpoznawczego Wojsk Lotniczych. Sugerowali oni zwłaszcza potrzebę głębszego zbadania problemu wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień oraz ustalenia zależności warunkujących planowanie jego skuteczności.

W wyniku sugestii zainteresowanych instytucji oraz dociekań osobistych i oceny własnych możliwości, autor uznał za celowe zbadanie i opracowanie problematyki objętej tematem:

"Podstawy modelowania wzrokowego rozpoznania powietrznego prowadzonego w dzień".

Skupienie badań na rozpoznaniu wzrokowym wynika z rangi, jaką ten sposób rozpoznania posiada oraz powszechności jego stosowania i w dalszym ciągu dużych możliwości. Ponadto autor sądzi, że pewne rozwiązania i otrzymane wyniki można będzie zastosować podczas modelowania innych sposobów rozpoznania powietrznego.

Mając na uwadze powyższe przesłanki, autor nakreślił sobie następujące cele pracy:

- dokonanie systematyzacji obiektów pola walki z wyodrębnieniem ich grup /klas/ oraz scharakteryzowanie warunków ich wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień na potrzeby planowania;
- określenie kryteriów i wskaźników oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień oraz próba opisu matematycznego zadań rozpoznawczych;
- ustalenie osiąganych aktualnie przez lotnictwo wskaźników efektywności, niezbędnych do stworzenia podstaw praktycznego modelowania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień;
- opracowanie modelu planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień, przydatnego do rozwiązywania zadań w tym zakresie na różnych szczeblach dowodzenia wojskami lotniczymi.

Osiągnięcie powyższych celów wymagało skupienia wysiłków autora na rozwiązaniu następujących zadań badawczych:

- weryfikacja istoty dotychczasowego podziału obiektów współczesnego pola walki z punktu widzenia potrzeb planowania rozpoznania powietrznego i opracowanie zweryfikowanej systematyki podziału tych obiektów;
- analiza wpływu warunków otoczenia na prowadzenie przez załogi samolotów wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień oraz poznanie możliwości ich matematycznego opisu;
- ocena możliwości oka ludzkiego w aspekcie wykonywania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień;

- analiza i ocena czynników mających wpływ na skuteczne wykonywanie zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień oraz określenie ich wartości liczbowych;
- opracowanie algorytmu modelowania wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień w procesie planowania /rozwiązywania zadań/.

W procesie badania powyższych problemów zastosowano następujące metody: analizę logiczną, statystyczną, obserwację, porównywanie i w ograniczonym stopniu eksperyment.

W trakcie opracowywania tematu analizie logicznej poddano przede wszystkim literaturę problemu, głównie z zakresu badań operacyjnych, obejmującą problematykę skuteczności i efektywności działań bojowych oraz dotyczącą taktyki lotnictwa rozpoznawczego.

Wśród dostępnej literatury szczególnie przydatne okazały się następujące pozycje: "Metody badań operacji" Ph.M. Morse'a i G.E. Kimball'a, "Zastosowanie badań operacyjnych w lotnictwie", "Wybrane metody optymalizacji decyzji" i "Badania operacji w wojsku" J. Czujewa, "Idea, algorytm, decyzja" W. Drużnina i D. Kontorowa, "Zastosowanie metod matematycznych w wojsku", "Taktyka lotnictwa rozpoznawczego", "Skuteczność bojowa aparatów latających" W.N. Geweling'a.
Przestudiowanie ich umożliwiło autorowi zapoznanie się z teoretycznymi podstawami badań operacyjnych i możliwościami ich zastosowania w rozwiązywaniu zadań oceny skuteczności działań wojsk. Niemniej jednak trzeba zauważyć, że literatura ta nie ujmuje zagadnień oceny skuteczności /efektywności/ wzrokowego rozpoznania powietrznego. W przeważającej części dotyczy ona zasad i możliwości oceny skuteczności pokładowych systemów uzbrojenia itp. Zawarte w tych pozycjach opisy matematyczne uwzględniają tylko część zjawisk występujących w działalności wojsk.

Co się zaś tyczy skuteczności /efektywności/ działań bojowych lotnictwa rozpoznawczego, to wśród istniejącej literatury nie można wskazać ani jednego opracowania, które by ujmowało tę problematykę w sposób całościowy. Nieliczne, oddzielne sy-

gnały na ten temat można znaleźć w publikacjach: "Wstęp do teorii poszukiwania" J. Skibińskiego, "Wstęp do badań operacyjnych" E.S. Wencel, "Zastosowanie współczesnych metod logiczno-matematycznych w rozpoznaniu" oraz w "Zbiorach materiałów do szkolenia lotniczego", wydawanych okresowo przez Dowództwo Wojsk Lotniczych. Pozycje te okazały się najbardziej użyteczne. Stanowiły one głównie podstawę opracowania koncepcji prac badawczych oraz umożliwiły autorowi ustalenie zakresu tej części pracy, w której dominują opisy matematyczne działań.

Ponadto cenną pomocą okazały się opracowywane przez Oddział Rozpoznawczy Sztabu Wojsk Lotniczych i Wojskowy Instytut Informatyki /Filia nr 1/ materiały dotyczące efektywności rozpoznania ogólnowojskowego i powietrznego. Mimo zbieżności tematycznej materiały te swoim zakresem obejmują inne zagadnienia. Dotyczą one bądź to sposobów użycia podległych sił i możliwości bojowych, bądź selekcji i oceny użyteczności zdobytych danych rozpoznawczych.

Metoda analizy i syntezy wskazanej literatury okazała się użyteczną podczas wyboru, oceny i weryfikacji zjawisk wpływających na skuteczność /efektywność/ wzrokowego rozpoznania powietrznego. W rezultacie wybrano te czynniki, które mają zasadniczy wpływ na procesy wykrycia i rozpoznania obiektów pola walki. Ponadto stosując tę metodę w ocenie parametrów oka ludzkiego ustalono jako możliwości, które powinny być uwzględniane w opisach matematycznych rozwiązywanych zadań rozpoznawczych. Metodę analizy i syntezy wykorzystano również w ocenie obiektów pola walki i ich systematyzacji pod kątem potrzeb modelowania procesów planowania zadań rozpoznawczych.

W ocenie możliwości rozpoznawczych załóg stosowano głównie metodę statystyczną. W tym celu wykorzystano wyniki badań rezultatów rozpoznania wzrokowego osiągniętych w jednostkach wojsk lotniczych. W efekcie końcowym otrzymano dane /średnie statystyczne/ charakteryzujące odległości wykrycia i rozpoznania obiektów w różnych warunkach atmosferycznych, minimalne i średnie czasy potrzebne do rozpoznania obiektów oraz średnie ilości załóg wydzielonych do wykonania zadań rozpoznawczych. Dane te są potrzebne podczas rozwiązywania zadań wzrokowego

rozpoznania powietrznego, w tym oceny jego skuteczności[1/].

Metodę obserwacji i eksperymentu zastosowano głównie do zbadania czynności, jakie oficerowie rozpoznawczy wykonują podczas rozwiązywania zadań taktycznych w ramach planowania działań bojowych lotnictwa rozpoznawczego. W trakcie badania tej problematyki stwierdzono, że aktualny przebieg planowania jest praco- i czasochłonny. Jak wykazano, wynika to z niedoskonałości metod pracy i narzędzi stosowanych aktualnie podczas rozwiązywania zadań rozpoznawczych. Otrzymane wyniki badań umożliwiły w efekcie końcowym krytyczną ocenę stosowanych rozwiązań, a następnie sformułowanie założeń do algorytmizacji czynności, wykonywanych w procesie planowania rozpoznania powietrznego.

W celu potwierdzenia przyjętych założeń analizie poddano dokumentację ćwiczeń, takich jak: "Lato-78", "Krogulec-79", "Zięba-79 i 80", "Zimorodek-79 i 80", "Sojuz-81" oraz "Lato-82". Wybrane zagadnienia pracy, dotyczące wskaźników skuteczności i efektywności oraz schematów zadań rozpoznawczych, podczas ich opracowywania, poddane zostały sprawdzeniu. Realizację tego zamierzenia umożliwiły przygotowane przez autora, a następnie przeprowadzone ze słuchaczami Kursów Wojsk Lotniczych ASG WP w latach 1978-1981, kontrolne i egzaminacyjne ćwiczenia. Ponadto osobiste uczestnictwo autora w wielu ćwiczeniach lotniczych z wojskami umożliwiło prowadzenie porównań danych teoretycznych z wynikami praktycznej działalności sztabów i załóg rozpoznawczych. Otrzymane wyniki oraz wyciągnięte wnioski w szerokim zakresie wykorzystano w pracy.

Autor sądzi, że wykorzystywane metody badawcze, mimo ograniczonego ich stosowania, nielicznych materiałów źródłowych i niewielu eksperymentów pozwoliły jednak na realizację przyjętych zadań badawczych, których wyniki przedstawione zostały w niniejszej rozprawie.

---

1/ Podczas badań zebrano wyniki 3652 rozpoznań wzrokowych, wykonanych w ramach ćwiczeń i lotów poligonowych przez etatowe i nieetatowe załogi rozpoznawcze wojsk lotniczych.

Przyjęty układ opisu rezultatów badań wynika z tematu rozprawy; zagadnienia ujęte zostały zgodnie z chronologią badań. Praca zawiera trzy rozdziały.

W rozdziale pierwszym scharakteryzowano obiekty pola walki, parametry obserwacji wzrokowej, wpływ warunków zewnętrznych na prowadzenie rozpoznania wzrokowego oraz zbiory obiektów wyodrębnione na podstawie ich cech. Zbiory te oraz ocena warunków rozpoznania stanowiły podstawę opracowania ilościowo-jakościowych wskaźników skuteczności /efektywności/ wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień. Temu celowi poświęcony został drugi rozdział pracy. Stosownie do potrzeb tematu, opisano tu w niezbędnym zakresie przyjęte kryterium oceny skuteczności /efektywności/ planowanych /wykonywanych/ zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień oraz zaproponowano wskaźniki skuteczności i sposób ich wyznaczania. W rozdziale trzecim przedstawiono proponowany model planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień. Rozdział ten zawiera część teoretyczną, przedstawiającą proces planowania i rozwiązywania zadań rozpoznawczych oraz część praktyczną, wskazującą chronologię postępowania /algorytmy/ oficerów sztabów w toku planowania rozpoznania.

W celu zachowania przejrzystości pracy poszczególne zagadnienia autor zilustrował rysunkami i wykresami, natomiast rezultaty obliczeń przedstawił w formie tabel.

Praca, w zamiarze autora, jest próbą ujednolicenia oraz formalizacji zasad planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień.
Przedstawiony w niej model oceny i planowania rozpoznania może stanowić podstawę do opracowania programów na EMC. Autor sądzi, że opracowane i przedstawione w rozprawie algorytmy postępowania oficerów rozpoznawczych znajdą praktyczne zastosowanie w wojskach. Wykorzystane w procesie planowania, powinny wpłynąć na podniesienie jakości i skrócenie czasów wykonywanych kalkulacji oraz bardziej efektywne realizowanie planowanych /stawianych/ zadań bojowych. Sądzić ponadto można, iż praca pobudzi zainteresowanych specjalistów do poszukiwania metod dalszego usprawniania procesu rozpoznania powietrznego, szczególnie zaś do dalszego podnoszenia jego skuteczności we wszystkich warunkach.

Prowadząc badania autor korzystał z życzliwej pomocy dowódców i oficerów sztabu oraz personelu latającego jednostek wojsk lotniczych, za co składa im serdeczne podziękowania, zwłaszcza płk.dypl. Ryszardowi JAKULEWICZOWI z Dowództwa Wojsk Lotniczych za patronowanie nad realizacją tego przedsięwzięcia przez wojska oraz płk.dypl.nawig. Edmundowi SZWANGRUBEROWI z Zarządu II Sztabu Generalnego WP za ukierunkowanie pracy. Gorące podziękowania autor składa płk.prof.dr.hab. Jerzemu MACHURZE, płk.doc.dr.hab.inż. Romanowi KULCZYCKIEMU i płk.dr. nawig. Zygmuntowi GRZĘDZIE, którzy swoją wiedzą i doświadczeniem służyli mu zawsze, gdy tego potrzebował, głównie zaś podczas analiz, umożliwiając w ten sposób dokonanie porównań założeń teoretycznych z praktyką.

Szczególnie serdeczne podziękowania autor składa kierownikowi naukowemu pracy płk.doc.dr.hab.pil. Wacławowi ŚWIĄTNICKIEMU, którego cenne uwagi i pomoc pozwoliły nadać rozprawie ostateczną treść i formę.

# 1. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW ORAZ WARUNKÓW WZROKOWEGO ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO

Prowadząc badania autor stwierdził, że modelowanie wzrokowego rozpoznania powietrznego prowadzonego w dzień zawsze obejmuje analizę istniejących lub założonych obiektów i warunków rozpoznania oraz analizę i ocenę własnych możliwości lub potrzeb, niezbędnych do wykonania zadań rozpoznawczych.

Pojęcia "obiekty" i "warunki rozpoznania" są na ogół jednoznacznie interpretowane w literaturze dotyczącej tej problematyki. Okazuje się jednak, że istniejąca klasyfikacja obiektów oraz opisy warunków rozpoznania nie w pełni odpowiadają potrzebom modelowania rozpoznania powietrznego w ogóle, a w szczególności potrzebom rozwiązywania taktycznych zadań rozpoznawczych w aspekcie osiągania największej skuteczności działań.

Systematyzacja obiektów i towarzyszących im warunków rozpoznania umożliwia uniknięcie wielu wyliczeń, a tym samym sprawne modelowanie rozpoznania powietrznego. Spośród dużej ilości obiektów, którymi dysponuje nieprzyjaciel można wyodrębnić określone ich grupy, charakteryzujące się zbliżonymi cechami z punktu widzenia rozpoznania powietrznego. Okazuje się, że i warunki rozpoznania racjonalnie wyodrębnionych grup obiektów są podobne. W wzrokowym rozpoznaniu powietrznym dużą rolę odgrywają cechy fizjologiczne oka ludzkiego. Nie chodzi przy tym o cechy materialne oka, lecz cechy użytkowe w procesie rozpoznania. Dlatego też zajęcie się tym problemem już na wstępie okazało się nieuniknione. Wbrew pozorom sprawy te nie były łatwe do wyjaśnienia. Mimo obszernej wiedzy medycznej na temat oka ludzkiego, ocena jego możliwości w rozpoznaniu powietrznym jest nadal kontrowersyjna.

1.1. Charakterystyka obiektów pola walki

Obecnie obiekty stanowiące przedmiot rozpoznania ogólnie dzielone są na: wojskowe, wojskowo-cywilne i cywilne.[1/] Podział taki uwzględnia przeznaczenie oraz przynależność organizacyjną obiektów i ma zastosowanie w okresie pokoju. Obiekty nie będące wojskowymi, w większości przypadków wywierają określony wpływ na prowadzenie działań bojowych. Z tego względu jako przedmioty rozpoznania powinny być traktowane na równi z obiektami wojskowymi.

W rozważaniach operacyjno-taktycznych obiekty pola walki będące przedmiotami rozpoznania dzieli się ogólnie na: strategiczne, operacyjne i taktyczne. W tym przypadku czynnikiem wyróżniającym jest ich rola na polu walki.
Obiekty o znaczeniu strategicznym są to obiekty, które odgrywają główną rolę podczas realizacji zakładanych celów wojny.
Obiektami o znaczeniu operacyjnym nazywane są obiekty, które spełniają określoną rolę i decydują o prowadzeniu operacji przez siły zbrojne.
Obiektami o znaczeniu taktycznym nazywane są obiekty mające bezpośredni wpływ na przebieg walki. Położone są w strefie taktycznej, głównie w pobliżu rubieży styczności wojsk.

Obiekty wchodzące w skład wymienionych grup mogą być obiektami stałymi lub ruchomymi. Z analizy współczesnego pola walki wynika, że gros obiektów będących przedmiotami rozpoznania powietrznego stanowią obiekty ruchome. Fakt ten jest istotnym czynnikiem determinującym planowanie i realizację wzrokowego rozpoznania powietrznego. Wyraża się to między innymi w określaniu rejonów rozpoznania /poszukiwania/, a co za tym idzie, wydzielaniu do ich przeglądnięcia i rozpoznania niezbędnej ilości sił.

W praktycznej działalności obiekty pola walki dzielone są jeszcze, w zależności od układu przestrzennego, na: punktowe, powierzchniowe i liniowe.

---

1/ Charakterystyka obiektów jako przedmiotów rozpoznania. Wyd.Szt.Gen. 1972.

Taki podział obiektów nie odpowiada w pełni wymogom badań operacyjnych, w szczególności - ocenie skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego z zastosowaniem metod logiczno-matematycznych.

Z analizy wniosków z przeprowadzonych lotniczych ćwiczeń operacyjno-taktycznych, dokumentów planistycznych i kalkulacyjnych oraz literatury przedmiotu wynika, że najczęściej stosowanymi kryteriami oceny oraz podziału obiektów będących przedmiotami rozpoznania są:

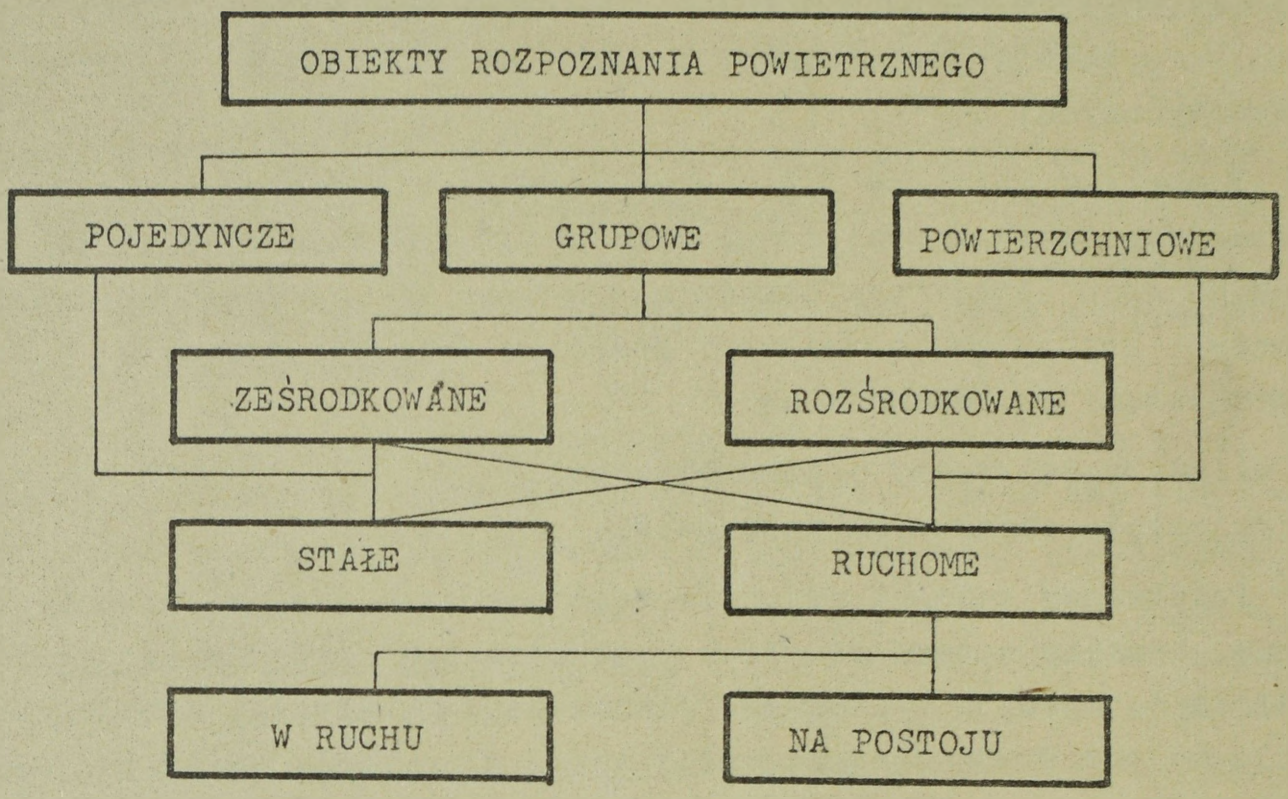
1/ układ przestrzenny i stan obiektu,
2/ znaczenie obiektu na polu walki.

Podstawowy podział obiektów będących przedmiotami rozpoznania, zdaniem autora rozprawy, powinien być przeprowadzony w oparciu o pierwsze kryterium. Jak wskazuje praktyka, a potwierdzają to przeprowadzone badania, każde planowanie zadań rozpoznawczych na szczeblach operacyjnych i taktycznych rozpoczyna się od oceny właściwości fizycznych obiektów rozpoznania. Układ przestrzenny ma tu podstawowe znaczenie. Jego ocena umożliwia ilościowe określenie niezbędnych do rozpoznania elementów każdego obiektu oraz sprecyzowanie schematu zadania taktycznego i sposobu jego rozwiązania /wybór taktyki rozpoznania obiektu/. Natomiast stan obiektu wpływa głównie na wielkość rejonu poszukiwania i czas rozpoznania.

Układ przestrzenny i stan obiektu w większości przypadków są określane po analizie i ocenie innych zadań /stawianych przed innymi rodzajami wojsk/ mających związek z zadaniami rozpoznawczymi wykonywanymi przez lotnictwo i po wnikliwej ocenie sytuacji nieprzyjaciela, a przede wszystkim jego ugrupowania bojowego. Jak wynika z praktyki ćwiczeń, ocena obiektów wykonywana jest bez przerwy, aż do momentu postawienia zadań wykonawcom. Podyktowane to jest zmiennością sytuacji operacyjno-taktycznej i jej dynamiką.

Biorąc za podstawę powyższe argumenty, autor rozprawy proponuje, by obiekty pola walki, będące przedmiotami wzrokowego rozpoznania powietrznego, podzielić na trzy podstawowe

grupy /rysunek 1/[1].




Rys.1. Grupy obiektów, będących przedmiotami wzrokowego rozpoznania powietrznego

Pojedynczy /prosty/ obiekt rozpoznania to przedmiot, którego układ przestrzenny stanowi jeden lub kilka elementów o małych wymiarach i podobnym przeznaczeniu, rozmieszczonych w sposób zwarty. Funkcje spełniane przez poszczególne elementy wynikają z przeznaczenia obiektu. Obiekt pojedynczy zajmuje niewielką powierzchnię terenu, nie stanowiącą przedmiotu rozpoznania. Zbiór typowych obiektów pojedynczych przedstawiono w tabeli 1.

---

1/ Por. J. Nowak: O istocie i znaczeniu oraz zastosowaniu badań operacyjnych w wojsku. "Myśl Wojskowa" 1976, nr 10, s.3

Tabela 1

Zbiór typowych obiektów pojedynczych

| Lp. | Nazwa obiektu | Uwagi |
|---|---|---|
| 1 | Samolot | |
| 2 | Czołg | |
| 3 | Stacja radiolokacyjna | |
| 4 | Stacja radioliniowa | |
| 5 | Punkt dowodzenia pododdziału | |
| 6 | Rakieta na wyrzutni | |
| 7 | Okręt | |
| 8 | Budynek | |
| 9 | Wiadukt | |
| 10 | . . . | |

Grupowy /złożony/ obiekt rozpoznania to zbiór obiektów pojedynczych /prostych/, zwykle jednorodnych, spełniających funkcje wynikające z przeznaczenia obiektu. Elementy składowe obiektu mogą być rozmieszczone w różnych odległościach od siebie. Biorąc pod uwagę wzajemne rozmieszczenie elementów rozróżnić możemy obiekt grupowy rozśrodkowany i ześrodkowany. W związku z tym powierzchnia rozmieszczenia obiektu może być różna. W przypadku obiektu rozśrodkowanego w zasadzie stanowi ona przedmiot rozpoznania. Zbiór typowych obiektów grupowych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Zbiór typowych obiektów grupowych

| Lp. | Nazwa obiektu | Uwagi |
|---|---|---|
| 1. | Bateria pocisków rakietowych klasy "Z-Z" | |
| 2. | Bateria artylerii lufowej | |
| 3. | Bateria rakietowych wyrzutni wieloprowadnicowych | |
| 4. | Bateria przeciwpancernych pocisków rakietowych | |
| 5. | Punkt dowodzenia oddziału, związku taktycznego lub operacyjnego | |
| 6. | Ośrodek kierowania i naprowadzania LM | |
| 7. | Ośrodek wykrywania i naprowadzania | |
| 8. | Wojska w marszu i w rejonach ześrodkowania | |
| 9. | Baza morska i lotnicza | |
| 10. | Zakład przemysłowy, skład lub magazyn | |
| 11. | Przeprawa, rozbudowa inżynieryjna | |
| 12. | Stacja lub mały węzeł kolejowy | |
| 13. | Zapora wodna | |
| 14. | Umocnienia fortyfikacyjne | |
| . | . . . | |

Powierzchniowy obiekt rozpoznania to obiekt stanowiący zbiór różnych obiektów /pojedynczych i grupowych/, rozmieszczonych w sposób nie w pełni znany w granicach pewnego obszaru. Poszczególne elementy obiektu spełniają zazwyczaj różne funkcje. Cechą charakterystyczną rozpoznania obiektów powierzchniowych jest to, że prowadzi się rozpoznanie całej powierzchni, a nie pojedynczych obiektów. Przykładowe obiekty powierzchniowe zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 3

Zbiór typowych obiektów powierzchniowych

| Lp. | Nazwa obiektu | Uwagi |
|---|---|---|
| 1. | Bateria PR "PERSHING" | |
| 2. | Brygada zmechanizowana /pancerna/ w rejonie ześrodkowania | |
| 3. | Dywizja zmechanizowana /pancerna/ w rejonie ześrodkowania | |
| 4. | Baza morska | |
| 5. | Baza lotnicza | |
| 6. | Rejon przemysłowy | |
| . | . . . | |

Znaczenie obiektu stanowi szczególnego rodzaju kryterium podziału obiektów pola walki. Pogrupowanie obiektów według tego kryterium sprowadza się do przypisania każdemu obiektowi określonej wartości, jaką w danej sytuacji operacyjno-taktycznej będzie on posiadał dla dowództw i wojsk, następnie, biorąc pod uwagę obiekty o podobnym znaczeniu /podobnej wartości/, podzielenia ich na klasy. Zdaniem autora, "wartości" obiektów można wyrazić w postaci liczbowej, a następnie dane te uwzględniać jako wskaźniki skuteczności /efektywności/ rozpoznania w rozwiązywanych zadaniach taktycznych. Proponowane wskaźniki rozpoznania /efektywności/ oraz ich szczegółowe opisy przedstawiono w rozdziale drugim rozprawy.

Biorąc pod uwagę znaczenie obiektów jako kryterium ich kwalifikacji, autor uważa, że obiekty współczesnego pola walki, będące przedmiotami wzrokowego rozpoznania powietrznego, można podzielić na trzy klasy.

Obiekty pierwszej klasy to obiekty odgrywające zasadnicze znaczenie na współczesnym polu walki. Ich rozpoznanie w każdym przypadku powinno być połączone z niszczeniem. Do tej klasy obiektów przede wszystkim zaliczyć należy broń jądrową i środki

jej przeznaczenia.

Do obiektów drugiej klasy należy zaliczyć obiekty zapewniające dowodzenie wojskami oraz wojska i klasyczne środki walki. Rozpoznanie obiektów tej klasy nie zawsze musi być połączone z ich niszczeniem. Do tej grupy obiektów zalicza się głównie punkty dowodzenia, siły oraz klasyczne środki walki o pełnej gotowości.

Obiekty trzeciej klasy to siły i środki nieprzyjaciela gotowe do użycia w drugiej kolejności. Są to głównie obiekty tyłowe.

Przykładowe zbiory obiektów proponowanych klas zestawiono poniżej.

A. Obiekty pierwszej klasy - siły i środki masowego rażenia:

1. Rakietowe środki przenoszenia broni jądrowej klasy "Z-Z", "Z-P, "P-Z"
2. Samoloty - nosiciele broni jądrowej
3. Składy i magazyny broni specjalnej, zakłady przemysłu jądrowego
4. Okręty uzbrojone w środki przenoszenia broni jądrowej

B. Obiekty drugiej klasy - obiekty systemu dowodzenia wojskami oraz klasyczne środki walki:

1. Punkty dowodzenia wojskami
2. Punkty kierowania obroną przeciwlotniczą
3. Lotniska i samoloty uzbrojone w klasyczne środki rażenia
4. Wojska w marszu i w rejonach ześrodkowania o pełnej gotowości bojowej /zdolne do natychmiastowego użycia/
5. Środki obrony przeciwlotniczej
6. Bazy i porty morskie
7. Obiekty radioelektroniczne

C. Obiekty trzeciej klasy - pozostałe obiekty pola walki:

1. Wojska w marszu i w rejonach ześrodkowania, gotowe do użycia w drugiej kolejności
2. Obiekty komunikacyjne /transport kołowy, kolejowy, wodny śródlądowy, morski - pasażerski/
3. Obiekty tyłowe
4. Obiekty systemu elektroenergetycznego
5. Obiekty logistyczne, takie jak: składy środków materiałowych, sprzętu technicznego, elementy systemu zaopatrzenia w paliwa płynne, ujęcia wody itp.
6. Obiekty przemysłowe.

Dalszy podział obiektów pola walki powinien być, zdaniem autora rozprawy, przeprowadzony w oparciu o kryterium ruchu /stan obiektów/. Wykorzystując to kryterium, wszystkie obiekty jako przedmioty rozpoznania możemy podzielić na obiekty stałe i ruchome, zaś ruchome - na będące w ruchu lub na postoju.

Obiekty stałe, są to obiekty trwale związane z miejscem ich rozmieszczenia.

Obiekty ruchome, stanowiące gros obiektów współczesnego pola walki oceniane są zazwyczaj według parametrów ruchliwości.

Do ogólnych parametrów ruchliwości obiektów będących przedmiotami rozpoznania zaliczane są:

1. Prędkość poruszania się, która w większości przypadków jest funkcją warunków terenowych, to jest rzeźby terenu i stanu gruntu. Bardzo często operuje się dwiema wartościami prędkości poruszania się - prędkością maksymalną i średnią.
2. Zasięg /parametr związany z zapasem paliwa i jego zużyciem/, który również jest zmienną losową zależną od warunków terenowych. Wartość ta określa odległość, jaką można przebyć mając pełny zbiornik paliwa

3. Przejezdność, tj. zdolność poruszania się obiektu rozpoznania w konkretnych warunkach terenowych, zdolność pokonywania przeszkód terenowych, wodnych o określonej głębokości, rowów, kanałów itp. oraz poruszania się po drogach o określonym stanie.

4. Manewrowość, tj. możliwość wykonania określonego manewru w danych warunkach /np. zmiany kierunku marszu na drodze o określonej szerokości/. Parametr ten w odniesieniu do wszystkich typów środków transportowych wyrażany jest promieniem zakrętu.

5. Parametry czasowe, do których należy czas potrzebny do uzupełnienia paliwa, przygotowania do ruchu, czas osiągnięcia gotowości bojowej do wykonania zadania bojowego itp.

Jak z powyższych rozważań wynika, wielkości przedstawionych parametrów w większości przypadków mają charakter losowy. Podyktowane to jest wpływem wielu, stale zmieniających się czynników, mających wpływ na zmianę położenia obiektu ruchowego. Dlatego też wybór taktyki poszukiwania obiektów ruchomych podporządkowany powinien być aktualnym warunkom, wynikającym z sytuacji operacyjno-taktycznej i wpływu tych czynników, które determinują prowadzenie wzrokowego rozpoznania powietrznego.

Z przeprowadzonych rozważań dotyczących podziału obiektów rozpoznania wynika, że przeznaczenie obiektu najczęściej przesądza o jego rozmieszczeniu w ugrupowaniu wojsk nieprzyjaciela, położeniu w terenie, ale także o jego cechach budowy, rozmiarach, charakterze działań, osłonie przez środki OPL itp. Zwróćmy na przykład uwagę, że wiele cech wyrzutni rakiet o różnym przeznaczeniu wykazuje znaczne podobieństwo. Zatem wyodrębnienie grup obiektów z uwagi na ich cechy jest racjonalne z punktu rozpoznania powietrznego. Stosując proponowane ogólne kryteria podziału możemy grupować zarówno te obiekty, które są aktualnie w uzbrojeniu, jak również te, które mogą się pojawić w przyszłości.

## 1.2. Charakterystyka warunków zewnętrznych mających wpływ na prowadzenie wzrokowego rozpoznania powietrznego

Przeprowadzając analizę literatury autor stwierdził, że warunki zewnętrzne stanowiące środowisko, w którym są rozmieszczane i działają obiekty rozpoznania oraz w którym prowadzone jest wzrokowe rozpoznanie powietrzne, są źródłem najliczniejszej grupy informacji uwzględnianych w rozwiązywanych zadaniach taktycznych. W celu scharakteryzowania tych warunków autor rozprawy proponuje podzielenie ich na trzy podstawowe grupy: warunki geograficzne, warunki atmosferyczne i warunki terenowe.

### 1.2.1. Warunki geograficzne

Z przeprowadzonej analizy literatury wynika, że do czynników stanowiących warunki geograficzne i mających wpływ na prowadzenie wzrokowego rozpoznania powietrznego należy zaliczyć te, które są charakterystyczne dla danego obszaru /rejonu/ na kuli ziemskiej. Są to czas astronomiczny /np. dzień, noc. świt, wschód, zmrok, zachód Słońca itp./ oraz poziom oświetlenia słonecznego terenu /w danej chwili/. Ponadto autor proponuje by w tej grupie warunków zewnętrznych oceniać również taktyczne i fizyczne właściwości rejonu działań bojowych oraz klimat charakterystyczny dla tego obszaru. Natomiast taktyczne i fizyczne właściwości w rejonie rozpoznania oraz decydujące o prowadzeniu wzrokowego rozpoznania powietrznego czynniki meteorologiczne proponuje się oceniać w ramach pozostałych dwóch grup warunków.

Ocena warunków geograficznych powinna przede wszystkim umożliwić określenie dla danego rejonu na kuli ziemskiej charakterystycznych czasów astronomicznych w ciągu doby, a tym samym czasu działań bojowych i czasów wykonania postawionych zadań bojowych. Ponadto ocena ta powinna zapewnić określenie właściwego dla rejonów i czasów rozpoznań oświetlenia terenu.

Ocena taktycznych i fizycznych właściwości rejonu działań bojowych ma na celu dostarczenie wniosków o możliwościach

prowadzenia działań bojowych w konkretnym obszarze. Obejmować ona może teatr działań wojennych, kierunek strategiczny lub operacyjny. Najczęściej prowadzi się ją w oparciu o szczegółowe opisy wojskowogeograficzne, mapy, plany, szkice itp.. Czyni się to każdorazowo podczas analizy zadania i oceny sytuacji, podejmowania decyzji bądź jej weryfikacji oraz sukcesywnie - podczas wykonywania zadań bojowych. Otrzymane tą drogą dane pozwalają na właściwe dla danego obszaru ugrupowanie wojsk własnych, wybór uzasadnionych kierunków działania /głównego i pomocniczych/ oraz pozwalają przewidzieć możliwe do zastosowania formy walki. W przypadku podobnej oceny sytuacji nieprzyjaciela dane te zapewniają określenie z dużym prawdopodobieństwem możliwego działania elementów jego ugrupowania, będących w wielu przypadkach przedmiotami rozpoznania.

Obserwując pracę dowództw i sztabów lotnictwa rozpoznawczego autor rozprawy stwierdził, że prowadzona przez te komórki stanowisk dowodzenia ocena właściwości taktyczno-fizycznych działań bojowych najczęściej obejmuje ocenę ogólną całego obszaru działań bojowych oraz szczegółową - wzdłuż tras lotów i w rejonach rozpoznania. Główną uwagę skupia się przy tym na topografii obszaru /rzeźbie wraz z pokryciem/. Otrzymane tą drogą wnioski w większości przypadków stanowią podstawę wyboru tras lotów, zapewniających skuteczne pokonanie OPL nieprzyjaciela.

Jak z powyższego wynika, ocenie powinien być poddawany obszar obejmujący setki tysięcy kilometrów kwadratowych. Tylko taki jej zakres w kontekście konkretnej sytuacji operacyjno-taktycznej, pozwala na wyciągnięcie właściwych wniosków. Z punktu widzenia potrzeb lotnictwa rozpoznawczego, oprócz ogólnej oceny całego obszaru działań bojowych, szczegółowej ocenie poddawane są rejony rozmieszczenia obiektów rozpoznania. Czyni się to w celu ustalenia miejsc usytuowania przedmiotów rozpoznania w ogólnym ugrupowaniu bojowym nieprzyjaciela oraz możliwości ich przemieszczania i działania w rozpatrywanym terenie. Z tego punktu widzenia, zdaniem autora, szczegółowa ocena właściwości taktyczno-fizycznych może być ograniczona do terenu, w którym są rozmieszczone obiekty będące przedmiotami rozpoznania. Szczegółową ocenę warunków terenowych i ich

wpływ na wykonanie zadań rozpoznawczych sposobem wzrokowym autor przedstawił w dalszej części rozdziału.

Podobnie szerokiej i dwustopniowej ocenie poddawane są warunki atmosferyczne. Ludzie zajmujący się tym zawodowo stosują tu dwa podejścia:[1/] klimatyczne, wykorzystujące uśrednione, wieloletnie dane, oraz synoptyczne, które opiera się na rejestrowaniu chwilowego stanu atmosfery.

Podejście klimatyczne lansowane jest głównie przez geografów. Uważają oni, że czynniki geograficzne mają zasadnicze znaczenie w kształtowaniu pogody. Jest to słuszne w przypadku oceny warunków atmosferycznych na dużych obszarach, np. na kontynencie. W przypadku analizy warunków atmosferycznych w mniejszej skali podejście klimatyczne prowadzi do błędnych ocen.

Podejście synoptyczne oparte jest na badaniu chwilowego stanu atmosfery i zachodzących w niej procesów fizycznych w kontekście podstawowych praw dynamiki i termodynamiki. Sposób ten, w przeciwieństwie do poprzedniego, umożliwia prognozowanie pogody. Wychodząc z tych przesłanek, autor proponuje oceniać klimat w ramach warunków geograficznych, natomiast podstawowe czynniki meteorologiczne /niezależne od czynników geograficznych/, mające wpław na wykonanie zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego, w grupie warunków atmosferycznych.

Czas

Ruch będący istotą określania czasu na Ziemi jest wynikiem przemieszczania się Słońca w sferze niebieskiej oraz Ziemi wokół Słońca. Z punktu widzenia praktycznego interesujące są: ruch roczny Słońca oraz ruch dobowy.

Obieg roczny Słońca jest ruchem pozornym /podobnie jak ruch dobowy/. Powoduje on roczny obieg Ziemi wokół Słońca. Ruch dobowy Słońca oznacza się w związku z tym pewnymi charakterystycznymi właściwościami, a mianowicie:

a/ czas między wschodem a zachodem Słońca w ciągu roku stale się zmienia;

---

1/ Por. M. Ostrowski: Pogoda i klimat - pojęcia nieznane? Przegląd Wojsk Lotniczych i Wojsk OPK 1982, nr 7-8, ss. 103-104.

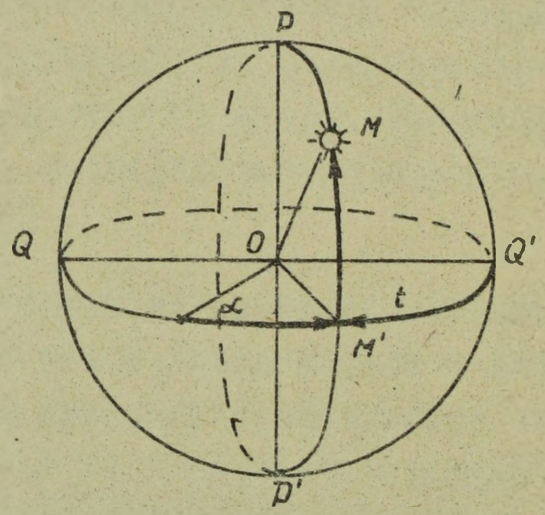
b/ ciągłym zmianom ulega przez cały rok również azymut punktów wschodu i zachodu Słońca; punkty te poruszają się i przechodzą z jednej ćwiartki horyzontu do drugiej, np.: latem Słońce wschodzi w północno-wschodniej części horyzontu i zachodzi w części północno-zachodniej, zimą zaś Słońce wschodzi w południowo-wschodniej części, a zachodzi w południowo-zachodniej części horyzontu;

c/ w ciągu roku zmienia się wysokość Słońca podczas kulminacji.

Wielkościami wynikającymi z powyższych właściwości są czas świtu, wschodu, zmroku i zachodu Słońca. Czasy te są jednocześnie czasami granicznymi, określającymi głównie czas trwania dnia i związaną z nim wysokość Słońca.

Wyznaczenie przytoczonych wielkości zapewnia przyjęty w astronomii układ współrzędnych równikowych. Na ich podstawie możliwe jest określenie położenia Słońca na sferze niebieskiej, a tym samym wyznaczenie potrzebnych do obliczeń wartości.

Współrzędnymi tego układu są: deklinacja Słońca /$\delta$/, oraz kąt godzinny /$t^{o}$/ lub rektoscencja.[1/]




Rys. 2. Układ współrzędnych równikowych

Deklinacja ciała niebieskiego /Słońca/ jest to kąt zawarty między płaszczyzną równika niebieskiego, a kierunkiem ze środka sfery do danego ciała niebieskiego /Słońca/. Określa się ją wzdłuż łuku koła, od równika niebieskiego do miejsca danego ciała niebieskiego, od 0 do $\pm$ 90$^{o}$. Jeżeli ciało niebieskie znajduje się na półkuli północnej, deklinację traktujemy jako

---

1/ K. Rudnicki: Astronomia. Warszawa 1975, s.24.

dodatnią, jeżeli zaś na półkuli południowej - jako ujemną. Z analizy literatury wynika, że wysokość ciała niebieskiego może być określana inną wielkością, a mianowicie odległością biegunową. Odległość biegunowa jest to łuk koła deklinacji liczony od punktu bieguna północnego Świata do miejsca ciała niebieskiego. Mierzona ona jest łukiem PM.

Związek między deklinacją i odległością biegunową wyrażany jest wzorem:

$$\delta + PM = 90^\circ$$
$$\text{lub } PM = 90^\circ - \delta \qquad /1/$$
$$\delta = 90^\circ - PM.$$

Kąt godzinny ciała niebieskiego $t^\circ$ jest to łuk równika niebieskiego QM /rys.2/ między południowym punktem równika i kołem deklinacji ciała niebieskiego.

W astronomii lotniczej kąt godzinny liczony jest od południowego punktu równika wzdłuż równika w kierunku zachodnim i wschodnim, w zakresie od 0 do $180^\circ$.

Zachodni kąt godzinny oznacza się literą W. Na przykład $t^\circ = 113^\circ W$. Wschodni kąt godzinny oznacza się literą E. Na przykład $t^\circ = 87^\circ E$. Podczas obliczeń zachodni kąt godzinny bywa podawany w zakresie od 0 do $360^\circ$. W takim przypadku do przekroczenia wartości $180^\circ$ należy go dopełnić do $360^\circ$. Otrzymana wartość odpowiadać będzie już wschodniemu kątowi godzinnemu. Na przykład $t^\circ = 270^\circ W$, lub $t^\circ = 360^\circ - 270^\circ = 90^\circ E$.

Kąt godzinny ciała niebieskiego jako współrzędna układu równikowego bywa zastępowana inną wielkością - rektascencją.

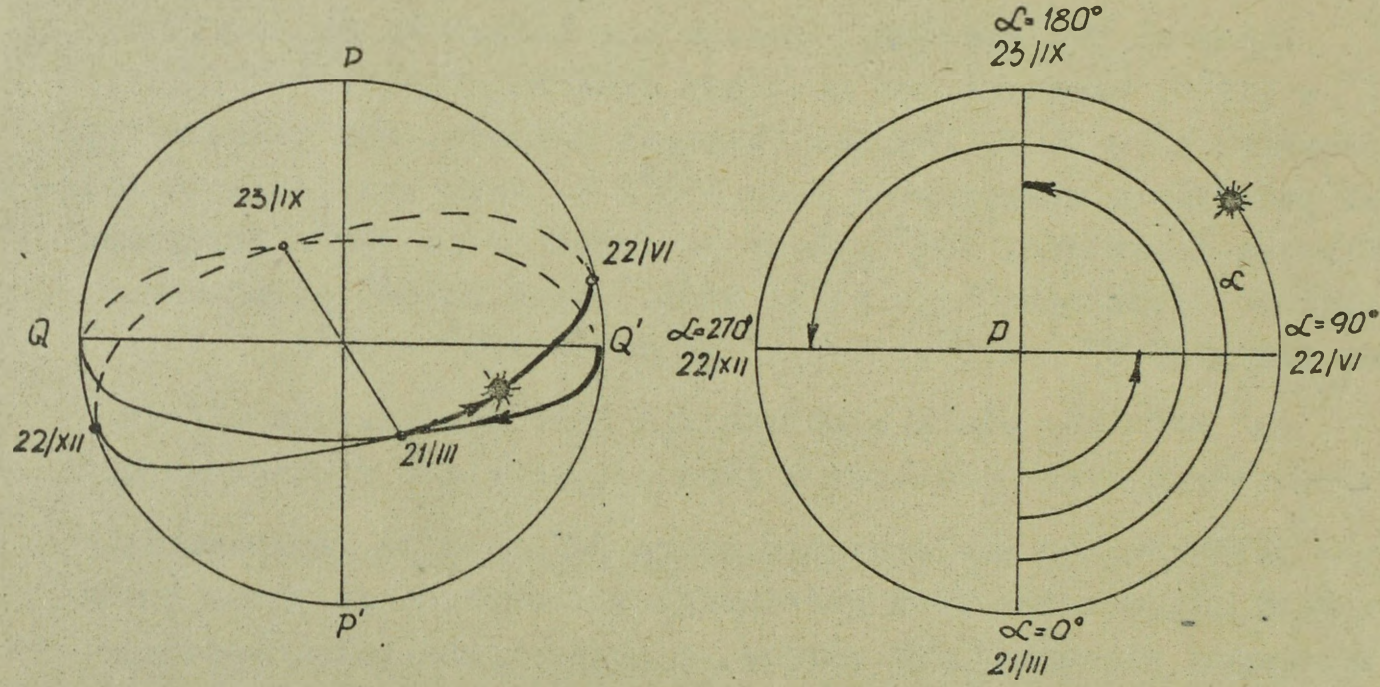
Rektascencja ciała niebieskiego /$\alpha$/ jest to kąt zawarty między płaszczyzną koła godzinnego przechodzącego przez punkt równonocy wiosennej /21 marca/, a płaszczyzną koła godzinnego przechodzącego przez dane ciało niebieskie.

Rektascencję ciała niebieskiego odczytujemy wzdłuż równika niebieskiego w zakresie od 0 do $360^\circ$ od punktu równocy wiosennej do koła deklinacji danego ciała niebieskiego w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara /jeżeli patrzy się od strony bieguna północnego/.

Zarówno kąt godzinny jak i rektascencję odczytuje się w godzinach, minutach, sekundach i stopniach. Współrzędne te są ściśle związane z pomiarem czasu.[1/]

Opisane współrzędne biegunowe, stanowiące podstawę w obliczeniach interesujących wielkości, posiadają określone, stałe wartości dla danego punktu na Ziemi /wyznaczonego współrzędnymi geograficznymi - długością i szerokością/. Wartości te zostały stabelaryzowane w wydawnictwach astronomicznych, uaktualnianych co roku o zmiany zachodzące w położeniu ciał niebieskich.

Podstawową wielkością jest deklinacja Słońca. W związku z tym, że Słońce wykonuje ruch własny /pozorny/ po wielkim kole sfery niebieskiej /zwanym ekliptyką/, którego płaszczyzna przecina się z płaszczyzną równika niebieskiego pod kątem $23^{o}27'$, deklinacja Słońca zmienia się, przyjmując wartości od $+ 23^{o}27'$ do $- 23^{o}27'$. Dla innych ciał niebieskich może przyjmować wartości od 0 do $\pm 90^{o}$.




Rys. 3. Ruch roczny Słońca

1/ S.S. Fiedczyn: Nawigacja lotnicza. Warszawa 1974, s.358.

Charakterystyczne wartości deklinacji i rektascencji Słońca dla jego rocznego ruchu po ekliptyce zestawione zostały w tabeli 4.[1/]

Tabela 4

Charakterystyczne wartości deklinacji i rektascencji Słońca

| Okres roku | Data | Współrzędne | |
|---|---|---|---|
| | | Deklinacja | Rektascencja |
| Dzień równonocy wiosennej | 21 marca | $0^{o}$ | $0^{o}$ |
| Dzień przesilenia letniego | 22 czerwca | $+ 23^{o}27'$ | $90^{o}$ |
| Dzień równonocy jesiennej | 23 września | $0^{o}$ | $180^{o}$ |
| Dzień przesilenia zimowego | 22 grudnia | $- 23^{o}27'$ | $270^{o}$ |

Kolejną wielkością, której znajomość w obliczeniach czasu jest niezbędna, jest kąt godzinny. Wielkość ta, jak z wstępnych rozważań wynika, może być zastępowana rektascencją. W obliczeniach, których podstawą jest położenie widocznej tarczy słonecznej, wygodniej jest posługiwać się kątem godzinnym. Dodatkową zaletą stosowania w obliczeniach kąta godzinnego jako współrzędnej poziomej jest jej liczenie od kulminacji górnej Słońca, to znaczy:

gdy $H = maks.$
to $t^{o} = 0^{o}$

W celu zamiany kątów godzinnych, a także długości geograficznej miejsca wyrażonej w stopniach na jednostki czasu i odwrotnie, posługujemy się stosunkami wzajemnymi, wynikającymi z pełnego ruchu Słońca po kole /$360^{o}$/ w czasie doby /$24^{h}$/, to znaczy, że:

1/ Tamże, s.370

$$1^h = 15^o \text{ lub } 1^o = 4^m,$$
$$1^m = 15' \text{ lub } 1' = 4^s, \qquad /2/$$
$$1^s = 15'' \text{lub } 1'' = 1/15^s.$$

Zależności te dla $t^o$ od $0^o$ do $360^o$ i czasu $24^h$ /czasu miejscowego/ zostały zestawione w tabeli 5. Znajomość deklinacji oraz kąta godzinnego punktu, dla którego chcemy wyznaczyć wartości czasowe, umożliwia określenie podstawowych czasów, jakimi są czasy wschodu, kulminacji czy zachodu Słońca. Wiąże się to głównie z określeniem wysokości Słońca nad horyzontem.

Granicznymi wysokościami Słońca są jego kulminacje: górna /dzienna/, podczas której $t^o = 0^o$ oraz dolna /nocna/, podczas której $t^o = 180^o$ /$12^h$/. Dla tych dwóch przypadków wysokość Słońca możemy obliczyć na podstawie wcześniej podanych informacji, to znaczy:

gdy $t^o = 0^o$ to $H = 90^o - \varphi + \delta$ /kulminacja górna/
oraz $t = 12^h$ to $H = \varphi + \delta - 90^o$ /kulminacja dolna/

Wyznaczenie wysokości Słońca nad horyzontem o dowolnej porze dnia umożliwia następujące równanie:[1/]

$$\sin h^o = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t^o \qquad /3/$$

gdzie: $h^o$ - wysokość Słońca,
$\varphi$ - szerokość geograficzna,
$\delta$ - deklinacja Słońca,
$t^o$ - kąt godzinny Słońca dla danej szerokości geograficznej.

---

1/ A.Ledóchowski:Astronawigacja. Gdynia 1966, s.69

Tabela 5

Zależności $t^o$ od czasu miejscowego dla $24^h$

| Czas miejscowy | $t^o$ | Czas miejscowy | $t^o$ | Czas miejscowy | $t^o$ | Czas miejscowy | $t^o$ | Czas miejscowy | $t^o$ | Czas miejscowy | $t^o$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $12^{oo}$ | 360 | $16^{oo}$ | 60 | $20^{oo}$ | 120 | $00^{oo}$ | 180 | $4^{oo}$ | 240 | $8^{oo}$ | 300 |
| 12 | 03 | 12 | 63 | 12 | 123 | 12 | 183 | 12 | 243 | 12 | 303 |
| 24 | 06 | 24 | 66 | 24 | 126 | 24 | 186 | 24 | 246 | 24 | 306 |
| 36 | 09 | 36 | 69 | 36 | 129 | 36 | 189 | 36 | 249 | 36 | 309 |
| 48 | 12 | 48 | 72 | 48 | 132 | 48 | 192 | 48 | 252 | 48 | 312 |
| $13^{oo}$ | 15 | $17^{oo}$ | 75 | $21^{oo}$ | 135 | $1^{oo}$ | 195 | $5^{oo}$ | 255 | $9^{oo}$ | 315 |
| 12 | 18 | 12 | 78 | 12 | 138 | 12 | 198 | 12 | 258 | 12 | 318 |
| 24 | 21 | 24 | 81 | 24 | 141 | 24 | 201 | 24 | 261 | 24 | 321 |
| 36 | 24 | 36 | 84 | 36 | 144 | 36 | 204 | 36 | 264 | 36 | 324 |
| 48 | 27 | 48 | 87 | 48 | 147 | 48 | 207 | 48 | 267 | 48 | 327 |
| $12^{oo}$ | 30 | $18^{oo}$ | 90 | $22^{oo}$ | 150 | $2^{oo}$ | 210 | $6^{oo}$ | 270 | $10^{oo}$ | 330 |
| 12 | 33 | 12 | 93 | 12 | 153 | 12 | 213 | 12 | 273 | 12 | 333 |
| 24 | 36 | 24 | 96 | 24 | 156 | 24 | 216 | 24 | 276 | 24 | 336 |
| 36 | 39 | 36 | 99 | 36 | 159 | 36 | 219 | 36 | 279 | 36 | 339 |
| 48 | 42 | 48 | 102 | 48 | 162 | 48 | 222 | 48 | 282 | 48 | 342 |
| $15^{oo}$ | 45 | $19^{oo}$ | 105 | $23^{oo}$ | 165 | $3^{oo}$ | 225 | $7^{oo}$ | 285 | $11^{oo}$ | 345 |
| 12 | 48 | 12 | 108 | 12 | 168 | 12 | 228 | 12 | 288 | 12 | 348 |
| 24 | 51 | 24 | 111 | 24 | 171 | 24 | 231 | 24 | 291 | 24 | 351 |
| 36 | 54 | 36 | 114 | 36 | 174 | 36 | 234 | 36 | 294 | 36 | 354 |
| 48 | 57 | 48 | 117 | 48 | 177 | 48 | 237 | 48 | 297 | 48 | 357 |

Wykorzystując przytoczone zależności, obliczono kulminacyjne wysokości Słońca dla 52° szerokości geograficznej północnej /rejon Warszawy/ w odstępach dekadowych.

Tabela 6

Kulminacyjne wysokości Słońca dla $52^{\circ}\ \varphi$ N

| Miesiąc | Dekada | $\delta^{\circ}$ | $H^{\circ}$ | Miesiąc | Dekada | $\delta^{\circ}$ | $H^{\circ}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Styczeń | 1 | -23 | 15 | Lipiec | 1 | +23 | 61 |
| | 2 | -21 | 17 | | 2 | +22 | 60 |
| | 3 | -19 | 19 | | 3 | +20 | 58 |
| Luty | 1 | -17 | 21 | Sierpień | 1 | +18 | 56 |
| | 2 | -14 | 24 | | 2 | +15 | 53 |
| | 3 | -11 | 27 | | 3 | +11 | 49 |
| Marzec | 1 | - 7 | 31 | Wrzesień | 1 | + 8 | 46 |
| | 2 | - 4 | 34 | | 2 | + 5 | 43 |
| | 3 | 0 | 38 | | 3 | 0 | 38 |
| Kwiecień | 1 | + 4 | 42 | Październik | 1 | - 3 | 35 |
| | 2 | + 8 | 46 | | 2 | - 7 | 31 |
| | 3 | +13 | 51 | | 3 | -11 | 27 |
| Maj | 1 | +15 | 53 | Listopad | 1 | -14 | 24 |
| | 2 | +18 | 56 | | 2 | -18 | 20 |
| | 3 | +21 | 59 | | 3 | -21 | 17 |
| Czerwiec | 1 | +22 | 60 | Grudzień | 1 | -22 | 16 |
| | 2 | +23 | 61 | | 2 | -23 | 15 |
| | 3 | +23 | 61 | | 3 | -23 | 15 |

Wyniki w tabeli zestawiono, wykorzystując wzór:

$$H = 90^{\circ} - \varphi + /\pm\delta/ = 90^{\circ} - 52^{\circ} + /\pm\delta/. \qquad /4/$$

Planując zadania wzrokowego rozpoznania powietrznego niezbędne staje się uwzględnienie oświetlenia, a tym samym wysokości w przebiegu całego dnia od wschodu do zachodu. Wartości te, poza kulminacją, autor obliczył według podanego wcześniej wzoru i zestawił w załączniku 1.

Zawarte tam dane, mimo przyjętych zaokrągleń wartości deklinacji, pozwalają w sposób przejrzysty zaobserwować zmiany zachodzące w ciągu dnia. Dotyczą one głównie położenia tarczy słonecznej nad horyzontem oraz jej przemieszczanie ze wschodu na zachód. Ruch ten warażany jest czasem i wysokością Słońca. Położenie Słońca /ciągle zmieniające się/ ma wpływ na kształtowanie się dwóch czynników, istotnych dla prowadzenia wzrokowego rozpoznania powietrznego, a mianowicie oświetlenia powierzchni Ziemi oraz związanego z nim istnienia cieni przeszkód terenowych i obiektów rozpoznania.

Czas działań dziennych określany jest długością dnia. Dzień będący przedmiotem rozważań stanowi okres, podczas którego Słońce wykona pełny ruch po łuku między kolejnymi wysokościami zerowymi. Za zerową wysokość Słońca uważa się takie położenie jego tarczy, podczas którego obserwatpr widzi dolną krawędź Słońca na wysokości mniej więcej 2/3 tarczy nad widnokręgiem.[1/] Jest to tak zwany prawdziwy albo astronomiczny wschód czy zachód ciała niebieskiego. W życiu codziennym interesuje nas przeważnie moment widocznego wschodu i zachodu, gdyż w tym momencie tarcza znika lub ukazuje się nad widnokręgiem. Różnice w wysokościach Słońca w przytoczonym przykładzie są minimalne, nie przekraczające 10 minut. Z punktu widzenia potrzeb wzrokowego rozpoznania powietrznego przyjęcie za początek dnia prawdziwego wschodu Słońca /podobnie jak prawdziwego zachodu za koniec dnia/ wydaje się niecelowe, gdyż w tym czasie, jak praktyka wykazuje, różnice w oświetleniu powierzchni Ziemi i samolotu są tak duże, że prowadzenie obserwacji staje się niemożliwe.

Długość dnia, od którego zależą możliwości wykonania zadań rozpoznawczych, możemy określić na podstawie przytoczonego już wzoru na obliczenie $h^{o}$ przez wyznaczenie momentów /$t^{o}$/ wschodu /$t_E$- zawarte w przedziale od $180^{o}$ do $360^{o}$/ i zachodu /$t_W$- zawarte w przedziale od $0^{o}$ do $180^{o}$/.

W momencie wschodu i zachodu Słońca jego wysokość $h^{o}$ jest równa zeru. Podstawiając do wzoru:

---

1/ Tamże, s.88

$$\sin h^o = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t^o.$$

$h^o = 0$ i rozwiązując równanie względem $t^o$

otrzymamy

$$\cos t^o = - \frac{\sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta} = - \operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\delta. \qquad /5/$$

Ponieważ Słońce w okresie doby /$24^h = 1440^m$/ zakreśla w pozornym ruchu pełne koło /$2\pi = 360^o$/, to długość dnia od wschodu do zachodu wyniesie:

$$T = \frac{2t_E}{2\pi} \cdot 1440 \text{ /minut/} \qquad /6/$$

lub

$$T = \frac{48t_E}{360} = \frac{t_E}{7,5} \text{ /godzin/.} \qquad /7/$$

Wykorzystując przytoczone wzory autor obliczył długości dni na zachodnioeuropejskim teatrze działań wojennych. Do obliczeń przyjął szerokości geograficzne $45^o$, $50^o$, $55^o$ /wykres - rys.4, tabela - załącznik 2/.

Odczytane z wykresu czasy trwania dni w różnych porach roku umożliwiają wykonanie obliczeń dziennych możliwości bojowych lotnictwa rozpoznawczego. Wykonanie tego zadania jest możliwe po uprzednim określeniu średnich czasów realizacji zadań rozpoznawczych oraz odtwarzania gotowości bojowej. Zależność tą możemy opisać następującym równaniem:

$$M_{dz} = \frac{T_{dz}}{t_z t_{gb}} \cdot n_s \text{ /lotów w ciągu dnia/.} \qquad /8/$$

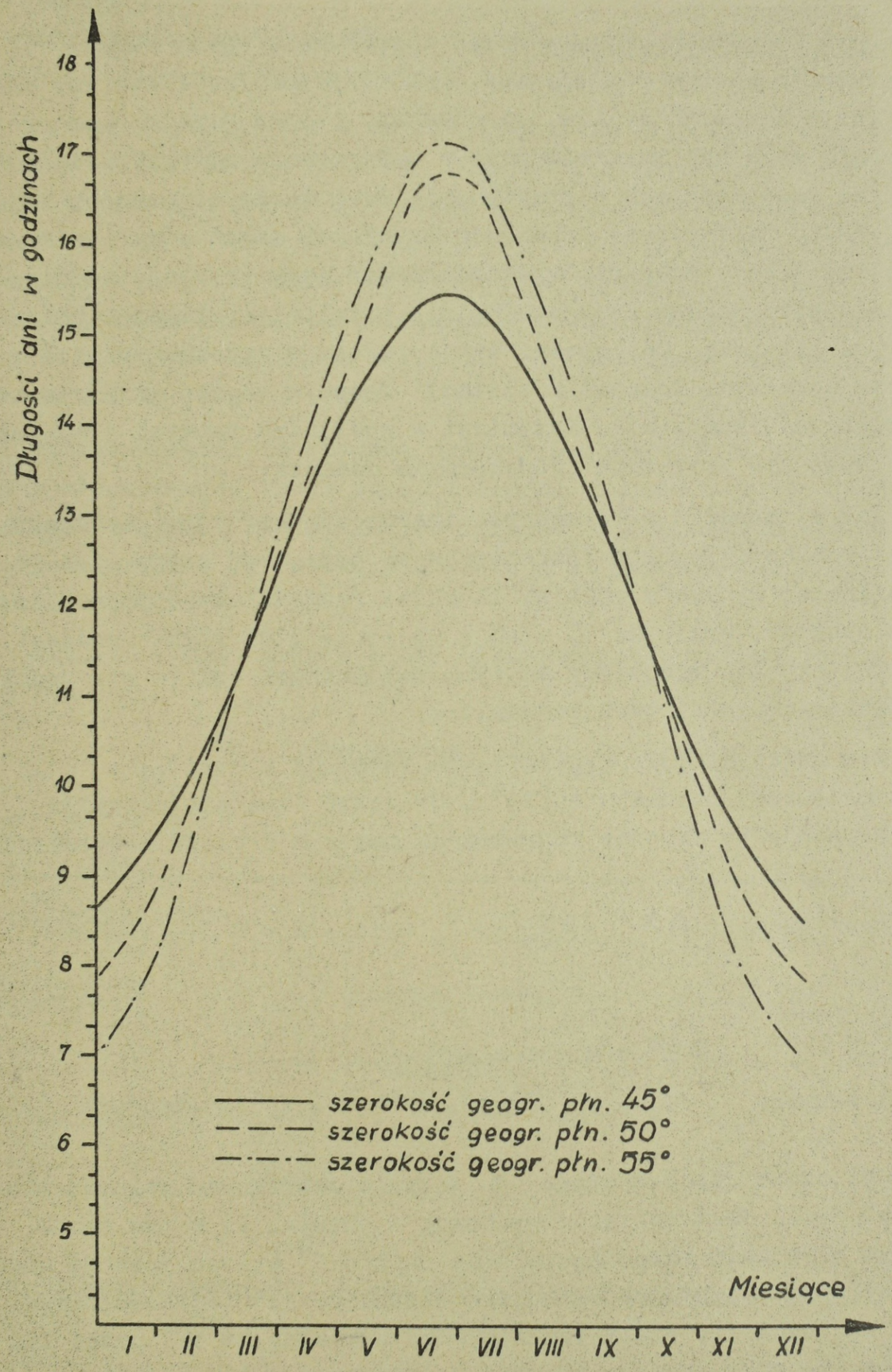
gdzie: $T_{dz}$ - czas działań /czas trwania dnia/,

$t_z$ - średni czas lotu rozpoznawczego, /zadania/,

$t_{gb}$ - średni czas odtwarzania gotowości bojowej,

$n_s$ - ilość samolotów, gotowych do działań.

Przykład: wrzesień, druga dekada, średni czas lotu rozpoznawczego $1^h10^m$, średni czas odtwarzania gotowości bojowej $2^h$, szerokość geograficzna lotniska bazowania $50^o$, 30 samolotów w pułku.




Rys.4. Wykres długości dni na Zachodnioeuropejskim TDW

$$M_{dz} = \frac{767}{70+120} \cdot 30 = 121 \text{ lotów w ciągu dnia.}$$

Czas wykonania zadania /czas rozpoznania/ jest czasem lokalnym, w którym realizowane jest rozpoznanie. Z analizy zadań rozpoznawczych wynika, że obiekty, będące przedmiotami rozpoznania mogą być rozmieszczane w ugrupowaniu nieprzyjaciela na różnych głębokościach - praktycznie od rubieży styczności wojsk do granicy taktycznego promienia działania samolotów. Wynika z tego, że załoga samolotu rozpoznawczego, aby wykonać zadanie, w wielu przypadkach zmuszona będzie przelecieć kilkaset kilometrów od lotniska. Odległości takie powodują znaczne różnice w czasie lokalnym. Podczas realizacji zadań w środku dnia nie ma to większego znaczenia. Natomiast w godzinach rannych i wieczornych może być przyczyną niewykonania zadania.

Jak z rozważań o kątach godzinnych wynika, różnica czasów lokalnych dwóch punktów położonych na tej samej szerokości geograficznej wynika z różnicy długości geograficznej południków tych punktów, ponieważ $t_1^o - t_2^o = \lambda_1 - \lambda_2$. Stąd płynie wniosek, że również czas miejscowy na tych południkach będzie się różnił o różnicę długości tych południków.

Przykład: długość geograficzna lotniska wynosi $\lambda_E = 14^o$, czas miejscowy lotniska $10^h30^m$. Obliczyć czas miejscowy /w tym momencie/ w rejonie rozpoznania mającym długość geograficzną $6^o$.

Rozwiązanie: $\Delta\lambda^o = \lambda_{E1}^o - \lambda_{E2}^o = 14 - 6 = 8^o$,

$$1^o = 4^m,$$

$$\Delta T^m = 8 \times 4 = 32^m,$$

czyli szukany $T_M = T_{M1} - \Delta T = 10^h30^m - 32^m = 9^h58^m$.

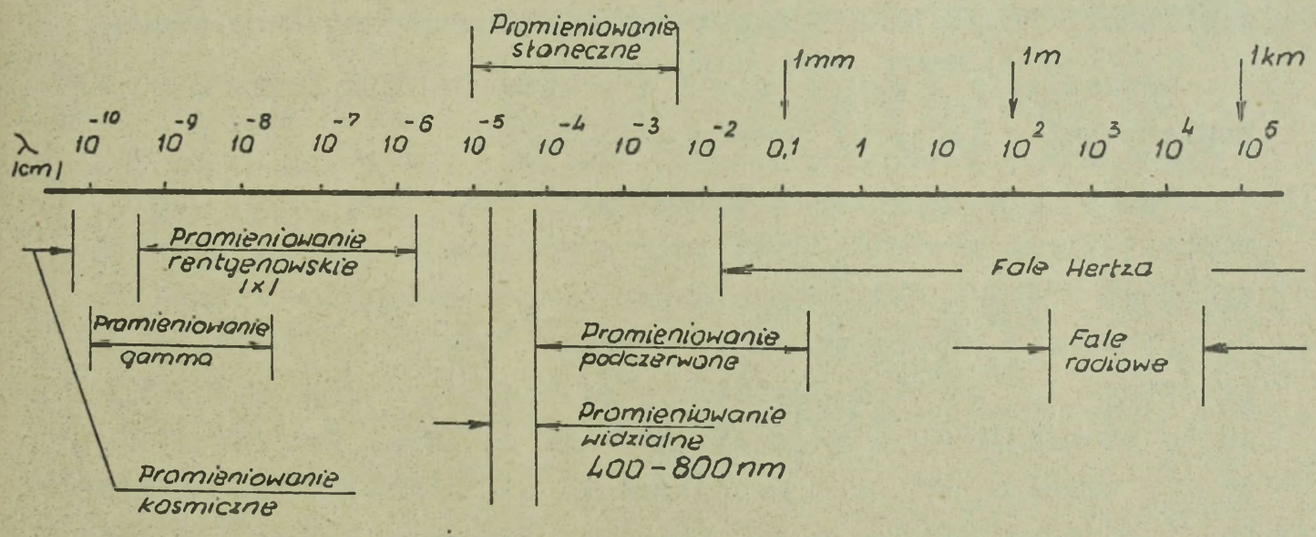
Obliczona różnica czasu T pozwala zobrazować ważność problemu. Jeśli start zostałby wykonany o świcie, to w tym samym czasie w rejonie rozpoznania oddalonym o $8^o$ będzie jeszcze noc. Aby wykonać zadanie po wschodzie Słońca czasu miejscowego rejonu rozpoznania, start powinien być wykonany na $32^m$ przed tym czasem. To samo dotyczy przypadku lądowania przed zmrokiem. W tej sytuacji różnica czasu powinna być odjęta od czasu zmroku lotniska. Otrzymany wynik będzie czasem powrotu z rejonu rozpoznania.

Oświetlenie stanowi nieodzowny warunek widzenia przedmiotów, które same nie wytwarzają promieniowania świetlnego. W rozpatrywanej problematyce prowadzenia powietrznego rozpoznania wzrokowego w dzień warunek ten spełnia światło słoneczne.

Światło ogólnie można zdefiniować jako fale widma energetycznego o określonym zakresie długości, posiadające właściwości pobudzania receptorów siatkówki oka i wytwarzania w ten sposób wrażeń wzrokowych. Siatkówkę człowieka pobudza tylko stosunkowo mały fragment znanego widma, obejmujący zakres częstotliwości światła widzialnego, wyznaczony przedziałem od $7x10^{14}$ do $4x10^{14}$ drgań na sekundę,[1] co odpowiada długości od 400 do 800 nm /nanometrów/.

Promieniowanie to stanowi około 1/5 całkowitego promieniowania słonecznego. Prócz światła Słońce wypromieniowuje inne postacie energii. Są to głównie promienie pozafiołkowe i promienie podczerwone. Te ostatnie docierają do powierzchni Ziemi w postaci ciepła.

Aktualnie znany zakres widma elektromagnetycznego przedstawia rysunek.[2]




Rys.5. Aktualnie znany zakres widma elektromagnetycznego /układ logarytmiczny/

1/ F.H. Adler: Fizjologia oka. Warszawa 1963, s.560.
2/ Tamże, s.559.

Słońce, będące źródłem światła dziennego, oświetla kulę ziemską stale jednakowo. Dotyczy to płaszczyzny prostopadłej /w danej chwili/ do padających promieni słonecznych.

Przyjmując do rozważań stałe miejsce na kuli ziemskiej stwierdzić należy, że płaszczyzna horyzontalna, przechodząca przez ten punkt w każdej chwili będzie inaczej oświetlana. Jest to wynikiem wspomnianego już ruchu rocznego i dobowego Ziemi. Zachodzące w oświetleniu zmiany roczne uzależnione są od deklinacji Słońca oraz jego wysokości nad horyzontem. Przeprowadzone obliczenia dotyczące kulminacji Słońca w przekroju rocznym wskazują, że wartości te dla szerokości geograficznej równej $52^{o}$ wahają się w granicach od $15^{o}$ do $61^{o}$.

W ciągu dnia Słońce zmienia swoją wysokość w granicach od $0^{o}$ do kulminacji. Wartości zerowe osiąga o wschodzie i o zachodzie. Natomiast wartości maksymalne Słońce osiąga podczas kulminacji, to jest w południe.

Oświetlenie słoneczne może być dokładnie mierzone i przedstawiane w liczbach. Wyrażane jest ono stosunkiem strumienia świetlnego naświetlającego jakąś powierzchnię do pola tej powierzchni. Podstawową jednostką oświetlenia jest luks /Lx/.

Oświetlenie w ciągu dnia i o zmierzchu /dla horyzontalnej powierzchni w luksach/ przedstawia tabela 7.

Oprócz promieniowania świetlnego, bezpośredniego, powierzchnię Ziemi oświetla światło rozproszone i odbite. Jest ono wynikiem zjawisk optycznych zachodzących głównie w atmosferze. W rozpoznaniu wzrokowym ma to ogromne znaczenie. Światłem rozproszonym lub odbitym oświetlane są cienie, a więc miejsca, gdzie promieniowanie bezpośrednie nie dociera. Przyjmuje się, że 80% światła pochodzi bezpośrednio od Słońca, a 20% od nieba.[1/] Mimo to różnice w oświetleniu powierzchni Ziemi są znaczne. Na przykład: w słoneczny dzień, gdy niebo jest czyste, a Słońce znajduje się wysoko, oświetlenie osiąga wartość 60 000 - 100 000 luksów. W taki sam dzień w cieniu, gdzie nie przeni-

---

1/ Tamże, s.135.

Tabela 7

| Wysokość Słońca /o/ | | Pora doby | Pogodnie | |
|---|---|---|---|---|
| | | | w słońcu | w cieniu |
| Nad horyzontem | 60 | 1/ Dzień | 90 000 | 16 000 |
| | 50 | | 76 000 | 14 000 |
| | 40 | | 58 000 | 12 000 |
| | 30 | | 39 000 | 9 000 |
| | 20 | | 23 000 | 7 000 |
| | 15 | | 15 000 | 6 000 |
| | 10 | | 9 000 | 4 000 |
| | 5 | | 4 000 | 3 000 |
| Pod horyzontem | 0 | 2/ Zmierzch | 400 | |
| | -1 | | 250 | |
| | -2 | | 113 | |
| | -3 | | 40 | |
| | -4 | | 13 | |
| | -5 | | 4 | |
| | -6 | | 1 | |

kają promienie słoneczne, oświetlenie może wynosić 10 000 - 20 000 luksów. W pochmurny dzień na otwartym powietrzu oświetlenie równa się 5 000 - 20 000 luksów. O zachodzie Słońca wynosi ono podczas jasnej pogody około 1 000 luksów, a w czasie pochmurnej pogody 300 - 500 luksów.[3/]

Oświetlenie, jak z przytoczonych przykładów wynika, zmienia się w stosunkowo dużych granicach. W niektórych przypadkach może przybierać wartości tak duże, że utrudni to prowadzenie obserwacji wzrokowej z samolotu. Fakt ten może zaistnieć zwłaszcza podczas lotu pod Słońce. W sytuacji takiej pilot oślepiany bywa bezpośrednim światłem słonecznym lub odbitym od tablicy

1/ W. Szaronow: Obserwacja i widzialność. Warszawa 1956, s.79.

2/ M. Minnaert: Światło i barwa w przyrodzie. Warszawa 1961, s.134

3/ W. Szaronow. Obserwacja i widzialność. Op.cit., s.70

przyrządów oraz innych części samolotu. W innych przypadkach zbyt małe oświetlenie umożliwi obserwację małych elementów, które mogą być niezbędne dla identyfikacji przedmiotu rozpoznania.

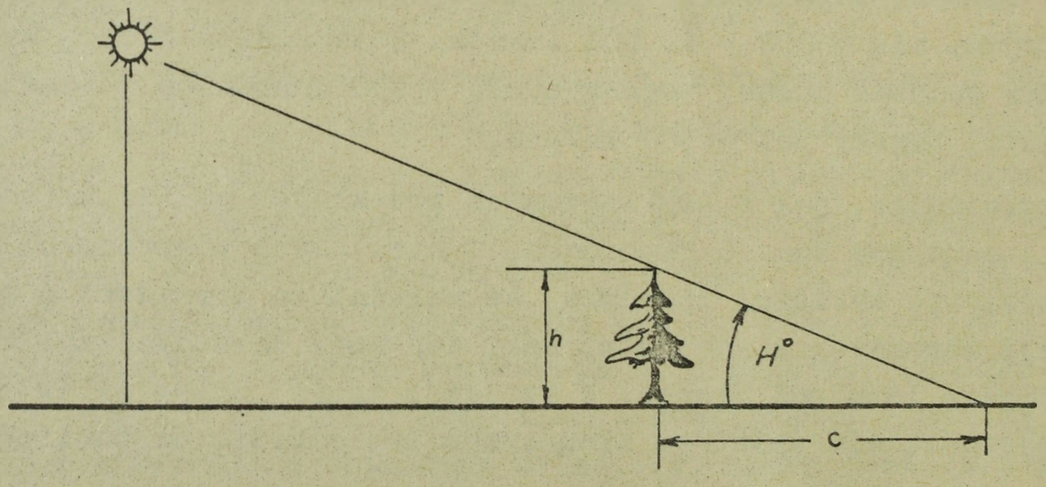
Dokładna znajomość zależności rozpoznania wzrokowego od oświetlenia powinna wpłynąć głównie na wybór pory dnia i rodzajów manewrów, które zwiększą skuteczność rozpoznania.

Konsekwencją oświetlenia są cienie. Ich znaczenie w rozpoznaniu jest dwojakiego rodzaju. Ogólnie zwiększają one efektywność maskowania obiektów /zwłaszcza tych, do maskowania których wykorzystywane są cienie naturalne/ i sztucznych przeszkód terenowych. Na otwartej przestrzeni, w przypadku dobrego sztucznego maskowania obiektu rozpoznania cienie mogą stanowić wystarczający, a czasem jedyny element demaskujący.

Wielkość cienia przy stałej wysokości przeszkody uzależniona jest wyłącznie od wysokości Słońca, która w naszych szerokościach jest zmienna od $0^{o}$ /o wschodzie/ do około $61^{o}$ w momencie kulminacji, w środku lata /czerwiec, lipiec/.

Wielkość cieni możemy opisać następującą zależnością:

długość cienia = h x ctg $H^{o}$. /9/




Rys.6. Zależność długości cienia od wysokości Słońca.

Zmiany w wielkościach cieni podczas kulminacji /w południe/, w zależności od pory roku, dla $52^{o}$ szerokości geograficznej, zestawiono w tabeli 8.

Tabela 8

Zależność długości cienia do wysokości Słońca

| Miesiąc | $H^o$ | Wielkość cienia /C/ | Miesiąc | $H^o$ | Wielkość cienia /C/ |
|---|---|---|---|---|---|
| Styczeń | 17 | 3,3h | Lipiec | 60 | 0,6h |
| Luty | 24 | 2,2h | Sierpień | 53 | 0,7h |
| Marzec | 34 | 1,5h | Wrzesień | 45 | 1,0h |
| Kwiecień | 46 | 1,0h | Październik | 31 | 1,7h |
| Maj | 56 | 0,7h | Listopad | 20 | 2,7h |
| Czerwiec | 61 | 0,5h | Grudzień | 15 | 3,7h |

gdzie: $H^o$ - wysokość Słońca w momencie kulminacji

Wielkość cieni wyrażono w krotnościach wysokości przeszkody.

Zawarte w tabeli dane dotyczące wielkości zacienionych miejsc przedstawiają wartości minimalne /obliczone dla $H^o$/. O każdej innej porze dnia mogą być tylko większe, przybierając o wschodzie i zachodzie wartości maksymalne. Znajomość tych wartości /łącznie z azymutem Słońca/ pozwala na prognozowanie miejsc prawdopodobnego ukrycia obiektów rozpoznania, a tym samym, umożliwia wybór manewru podczas rozpoznania.

Przedstawione w tabeli wielkości cieni, mimo że obliczone dla rocznych zmian w kulminacji Słońca, odpowiadają dziennym zmianom, które również mieszczą się w granicach od $h^o=0^o$ do $H^o$ /czyli od $0^o$ do $61^o$/. Do określenia wielkości cienia o dowolnej porze dnia dodatkowo wykorzystujemy tabelę zależności $h^o$ od czasu miejscowego zamieszczoną w załączniku 1.

Omówione zależności oświetleniowe od pory doby i roku, a więc czasu, zdaniem autora, należą do podstawowych. Jak to wykazano, ich bieżąca ocena powinna być połączona z oceną pozostałych czynników determinujących warunki działań bojowych, a zwłaszcza warunki atmosferyczne i terenowe, w których prowadzone jest wzrokowe rozpoznanie powietrzne.

1.2.2. Warunki atmosferyczne

Warunki atmosferyczne to aktualny stan faktyczny całokształtu czynników meteorologicznych, charakterystycznych dla danego miejsca /rejonu/ na kuli ziemskiej i niezależnych od czynników geograficznych. Ze względu na zmienność procesów i zjawisk zachodzących w atmosferze, ustalenie ich fizycznego układu całościowego w danej chwili jest nawet teoretycznie bardzo trudne, a praktycznie nieosiągalne. W praktyce wykorzystywane są określenia przybliżone. Polega to na charakteryzowaniu poszczególnych elementów /czynników/ meteorologicznych przez ich pomiar.

Meteorologia do podstawowych czynników meteorologicznych zalicza:[1/] ciśnienie atmosferyczne, temperaturę powietrza /na wysokości 2 m nad powierzchnią Ziemi/, pionowy rozkład temperatury powietrza, zawartość pary wodnej w powietrzu, skłonność do tworzenia się kropelek wody lub kryształków lodu w powietrzu albo na powierzchni gruntu, stan zachmurzenia nieba, wysokość na jakiej występują chmury i ich rodzaj, opady i ich odmiany, kierunek, prędkość i struktura ruchu powietrza i inne.

Spośród wymienionych czynników możemy wyróżnić te, które mają bezpośredni wpływ na prowadzenie wzrokowego rozpoznania powietrznego, a więc: widzialność oraz zachmurzenie/w tym jego wielkość, wysokość i podstawę chmur/.One też zostaną poddane analizie i ocenie.

Pozostałe czynniki meteorologiczne towarzyszą wprawdzie tworzeniu się zjawisk atmosferycznych, utrudniających realizację wzrokowego rozpoznania powietrznego, mają jednak znaczenie drugorzędne. W większości przypadków przy ustalaniu wartości podstawowych czynników meteorologicznych określone zostają jednocześnie wartości tych drugich.

Widzialność należy do najważniejszych czynników meteorologicznych warunkujących możliwość prowadzenia wzrokowego rozpoznania powietrznego /o ile inne umożliwiają wykonanie lotu/. Widzialnością nazywana jest największa odległość, z której zarysy przedmiotów znajdujących się za zasłoną powietrza są wi-

---

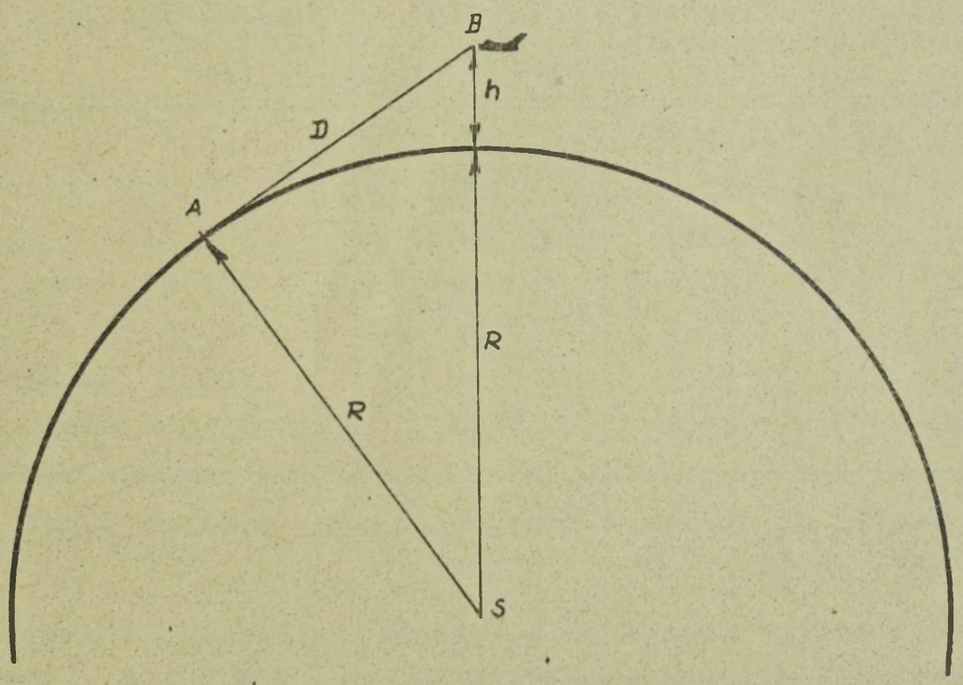
1/ S.P.Chromow: Meteorologia i klimatologia. Warszawa 1977, s.93.

doczne.[1]

Widzialność w atmosferze uzależniona jest od wielu czynników. Do głównych zaliczyć należy: stan powietrza, oświetlenie obiektu, właściwości obiektu /wymiary, kształt, barwa/, właściwości wzroku obserwatora oraz położenie punktu obserwacji.

Jak z powyższego wynika z widzialnością przede wszystkim jest związana odległość wykrycia. W bardzo czystym powietrzu może ona sięgać dziesiątków kilometrów i praktycznie ograniczona jest tylko odległością widzialnego horyzontu.

Dla warunków obserwacji, w których pod uwagę nie bierzemy przejrzystości powietrza, odległość widzialnego horyzontu możemy obliczyć przyjmując za podstawę takie wielkości, jak: promień Ziemi i wysokość lotu /obserwacji/.




Rys.7. Zależność widzialności od wysokości punktu obserwacji

1/ "Widzialność" - termin używany w meteorologii, w lotnictwie używa się zazwyczaj - "widoczność".

Z trójkąta prostokątnego ABS obliczamy AB = D

$$D^2 = /R + h/^2 - R^2 = R^2 + 2Rh + h^2 - R^2 = 2Rh + h^2$$

czyli $D = \sqrt{2Rh + h^2}$

Ponieważ h jest zawsze bardzo małe w porównaniu z R, więc w przybliżeniu:

$$D = \sqrt{2Rh} . \qquad /10/$$

Wykorzystując ten wzór obliczono D dla różnych wartości h - tabela 9.

Tabela 9

Geometryczna widzialność horyzontu na różnej wysokości obserwatora nad powierzchnią Ziemi /bez uwzględnienia refrakcji/

| H lotu /m/ | Odległość horyzontu /km/ | H lotu /m/ | Odległość horyzontu /km/ |
|---|---|---|---|
| 50 | 25,2 | 600 | 87,4 |
| 100 | 35,7 | 700 | 94,4 |
| 150 | 43,7 | 800 | 100,9 |
| 200 | 50,5 | 900 | 107,0 |
| 300 | 61,8 | 1000 | 112,9 |
| 400 | 71,4 | 2000 | 159,6 |
| 500 | 79,8 | 5000 | 252,4 |

Uwaga: do obliczeń przyjęto średni promień Ziemi R = 6371 km [1/].

W tabeli 9 podane są odległości widzialnego horyzontu od punktu obserwacji, położonego na różnej wysokości. Podane liczby stanowią granicę, do której można oglądać samą powierzchnię Ziemi. Odległość, z której staje się widoczny zza horyzontu jakikolwiek przedmiot nazywamy odległością odkrycia [2/].

---

1/ Tablice matematyczno-fizyczne. Warszawa 1970, s.113.
2/ Wg W. Szaronowa: Obserwacja i widzialność. Op.cit. W literaturze czasami używa się też określenia "odległość widzialności".

Jej znajomość ma praktyczne znaczenie zwłaszcza podczas prowadzenia wzrokowego rozpoznania powietrznego nad morzem. Odległości odkrycia są wielkościami granicznymi. Określają one rubież, od której jest możliwe zaobserwowanie /odkrycie/ obiektu rozpoznania, a więc rubież od której wykonując lot powinna być wzmożona uwaga obserwatora.

Przedstawione w tabeli 9 dane dotyczą warunków,w których widzialność jest nieograniczona, a przejrzystość atmosfery absolutna, to znaczy nie mająca wpływu na odległość obserwacji. Takie warunki w rzeczywistości się nie zdarzają. Nawet w powietrzu o "absolutnej czystości" następują straty w ilości światła. Zatem odległość widzialności w praktyce jest zawsze mniejsza od teoretycznej. Stan taki powoduje poważne ograniczenia w obserwacji.

Tabela 10

Widzialność niektórych obiektów latem przy bezchmurnym niebie i dobrej przejrzystości powietrza[1/]

| Obiekt rozpoznania | Rzeczywista wysokość lotu /m/ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 500 | 1000 | 2000 | 4500 | 6500 |
| | Widzialność w kilometrach | | | | |
| Duże miasta | 40 | 50 | 60 | 70-80 | 100 |
| Duże wsie | 15 | 30 | 40 | 50 | 70 |
| Tory kolejowe | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 |
| Większe stacje kolejowe | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 |
| Dymy z kominów fabrycznych | 10-15 | 15-20 | 20-30 | 30-40 | 50-60 |
| Autostrady i szosy I klasy | 10 | 15 | 20 | 40-50 | 60-70 |
| Drogi gruntowe | 3 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| Duże rzeki | 40 | 50 | 60 | 70-80 | 120 |
| Brzeg morza | 60 | 80 | 100 | 110 | 120 |
| Lasy | 15 | 30 | 40 | 50 | 60 |

1/ Cz. Szczeciński: Meteorologia na usługach lotnictwa. Warszawa 1952, s.310.

Do najczęstszych zjawisk atmosferycznych obniżających możliwości obserwacji wzrokowej należą: mgły, zamglenia i zmętnienie atmosfery. Zjawiska ta spowodowane mogą być obecnością w powietrzu tak zwanych aerozoli, kropelek wody oraz kryształków lodu. Wpływają one głównie na rozproszenie promieni świetlnych, a tym samym pogorszenie widoczności.

Zamgleniem nazywa się zawiesinę w powietrzu mikroskopijnych kropelek wody lub zwilżonych kropelek hydroskopijnych, zaś przy bardzo niskich temperaturach ujemnych - również nadzwyczaj drobnych kryształków lodu. Widzialność w powietrzu o zamgleniu tego typu bywa zawsze większa od 1 km. W przypadku produktów kondensacji większych rozmiarów i przy większej ich koncentracji przy Ziemi, widzialność może być mniejsza od jednego kilometra. W takim przypadku mamy do czynienia z mgłą. Przy mgle o średniej gęstości można widzieć nie dalej niż na odległość 100-300 m. Jeżeli zmniejszenie widoczności wywołane jest przez zawarte w powietrzu większe ilości dużych cząstek pyłu, to zjawisko takie nosi nazwę zmętnienia pyłowego.

Zmętnienie atmosfery może być również spowodowane cząstkami, których wielkości są mniejsze od długości fal świetlnych, tj. stanowią dziesiąte części mikrona. Zamglenie to nadaje przedmiotom rozpoznania silne zabarwienie o odcieniu niebieskawym, natomiast przedmiotom białym lub świecącym /Słońce, chmury/ - zabarwienie żółte. Takie zmętnienie nazywa się opalizującym.
Widzialność w tym przypadku może wynosić kilometry, a nawet dziesiątki kilometrów.[1/]

Podczas postępującej kondensacji i długotrwałego skraplania się pary wodnej w powietrzu, następuje opadanie kropelek wody. Powstaje mżawka lub deszcz, a w zimie opad śniegu,które w przypadku silnego wiatru powodują ograniczenie widoczności do kilkunastu metrów.

Oprócz naturalnych zjawisk ograniczających widoczność,na polu walki należy się liczyć ze sztucznie wytwarzanymi "mgłami". Do nich zaliczyć należy przede wszystkim zasłony dymne.

---

1/ S.P. Chromow: Meteorologia i klimatologia. Op.cit., s.232.

Przeciętne zmniejszanie się widoczności pod wpływem różnych zjawisk atmosferycznych przedstawia tabela 11[1/].

Tabela 11

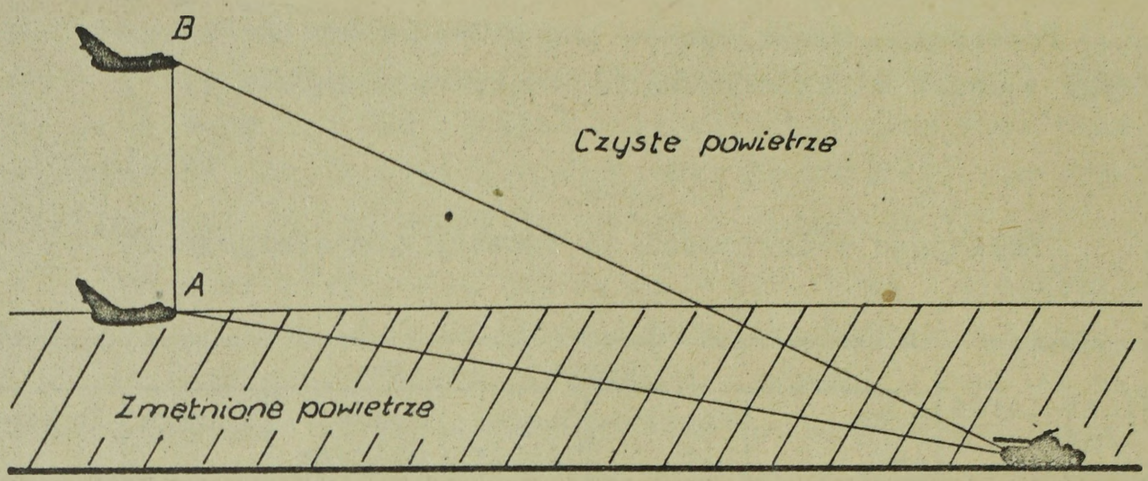
Zależność widoczności od zjawisk atmosferycznych

| Widzialność /m/ | Rodzaj zjawiska | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mgła lub zamieć | zamglenie | Zmętnienie | Opady śnieżne | Mżawka | Deszcz |
| 0-50 | wyjątkowo silna | - | - | gwałtowna śnieżyca | - | - |
| 50-200 | bardzo silna | - | - | bardzo silne | - | - |
| 200-500 | umiarkowana | - | niezwykle silne | silne | bardzo gęsta | - |
| 500-1000 | słaba | - | bardzo silne | umiarkowane | gęsta | silna ulewa |
| 1000-2000 | - | silne | silne | słabe | umiarkowany | ulewny |
| 2000-4000 | - | umiarkowane | dość silne | bardzo słabe | słaba | silny |
| 4000-10000 | - | słabe | słabe | nikłe | - | umiarkowany |
| 10000-20000 | - | - | opalizujące | - | - | słaby |

Wszystkie wymienione zjawiska wpływają głównie na rozproszenie światła i osłabienie jego natężenia. Wielkość "osłabienia" uzależniona jest od grubości warstwy zmętnionego powietrza. Straty światła zwiększają się w miarę wzrastania "zanieczyszczenia powietrza".

---

1/ W. Parczewski: Meteorologia szybowcowa. Warszawa 1953, s.82.




Rys.8. Warunki widzialności obiektu przez warstwę zmętnionego powietrza

Wychodząc z punktu A linia obserwacji przecina grubą warstwę zmętnionego powietrza; wskutek tego obiekt może być niewidoczny. Z punktu B do obiektu obserwacji jest wprawdzie dalej, jednak droga promienia przez warstwę zmętnionego powietrza jest krótsza i dlatego z punktu B obiekt będzie widoczny.

Dla wyrażenia tych strat w liczbach stosuje się tak zwany współczynnik przejrzystości powietrza. Określa on stosunek ilości światła, która przeniknęła przez warstwę powietrza o grubości 1 km do ilości światła, jaka została skierowana w tę warstwę[1/]. Czyli:

$$T = \frac{L_o}{L} \cdot \qquad /11/$$

gdzie: $L_o$ - ilość światła, która przeniknęła przez warstwę powietrza o grubości 1 km,

$L$ - ilość światła, jaka została skierowana w warstwę powietrza o grubości 1 km.

Wartości współczynników przejrzystości powietrza w różnych warunkach przedstawia tabela 12[2/]. Zamieszczone w niej dane

1/ W. Szaronow: Obserwacja i widzialność. Op.cit., s.40.
2/ Tamże, s.41.

wyrażają przede wszystkim zależność widoczności od przejrzystości powietrza. Ustalone zostały one dla określonych stopni przejrzystości atmosfery /którymi najczęściej posługują się stacje meteorologiczne/. Zaprezentowane wielkości, uszeregowane stopniowo, nie pozwalają na łatwe określenie wartości pośrednich, a co za tym idzie - na sprecyzowanie w danych warunkach /przy różnym stanie atmosfery/ możliwej odległości widzialności obiektów.

Tabela 12

Wartości współczynników przejrzystości powietrza w różnych warunkach stanu atmosfery

| Stan atmosfery | Współczynnik przejrzystości | Możliwa odległość widoczności w km |
|---|---|---|
| Powietrze o absolutnej czystości | 0,99 | 300 |
| Wyjątkowo wysoka przejrzystość | 0,97 | 150 |
| Powietrze bardzo przejrzyste | 0,96 | 100 |
| Dobra przejrzystość | 0,92 | 50 |
| Średnia przejrzystość | 0,81 | 20 |
| Powietrze nieco mętne | 0,66 | 10 |
| Powietrze mętne | 0,36 | 4 |
| Powietrze bardzo mętne | 0,12 | 2 |
| Lekka mgła | 0,015 | 1 |
| Mgła | $2x10^{-4} \div 8x10^{-10}$ | 0,5÷0,2 |
| Gęsta mgła | $10^{-19} \div 10^{-34}$ | 0,1÷0,05 |

Przyjmując za podstawę zawarte w tabeli dane możemy przeprowadzić kalkulacje, zmierzające do określenia współczynnika zależności widzialności od stanu atmosfery. Jak nietrudno zauważyć, przyjętej skali stanu atmosfery odpowiada określona widzialność, która wraz z pogorszeniem przejrzystości atmo-

sfery maleje według skali logarytmicznej. Wspomnianą już zależność możemy zapisać następująco:

$$x = \bar{V}/-\lg T/ \qquad /12/$$

gdzie: $\bar{V}$ - możliwa odległość widzialności w km,

$T$ - współczynnik przejrzystości.

Wykorzystując wzór możemy obliczyć współczynniki zależności odpowiadające przytoczonym stanom atmosfery, a więc:

1/ $x = 300\ [-/-0,00436/] = 1,309$
2/ $x = 150\ [-/-0,0132/\ ] = 1,998$
3/ $x = 100\ [-/-0,0177/\ ] = 1,772$
4/ $x = 50\ [-/-0,0362/\ ] = 1,810$
5/ $x = 20\ [-/-0,0915/\ ] = 1,830$
6/ $x = 10\ [-/-0,1804/\ ] = 1,804$
7/ $x = 4\ [-/-0,4436/\ ] = 1,774$
8/ $x = 2\ [-/-0,9208/\ ] = 1,841$
9/ $x = 1\ [-/-1,8239/\ ] = 1,823$

Zatem średnia arytmetyczna dla dziewięciu przykładów wyniesie:

$$x = \frac{15,961}{9} = 1,773.$$

Znaleziona wartość $x = 1,773$ jest średnim współczynnikiem zależności widzialności od przejrzystości powietrza, a szukaną zależność możemy zapisać następująco:

$$\bar{V}\ /km/ = \frac{1,773}{-\lg T_{rz}}.$$

gdzie: $\bar{V}$ - widzialność meteorologiczna,

$T_{rz}$ - rzeczywisty współczynnik przejrzystości powietrza.

Znajomość tej zależności pozwala na określenie przejrzystości powietrza dla dowolnej widzialności meteorologicznej. W związku z tym,że pomiar przezroczystości powietrza na potrzeby bieżące nastręcza wiele trudności, w praktyce służba meteorologiczna dokonuje pomiarów widzialności, na podstawie których oblicza się następnie wartość liczbową przejrzystości powietrza w danych warunkach.

Wyniki obliczeń przytoczonej zależności zamieszczone są w tabeli 13. Przydatne są one w rozwiązaniu kolejnego zadania, jakim jest określenie rzeczywistej widzialności obiektów rozpoznania. Jest to możliwe do wykonania za pomocą wzoru:[1/]

$$\lg d_{rz} = \frac{\tau_{rz}}{\tau_n} \lg d_n .$$

gdzie: $d_{rz}$ - rzeczywista widzialność obiektu w warunkach rzeczywistej przejrzystości powietrza /km/,

$\tau_{rz}$ - rzeczywista wartość współczynnika przejrzystości powietrza /dla 1 km warstwy powietrza/,

$\tau_n$ - normatywna wartość współczynnika przejrzystości powietrza, przy której dokonano pomiaru widzialności obiektów; w praktyce pomiary takie wykonuje się przy I = 0,8,

$d_n$ - normatywna widzialność obiektu w warunkach normatywnej przejrzystości powietrza /km/.

Obliczone wartości rzeczywistej widzialności obiektów rozpoznania w różnych warunkach stanu atmosfery przedstawiono na wykresie - rys.9 i w tabeli - załącznik 3.

---

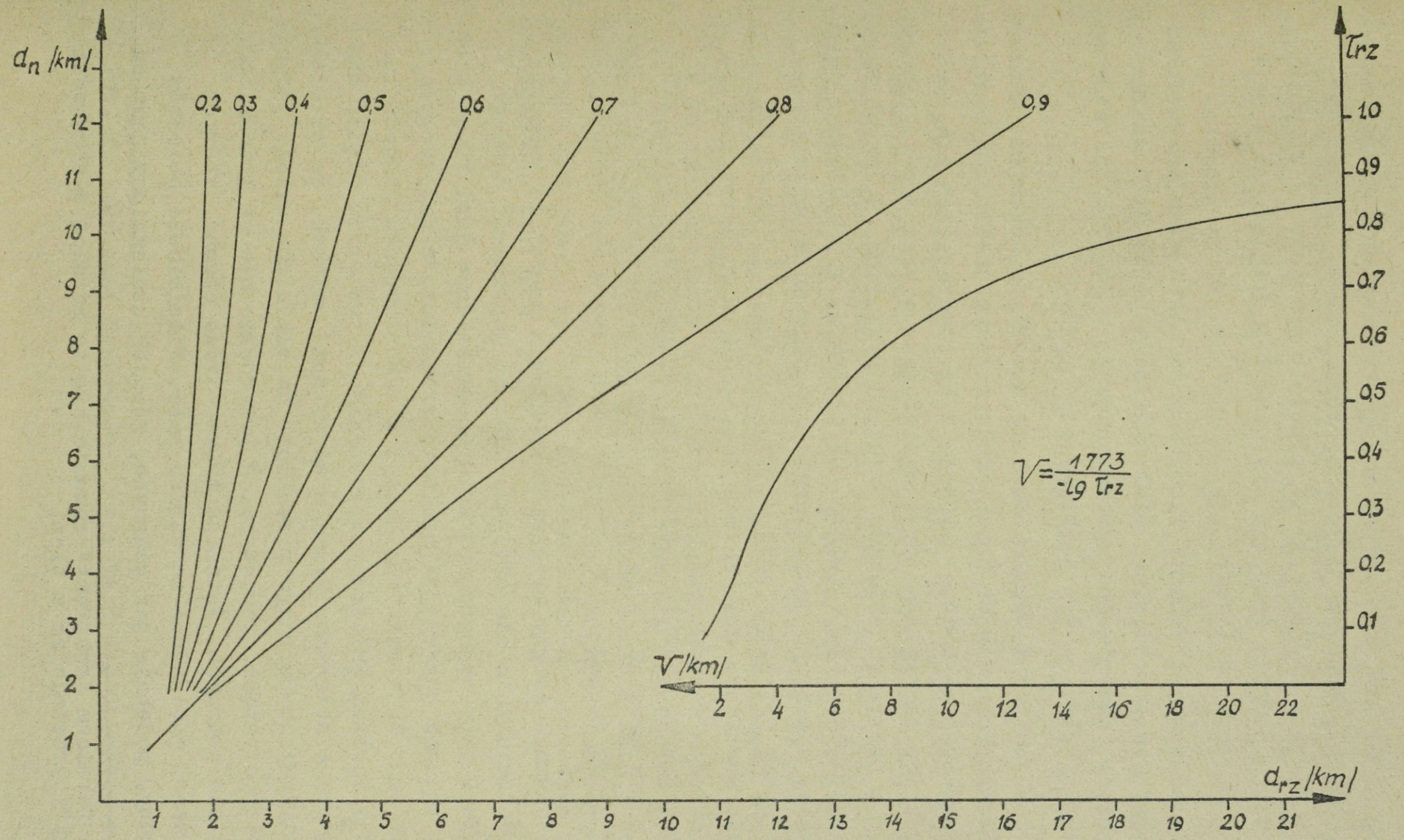
1/ R. Siedlecki: Zbiór danych taktyczno-technicznych, tabel i wykresów z zastosowania bojowego uzbrojenia bombardierskiego samolotów. Wyd. ASG WP 1971, s.73.

Tabela 13

Zależność widzialności meteorologicznej od przejrzystości powietrza

$$\bar{V} = \frac{1{,}773}{-\lg \tau_{rz}} \qquad /13/$$

| $\bar{V}$ | $\frac{1{,}773}{\bar{V}}$ | $\tau_{rz}$ | $\bar{V}$ | $\frac{1{,}773}{\bar{V}}$ | $\tau_{rz}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,773 | 0,0168 | 21 | 0,084 | 0,823 |
| 2 | 0,886 | 0,129 | 22 | 0,080 | 0,830 |
| 3 | 0,591 | 0,256 | 23 | 0,077 | 0,837 |
| 4 | 0,443 | 0,360 | 24 | 0,073 | 0,843 |
| 5 | 0,354 | 0,441 | 25 | 0,070 | 0,849 |
| 6 | 0,295 | 0,506 | 26 | 0,068 | 0,854 |
| 7 | 0,253 | 0,558 | 27 | 0,065 | 0,859 |
| 8 | 0,221 | 0,600 | 28 | 0,063 | 0,864 |
| 9 | 0,197 | 0,635 | 29 | 0,061 | 0,868 |
| 10 | 0,177 | 0,664 | 30 | 0,059 | 0,872 |
| 11 | 0,161 | 0,689 | 31 | 0,057 | 0,876 |
| 12 | 0,147 | 0,711 | 32 | 0,055 | 0,880 |
| 13 | 0,136 | 0,730 | 33 | 0,053 | 0,883 |
| 14 | 0,126 | 0,747 | 34 | 0,052 | 0,886 |
| 15 | 0,118 | 0,761 | 35 | 0,050 | 0,889 |
| 16 | 0,110 | 0,774 | 36 | 0,049 | 0,892 |
| 17 | 0,104 | 0,786 | 37 | 0,047 | 0,895 |
| 18 | 0,098 | 0,797 | 38 | 0,046 | 0,898 |
| 19 | 0,093 | 0,806 | 39 | 0,045 | 0,900 |
| 20 | 0,088 | 0,815 | 40 | 0,044 | 0,902 |




Rys.9. Wykresy służące do określania współczynnika przezroczystości /prawy/ i rzeczywistej widzialności obiektów rozpoznania w różnych warunkach stanu atmosfery /lewy/

Obliczona wielkość obiektów /$d_{rz}$/ powinna być uwzględniana szczególnie podczas planowania rozpoznania. Stanowi ona granicę maksymalnej odległości przelotu samolotu od obiektu, przy której zadanie może być wykonane bez uwzględnienia maskowania lub zakrycia terenu.

Niezależnie od stopnia tłumienia światła /padającego lub odbitego/ przez powietrze, widzialność obiektów jest uzależniona od ich właściwości wyróżniania się z tła, jakim zazwyczaj jest teren, tzn. od ich jaskrawości i barwy.

Z analizy literatury wynika, że w sprzyjających dla widzenia warunkach przedmiot będzie dostrzegany, jeśli jego jaskrawość wyróżniać go będzie zaledwie o 1% otaczającego tła. Taka mała różnica jaskrawości jest wystarczająca przy dobrym oświetleniu i w przypadku obiektów o dużych wymiarach. W innych warunkach oświetlenia np. o świcie lub o zmroku, w powietrzu mętnym i we mgle, niezbędne jest większe zróżnicowanie jaskrawości, innymi słowy potrzebny jest większy kontrast[1] /ponad 1%/. Wielkość kontrastu uzależniona jest głównie od barwy i wielkości obiektu rozpoznawanego. Przedmioty duże widoczne są z większej odległości niż małe. Natomiast wpływ zabarwienia obiektu wynika z właściwości pochłaniania przez jego powierzchnię promieni padających.

Absolutnie czarny przedmiot pochłania wszystkie padające nań promienie /nic nie odbija/. Dlatego jaskrawość takiego przedmiotu przy najbardziej silnym oświetleniu jest równa zeru. Jednak podczas obserwacji czarnego przedmiotu z daleka wydaje się, że jest on stosunkowo jasny. W tym przypadku jasność ta powstaje kosztem światła rozproszonego w powietrzu między obserwatorem a obiektem. Można stąd wysunąć wniosek, że widzialność całkowicie czarnego przedmiotu na tle nieba zależy jedynie od przeźroczystości powietrza. W przyrodzie nie ma przedmiotów absolutnie czarnych. Istnieją tylko bardzo ciemne, których właściwości odbijające są bardzo małe. Widzialność obiektów tej grupy, podobnie jak czarnych, również uzależniona jest od

---

1/ Pod terminem "kontrast" rozumie się tu różnicę jaskrawości między przedmiotem a tłem.

współczynnika przezroczystości powietrza.

W przypadku obiektów białych /jasnych/, stanowiących z tłem wyrazisty kontrast, a będących przedmiotami rozpoznania, ich widzialność uzależniona jest ponadto od kąta padania promieni świetlnych. Patrząc "ze Słońcem" obiekty jasne możemy obserwować z odległości większej niż czarne. W momencie obserwowania "pod Słońce" obiekty najbardziej jasne wydają się szare, a ich widzialność jest mniejsza od meteorologicznej.

Właściwości te są bardzo ważne przy ustalaniu manewru podczas rozpoznania. Elementem decydującym przy wyborze trasy obserwacji powinien być kąt oświetlenia obiektu rozpoznania.

Przeprowadzone badania[1/] wykazały, że widzialność obiektu rozpoznania o dowolnej barwie, w danych warunkach oświetlenia, jest wprost proporcjonalna do widzialności obiektu czarnego. Oznacza to, że jeśli wskutek zmniejszenia się przezroczystości powietrza czarny przedmiot ginie z oczu dwa razy bliżej niż poprzednio, dla każdego innego przedmiotu widzialność zmniejszy się także dwukrotnie.

Dla celów praktycznych, widzialność różnych obiektów określana jest w warunkach zbliżonych do siebie. Za normatywną przejrzystość powietrza, przy której wykonywane są pomiary, przyjęto przyjmować tę, która określa średnią widoczność meteorologiczną, tzn. $T = 0,8$.

---

1/ Por. W. Szaronow: Obserwacja i widzialność. Op.cit., s.50.

Tabela 14

Normatywne wartości widoczności różnych obiektów naziemnych $d_n$ [1/].

| Lp. | Rodzaj obiektu | $d_n$ w km dla I = 0,8 - 0,9 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | H=100m | H=300m | H=600m | H=1000m |
| 1 | Obiekty punktowe: działa specjalne, pociski rakietowe na wyrzutniach, stacje radiolokacyjne itp. | 3,5-4,5 | 4-5 | 4,5-6 | 5-7 |
| 2 | Obiekty grupowe, składające się z pojedynczych obiektów punktowych: stanowiska dowodzenia, niezamaskowane samoloty itp. | 4-5 | 4,5-5,5 | 5-6,5 | 6-7,5 |
| 3 | Obiekty liniowe: kolumny wojsk, pociągi, mosty i przeprawy, drogi startowe itp. | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 6,5-8 |
| 4 | Obiekty powierzchniowe: osiedla mieszkaniowe, stacje kolejowe, lotniska itp. | 5-7 | 6-8 | 7-10 | 8-12 |

Określenie widoczności drogą obserwacji wszystkich obiektów jest w zasadzie niemożliwe. W praktyce takie pomiary wykonuje się tylko dla obiektów czarnych, określając dla nich widzialność meteorologiczną, z jednoczesnym pomiarem współczynnika przezroczystości powietrza. Dla pozostałych obiektów, określa się /uwzględniając tło/ ich współczynnik widzialności odpowiadający części widzialności meteorologicznej, z jakiej w określonych warunkach może być wykryty /zaobserwowany/ dany obiekt.

1/ Wg. Taktyka LMSz i działań szturmowych LM. Wyd. DWL i OPL OK 1961, s.22.

Tabela 15

Współczynniki widzialności niektórych przedmiotów w warunkach pochmurnej pogody[1/]

| Przedmiot obserwacji | Tło | K |
|---|---|---|
| Drewniany budynek | Las | 0,89 |
| | Ziemia | 0,55 |
| | Snieg | 0,99 |
| | Pochmurne niebo | 0,97 |
| Czerwony dach | Las | 0,64 |
| | Łąka | 0,78 |
| | Pochmurne niebo | 1,10 |
| Czerwony murowany budynek | Las | 0,76 |
| | Łąka | 0,74 |
| | Pochmurne niebo | 0,98 |
| Biały murowany budynek | Las | 0,89 |
| | Łąka | 0,78 |
| | Pochmurne niebo | 0,94 |
| Drzewa iglaste | Łąka | 0,52 |
| | Lasek | 0,72 |
| | Ziemia | 0,57 |
| | Snieg | 0,97 |
| | Pochmurne niebo | 0,99 |

Znając wartości współczynnika widzialności możemy dla danych warunków atmosferycznych określić granice widoczności obiektów będących przedmiotami rozpoznania, a tym samym określić amksymalną odległość trasy lotu od obiektu rozpoznania. Zadanie to możemy wykonać wykorzystując wzór:

$$\bar{V}_o = \bar{V}_m \cdot K . \qquad /14/$$

1/ S. Szaronow: Obserwacja i widzialność. Op.cit., s.51.

gdzie: $V_o$ - widzialność obiektu,

$V_m$ - widzialność meteorologiczna /widoczność/,

K - współczynnik widzialności.

Przykład: $V_m$ = 7 km, obiekt rozpoznania: szary budynek na tle ziemi,

K = 0,55

W = 7 . 0,55 = 3,85 km.

Z przeprowadzonych przez autora badań wynika, że ten sposób nie jest powszechnie stosowany w praktyce. Wypływa to z konieczności wykonywania dużej ilości pomiarów oraz zestawienia wielu wariantów zależności widzialności obiektów od tła. W sumie powoduje to trudności w określaniu rzeczywistej, a zwłaszcza przewidywanej widzialności obiektów. W jednostkach lotnictwa dla celów praktycznych wykonuje się pomiary widzialności obiektów położonych w rejonie lotniska. Następnie wykorzystując wyniki pomiarów oraz tzw. normatywne wartości widoczności obiektów określa się rzeczywistą w danych warunkach atmosferycznych widoczność obiektów /rys.9/.

Zachmurzenie

Zachmurzeniem nazywamy wielkość pokrycia sklepienia niebieskiego przez chmury[1/]. Określane jest ono w dziesiątych częściach pokrycia nieba. Jeżeli chmury całkowicie pokrywają niebo, zachmurzenie oznacza się liczbą 10, przy bezchmurnym niebie - liczbą 0. Przy obliczaniu wartości średnich podaje się również dziesiąte części jedności, np. 5,7 /oznacza to, że chmury pokrywają 57% sklepienia niebieskiego/.

W praktyce osobno ocenia się zachmurzenie przez wszystkie chmury, niezależnie od ich wysokości /tzw. zachmurzenie ogólne/, oraz przez chmury piętra średniego /zachmurzenie dolne/. Ocena taka pozwala w pełni określić możliwości wykonania lotu rozpoznawczego.

---

1/ S.P. Chromow: Meteorologia i klimatologia. Op.cit., s.224.

Chmury wysokie, a częściowo i chmury średnie, mniej zasłaniają światło słoneczne i mają mniejszy wpływ na działanie lotnictwa rozpoznawczego. Natomiast chmury niskie mogą mieć decydujący wpływ na wykonanie zadań rozpoznawczych.

Zachmurzenie typu niskiego tworzą zazwyczaj następujące rodzaje chmur:[1/]

- niskie warstwowe /STRATUS/, tzn. chmury najbliższe powierzchni Ziemi; na terenie równinnym ich wysokość nad powierzchnią Ziemi może wynosić zaledwie kilkadziesiąt metrów. Chmury tego typu z wyglądu stanowią jednolitą, szarą warstwę, składającą się z kropelek wody, mogących opadać w postaci mżawki /przy niskich temperaturach - drobnego śniegu lub krupy śnieżnej/. Czasami chmury niskie warstwowe mają postać postrzępionych ławic;
- warstwowo-deszczowe /NIMBOSTRATUS/, tworzące warstwę o znacznej grubości, dochodzącej do kilku kilometrów, mającej początek w piętrze dolnym i rozprzestrzeniającej się do piętra średniego, a często do piętra górnego. Średnia wysokość podstawy tego rodzaju chmur wynosi 100 - 2000 m;
- chmury średnie warstwowe /ALTOSTRATUS/, które w zasadzie należą do piętra średniego, jednak ich górne części mogą przenikać i do piętra górnego. Ich pionowa grubość może wynosić kilka kilometrów, jest to płat lub warstwa chmur szarawych albo niebieskawych, pokrywających niebo całkowicie lub częściowo. Chmury tego rodzaju mają opady o małej intensywności;
- kłębiasto-warstwowe /STRATOCUMULUS/, należące do piętra dolnego. Składają się one z ławic albo szarych warstw lub białawych chmur. Chmury tego rodzaju mogą wystąpić w dwóch postaciach: pierwsza - to niezbyt gruba warstwa, która tylko w niewielkim stopniu tłumi światło słoneczne, druga - to warstwa bardzo gruba, złożona z ciągłej powłoki dużych, ciemnych i zaokrąglonych brył, która ze względu na swą grubość powoduje, że teren oglądany z powietrza staje się szary, mało kontrastowy, utrudniający obserwację.

---

1/ Tamże, s.216.

Wymienione rodzaje chmur, ze względu na swe niskie, często nierówne podstawy, poza uniemożliwieniem lub utrudnieniem w czasie lotu widzialności powierzchni Ziemi, mogą stworzyć zjawiska niebezpieczne dla samolotów. Wysokość podstawy chmur ma największe znaczenie wtedy, gdy dolna powierzchnia chmur zalega w najniższej, przyziemnej warstwie powietrza. W warstwie poniżej 150 m bardzo ważna jest różnica wysokości wynosząca już 50 m, gdy tymczasem w warstwie powyżej 1000 m różnica wysokości sięgająca nawet 500 m. ma znaczenie drugorzędne. Lot nad terenem pagórkowatym lub o wysokiej zabudowie /maszty/, przy niskich podstawach chmur, których nie można ominąć, staje się przedsięwzięciem trudnym, wymagającym od pilota skupienia uwagi głównie na pilotowaniu samolotu, co z kolei wpływa na obniżenie prawdopodobieństwa wykonania zadania.

Z chmurami tego rodzaju związane są zazwyczaj opady, mające wpływ na widzialność. Widzialność w strefie opadu śnieżnego zmienia się wraz z natężeniem i gęstością opadu. Zależy również od warunków miejscowych, w których opad występuje. Jeżeli ziemia pokryta jest śniegiem i nie ma na niej lasów lub innych szarych elementów terenu, widoczność może się tak pogorszyć, że będzie mniejsza od minimalnej potrzebnej do wykonania rozpoznania wzrokowego.

Widzialność w strefie opadu deszczowego w mniejszym stopniu zależy od ilości i gęstości spadającego deszczu. Wprawdzie deszcz grubokroplisty obniża ją, ale nie tak znacznie jak drobnokroplista mżawka.

Najbardziej niebezpiecznym zjawiskiem, związanym z lotem w chmurach i strefach deszczu lub mokrego śniegu przy temperaturze ujemnej /najczęściej w granicach -7°C/, jest oblodzenie samolotu. Uniknięcie tego zjawiska jest możliwe w przypadku znajomości prognozy pogody, a głównie charakteru zachmurzenia oraz temperatury przyziemnej, przy uwzględnieniu jej spadku ze wzrostem wysokości o 0,65°C na każde 100 m.

Inne rodzaje chmur, głównie należące do piętra średniego, wpływają korzystnie na prowadzenie wzrokowego rozpoznania powietrznego. Wynika to z silnego rozproszenia światła słonecz-

nego, a tym samym "dodatkowego oświetlenia" terenu w miejscach zacienionych, w których najczęściej bywają ukryte obiekty rozpoznania. Mimo to różnica w oświetleniu terenu nasłonecznionego i pozostającego w cieniu jest bardzo duża. Z analizy literatury wynika, że przedmioty w cieniu są oświetlane 10 razy słabiej niż przedmioty nie osłonięte przed światłem słonecznym[1/].

Podstawa chmur ściśle wiąże się z warunkami prowadzenia obserwacji wzrokowej. Określa ona przede wszystkim wysokość lotu, a tym samym wpływa w zasadniczy sposób na prędkość kątową i związany z nią czas obserwacji. Ma to szczególne znaczenie podczas prowadzenia rozpoznania wzrokowego ze współczesnych samolotów rozpoznawczych. Ich prędkości podczas rozpoznania, ze względu na ogólne właściwości bojowe, są stosunkowo duże /600-800 km/h/.

Z powyższych rozważań wynika, że omówione czynniki meteorologiczne, mające wpływ na wykonanie lotu rozpoznawczego, są jednocześnie tymi, które określają możliwości wykrycia i rozpoznania obiektu.

Zależność tę możemy zatem opisać następującym wzorem:

$$P_w = f/ R_{obs}, t_{obs}/.$$

Analizując warunki atmosferyczne autor szczegółowej analizie poddał tylko dwa czynniki meteorologiczne, tj. widzialność i zachmurzenie. Sądzi, że mają one decydujący wpływ na prowadzenie wzrokowego rozpoznania powietrznego. Jest ponadto przekonany, że podczas planowania rozpoznania pozostałe czynniki meteorologiczne będą również rozpatrywane. Jak dowodzi praktyka, w jednostkach lotnictwa czynniki te oceniane są w granicach tzw. przestrzeni lotnej, to jest przestrzeni obejmującej: w płaszczyźnie poziomej - wielkość możliwych odchyleń od zaplanowanej trasy, w płaszczyźnie pionowej - możliwą do osiągnięcia wysokość lotu w czasie rozpoznania /wykonania zadania bojowego/.

---

1/ M.Minnaert: Światło i barwa w przyrodzie. Op.cit., s.134.

1.2.3. Warunki terenowe

Rzeźba terenu oraz jego pokrycie należą do najważniejszych czynników warunkujących poruszanie się i działanie obiektów naziemnych, będących przedmiotami rozpoznania powietrznego. Mają one również zasadniczy wpływ na możliwości wykrycia i rozpoznania tych obiektów. Do opisu rzeźby terenu niezbędne są dane dotyczące:

- wysokości poszczególnych odcinków terenu w zależności od etapu lotu rozpoznawczego;
- obecności przeszkód terenowych /jak rzeki, bagna, wzniesienia, urwiska itp./, mających wpływ na poruszanie się danego rodzaju sprzętu bojowego oraz możliwości jego rozmieszczenia i działania; informacje te mogą być opisane prawdopodobieństwem poruszania się obiektu rozpoznania;
- maskujących właściwości terenu, warunkujących możliwości obserwacji /widzialności/ obiektu rozpoznania; informacje te wyrażane są najczęściej prawdopodobieństwem wykrycia danego obiektu w danym terenie.

Informacje wynikające z rzeźby terenu uwzględniane są przede wszystkim podczas określania podstawowych parametrów ruchu, to jest: prędkości poruszania się obiektu, jego przejezdności i manewrowości oraz bezpiecznej wysokości lotu. Prędkość poruszania się obiektu, będąca funkcją rzeźby terenu i stanu gruntu /dróg/, określana jest dwiema wartościami: prędkością maksymalną i prędkością średnią. W rozwiązywanych zadaniach najczęściej uwzględniana jest prędkość średnia. Jej znajomość w odniesieniu do poszczególnych typów sprzętu bojowego umożliwia określenie powierzchni koła o promieniu $R = V_{obiektu} \cdot t_{lotu}$, a tym samym określenie rejonu, w którym obiekt w chwili rozpoznania może się znajdować. Przejezdność określa stopień trudności poruszania się danego pojazdu w terenie. W odniesieniu do środków naziemnych uwzględnia się przeszkody wodne o określonej głębokości i szerokości, gwałtowne przewyższenia i obniżenia terenu, zabudowę urbanistyczną, stan dróg itp. Manewrowość jest parametrem, który charakteryzuje możliwość wykonania

manewru w danych warunkach. Dla pojedynczych pojazdów będzie to przede wszystkim promień zakrętu. W odniesieniu do grupowych środków transportowych parametr ten zazwyczaj określa możliwość zmiany kierunku marszu.

Wymienione parametry ruchu sprzętu w praktycznej działalności opisywane są zazwyczaj jedną wartością prawdopodobieństwa poruszania się obiektu w terenie.

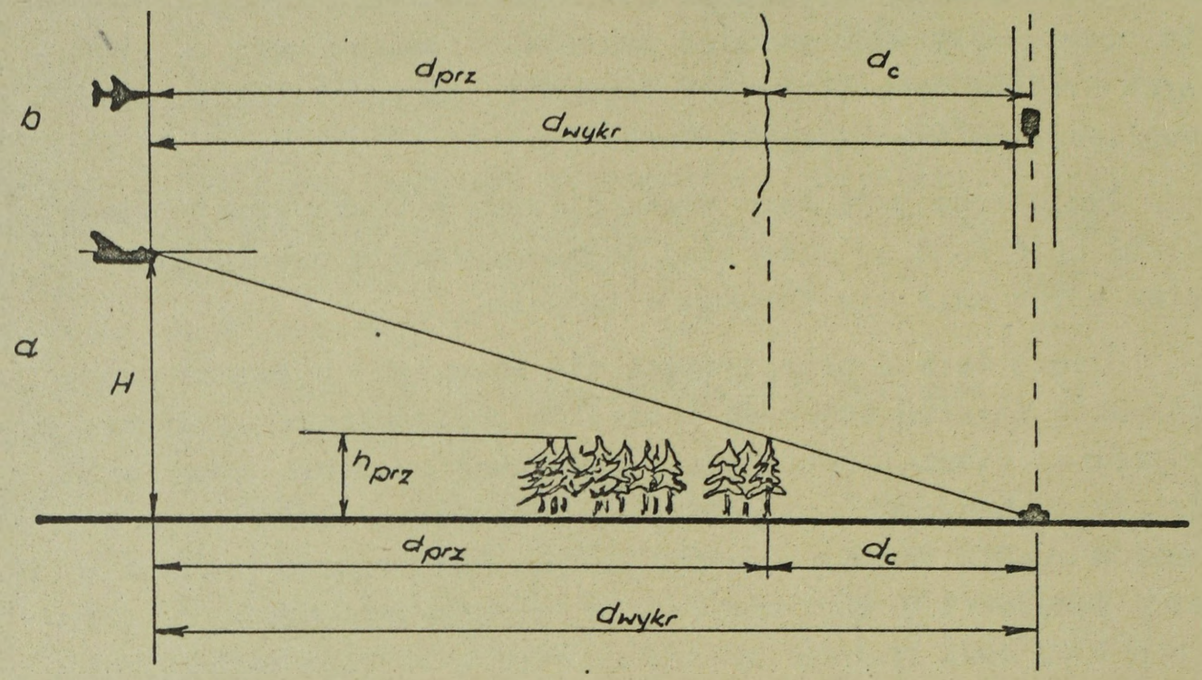
Ocenę terenu przeprowadza się zazwyczaj w ramach oceny warunków działań bojowych lotnictwa rozpoznawczego. Czynią to w głównej mierze operacyjne i taktyczne szczeble dowodzenia. Na niższych szczeblach /oddział, pododdział/ informacje związane z rzeźbą terenu są uwzględniane każdorazowo podczas obliczeń bezpiecznej wysokości, inżynieryjno-nawigacyjnych obliczeń lotu oraz podczas wyboru manewru w rejonie rozpoznania.

Informacje wynikające z maskujących właściwości terenu należą do najważniejszych, jakie są uwzględniane w rozwiązywanych zadaniach dotyczących wykrycia obiektu. Dane te nabierają szczególnego znaczenia gdy określane parametry dotyczą obiektów o małych wymiarach i ruchomych, które mogą być ukryte bezpośrednio w lesie, w przesiekach leśnych, na krańcach osiedli lub w szczelinach i naturalnych ukryciach ziemnych.

Zalesienie, pionowe ukształtowanie terenu, a przede wszystkim różnego rodzaju zabudowania, poza ogólnymi właściwościami maskującymi stwarzają strefy zacienienia, co znacznie utrudnia wzrokowe wykrycie obiektu z pokładu samolotu, zwłaszcza podczas lotów na małych wysokościach i z dużymi prędkościami. Te charakterystyczne cechy pokrycia terenu określają warunki lotu; uwzględniane są głównie podczas wyboru trasy i profilu lotu oraz sposobu poszukiwania obiektów rozpoznania /manewru/.

W celu określenia zależności występujących pomiędzy warunkami lotu a możliwościami obserwacji w terenie częściowo zakrytym rozpatrzone zostaną przypadki, gdy lot jest wykonywany prostopadle do kierunku ruchu obiektu, pod kątem oraz gdy kierunki ruchu obiektu i lotu są równoległe.

Pierwszy przypadek zobrazowany jest na rysunku 10.




Rys.10. Zależność wysokości lotu od wysokości przeszkody terenowej i położenia obiektu rozpoznania; a/ a rzut pionowy, b/ rzut poziomy.

Interesującą nas wielkością jest odległość wykrycia obiektu znajdującego się za przeszkodą. Aby wykonać to zadanie, trzeba znać wysokość przeszkody $h_{prz}$, odległość od niej do obiektu $d_c$ oraz wysokość lotu H. Wykorzystując właściwości trójkątów prostokątnych, występujące zależności możemy zapisać następującymi równaniami:

$$\frac{d_{prz}}{H - h_{prz}} = \frac{d_c}{h_{prz}} \quad \text{oraz} \quad \frac{d_{wykr}}{H} = \frac{d_c}{h_{prz}},$$

z których możemy obliczyć: poziomą odległość od samolotu do granicy przeszkody $d_{rz}$

$$d_{rz} = \frac{d_c}{h_{prz}} /H - h_{prz}/, \qquad /15/$$

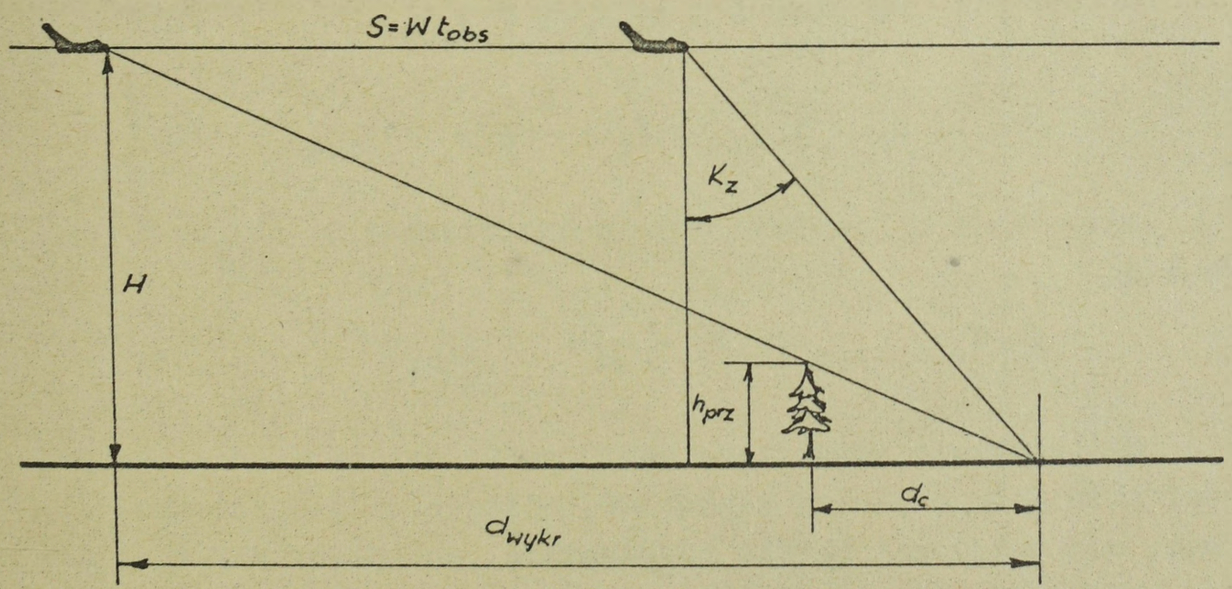
oraz odległość wykrycia celu $d_{wykr}$ /$d_{wykr}$ jest jednocześnie odległością, od której samolot może być rażony przez środki OPL obiektu/:

$$d_{wykr} = \frac{d_c \cdot H}{h_{prz}} \cdot \qquad /16/$$

Wartości $d_c$ oraz $h_{prz}$ można określić na podstawie mapy o dużej skali. Należy jednak pamiętać, że granice lasów i innego zadrzewienia znajdujących się bezpośrednio przy drogach na mapach nie są wykazywane.

Wykorzystując przytoczone zależności oraz typowe warunki, tzn. małe wysokości lotu i średnie wysokości przeszkód, obliczono odległości wykrycia obiektów podczas lotu w kierunku prostopadłym do granicy przeszkody /kierunku ruchu obiektu/ - wykres - rys.12, tabela - załącznik 4.

Z wartości zamieszczonych w przytoczonej tabeli wynika, że w miarę zmniejszania odległości obiektu od przeszkody $d_c$ i zwiększania przeszkody, odległość wykrycia będzie się zmniejszać. Rozważania te mogą być prowadzone w sytuacji kiedy nie uwzględnia się zakrycia terenu przez kadłub samolotu. W warunkach lotu prostopadłego do przeszkody, za którą znajduje się obiekt rozpoznania i gdy część terenu w przedniej części strefy obserwacji jest zakryta przez kadłub samolotu, istotne znaczenie ma znajomość $d_c$, przy której możliwe jest rozpoznanie obiektu.




Rys. 11. Zależność odległości wykrycia od wysokości przeszkód terenowych i kąta zakrycia samolotu.

Wartość $d_c$, przy której istnieje możliwość obserwacji obiektu rozpoznania w locie z prędkością podróżną W w czasie $t_{obs}$ określa się, przyjmując następujące założenia:

a/ początek obserwacji określany odległością wykrycia $d_{wykr}$ uzależniony jest od H lotu, wysokości przeszkody $h_{prz}$ i odległości obiektu od przeszkody $d_c$,

b/ koniec obserwacji zależy głównie od kąta zakrycia terenu $K_z$, charakterystycznego dla danego typu samolotu.[1/]

Przyjęte założenia możemy zapisać następująco:

$$d_{wykr} = d_c \frac{H}{h_{prz}}, \qquad /17/$$

$$S = W\, t_{obs}, \qquad /18/$$

oraz

$$S = d_{wykr} - H \operatorname{tg} K_z \qquad /19/$$

zatem

$$d_{wykr} = H \operatorname{tg} K_z + S, \qquad /20/$$

$$d_c \frac{H}{h_{prz}} = H \operatorname{tg} K_z + W\, t_{obs}, \qquad /21/$$

$$d_c = h_{prz} \operatorname{tg} K_z + \frac{h_{prz}}{H} W\, t_{obs} \qquad /22/$$

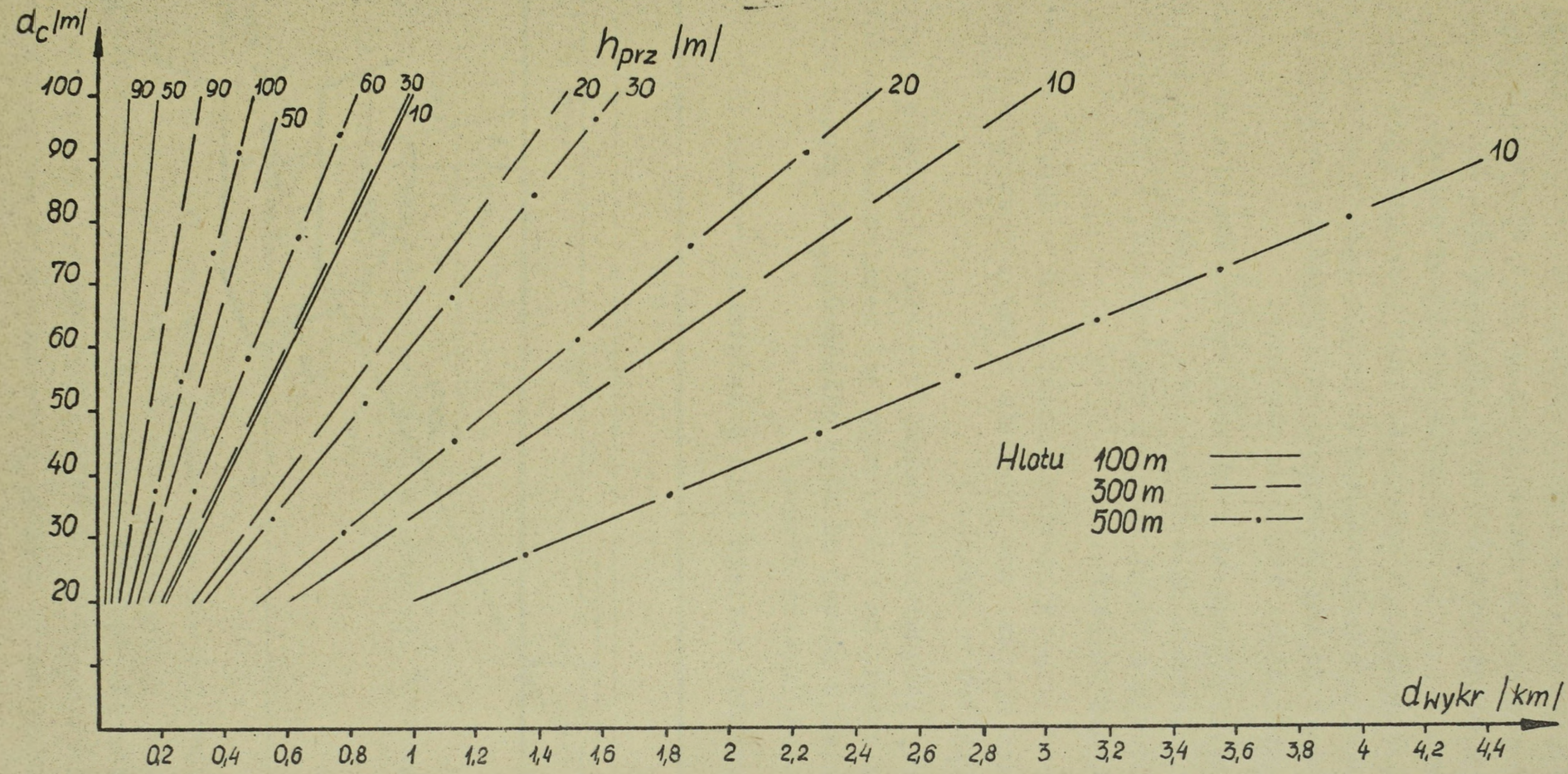
oczywiście $d_c$ powinno być zawsze większe od obliczonego, a więc

$$d_c > h_{prz} \operatorname{tg} K_z + \frac{h_{prz}}{H} W\, t_{obs}. \qquad /23/$$

Na podstawie powyższego wzoru można określić, dla każdych warunków lotu w jakiej minimalnej odległości od przeszkody musi się znajdować obiekt rozpoznania, aby pilot był w stanie go wykryć i obserwować przez czas = $t_{obs}$. Wartości $d_{cmin}$ obliczone dla różnych przeszkód i wysokości lotu zawarto w tabeli - załącznik 5 i przedstawiono na wykresie - rys.14.

---

1/ Por.W. Swiszczew: Warunki poszukiwania celów naziemnych zasłoniętych naturalnymi ukryciami terenowymi."Wojskowy Przegląd Lotniczy" 1966, nr 6, ss.25-36.




Rys.12. Wykres odległości wykrycia podczas lotu prostopadłego do granicy przeszkody

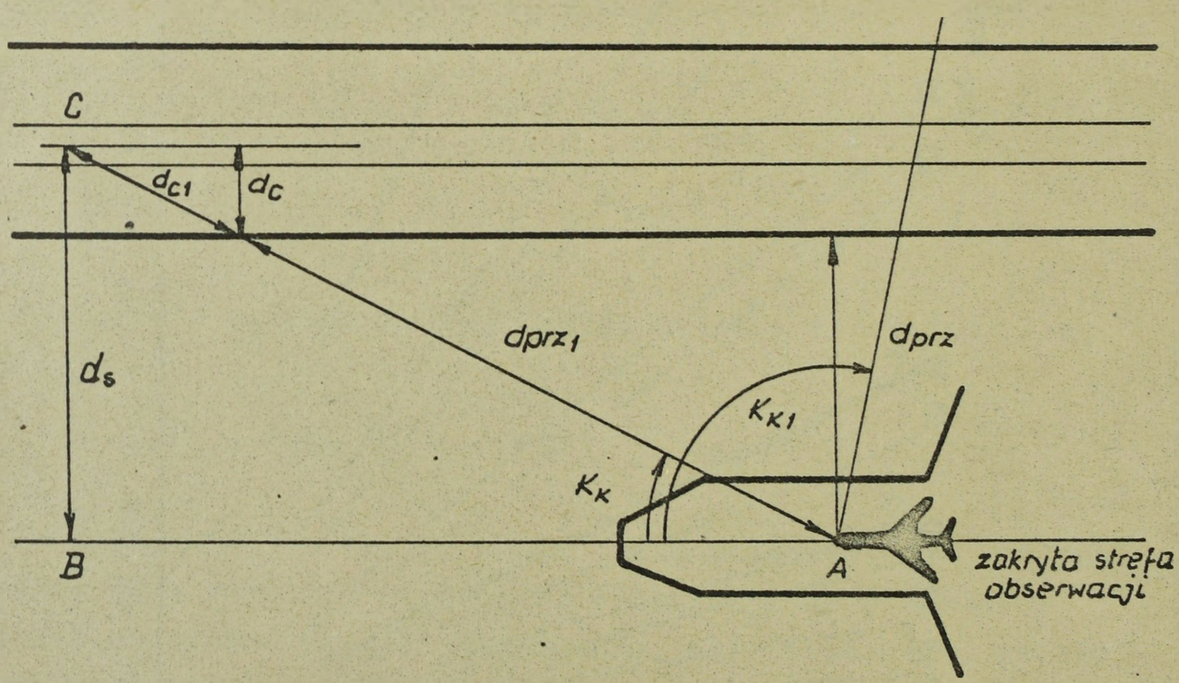
Z przytoczonych danych wynika, że jeśli na przykład wysokość przeszkody wynosi 30 m, a czas obserwacji 1s, to w locie z prędkością 600 km/h, na wysokości 300 m i przy kącie zakrycia $K_z = 70^o$ pilot może spostrzec obiekt, jeśli będzie się on znajdował w odległości nie mniejszej niż 100 m od przeszkody. Jeżeli natomiast będzie bliżej przeszkody, to pilot może go nie zauważyć, gdyż wcześniej obiekt ten zostanie zasłonięty kadłubem samolotu.

Spostrzeżenia te nabierają szczególnego znaczenia podczas wyboru kierunku nalotu /manewru w rejonie rozpoznania/ oraz przy podziale uwagi podczas rozpoznania, a głównie w trakcie wykrywania obiektów.

Rozpatrywany kierunek nalotu, jak z danych zawartych w tabelach wynika, nie zapewnia w pełni skutecznego poszukiwania obiektów w lasach.

Przy poszukiwaniu obiektów w lesie lot należy wykonać wzdłuż drogi, na której mogą być rozmieszczone obiekty rozpoznania, w pewnej od niej odległości, od strony mniej zasłoniętej /niższe drzewa/.

Przykład takiego lotu przedstawia rysunek 13.




Rys. 13. Warunki obserwacji podczas lotu równoległego do drogi obiektu rozpoznania.

W tym przypadku interesującą wielkością jest odległość $d_c$, to jest odległość linii drogi samolotu od linii prawdopodobnej drogi obiektu rozpoznania. Określając wielkość $d_s$ możemy dowiedzieć się w jakiej odległości od linii drogi obiektu należy wykonać lot, aby obiekt był widoczny w granicach możliwych kątów obserwacji z kabiny samolotu. Odległość ta, jak z trójkąta ABC wynika, powinna wynosić:

$$d_s \leqslant /d_{c1} + d_{prz}/\sin K_k \qquad /24/$$

gdzie: $K_k$ - początkowy kąt obserwacji,

$$d_{c1} = d_c : \sin K_k ,$$

$$d_{prz1} = d_{prz1} \sin K_k ,$$

Przyjmując do rozważań $K_k = 15^o$, to:

$$\sin K_k = \sin 15^o = 0{,}25 ,$$

$$d_{c1} = 4\, d_c ,$$

$$d_{prz} = 4\, d_{prz} ,$$

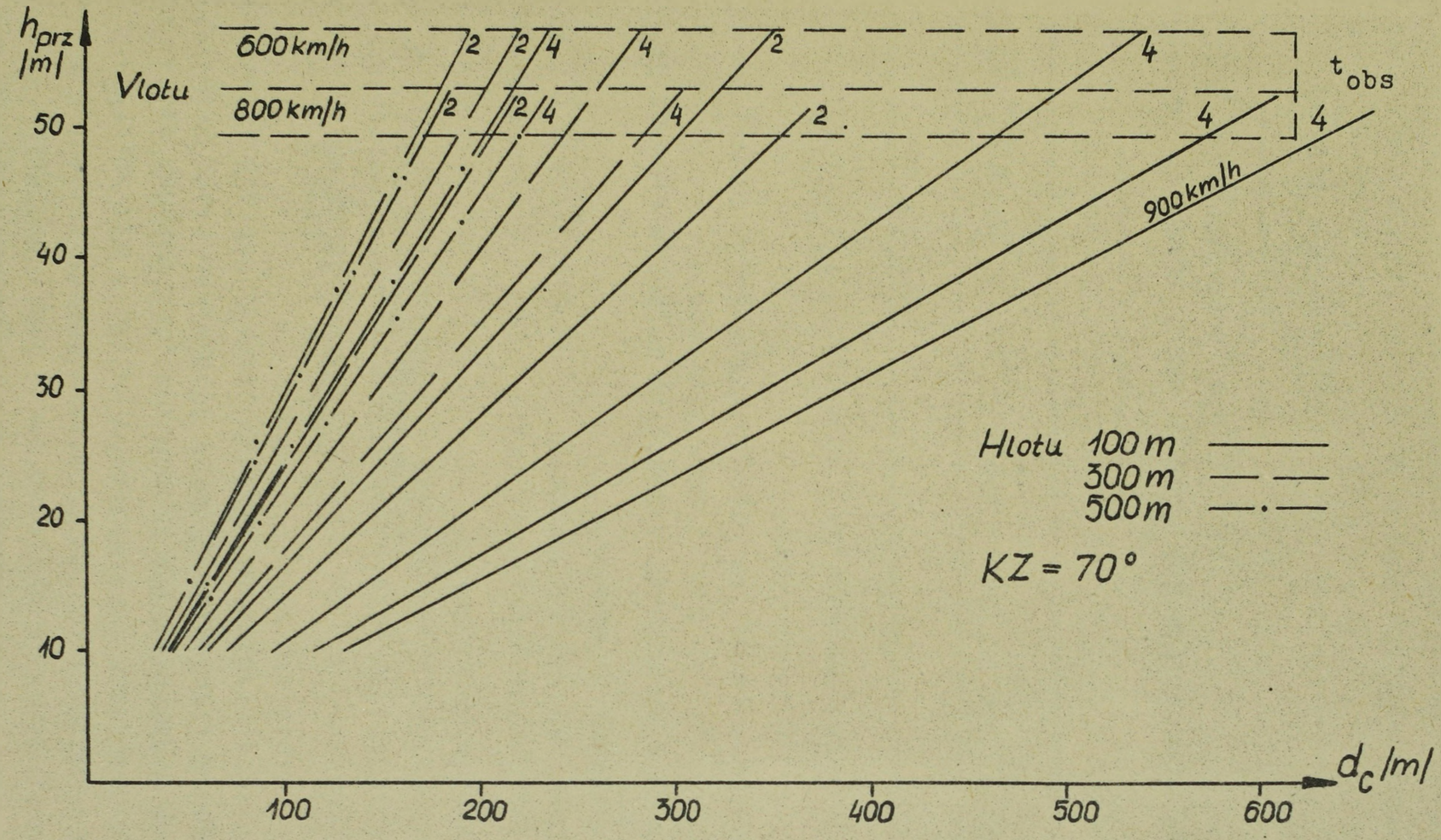
czyli $d_{s\ pocz} = /\, 4d_c + 4d_{prz} /\ 0{,}25 ,$

$$\underline{d_{s\ pocz} = d_c + d_{prz} .} \qquad /25/$$

Zależność tę możemy także zapisać inaczej. Przyjmując z poprzednich rozważań, że $d_s = d_{wykr}$, to:

$$d_s \leqslant d_c \frac{H}{h_{prz}} . \qquad /26/$$

Z powyższego wynika, że w czasie obserwacji prowadzonej pod kątem $90^o$ do linii drogi obiektu /przeszkody/, maksymalna wartość $d_s$ równa się odległości wykrycia, a więc nie zależy od kąta kursowego obserwacji /$\sin 90^o = 1$/. Stwierdzenie to jest o tyle ważne, że w praktyce $d_s$ możemy określić wykorzy-




Rys.14. Wykres służący do określania $d_{cmin}$

stując dane zawarte w tabeli zamieszczonej w załączniku 4 lub wykres do określenia $d_{prz}$.

Wykonując lot wzdłuż przeszkody pilot będzie miał możliwość ciągłej obserwacji drogi, jeżeli odległość linii drogi samolotu od linii drogi obiektów będzie mniejsza od $d_s$. Odległość wykrycia obiektu będzie w każdej sytuacji inna. Uzależniona ona jest od wymiarów geometrycznych obiektu, oświetlenia, widzialności /przejrzystości powietrza/ oraz fizjologicznych właściwości oka ludzkiego.

Oprócz wyżej wymienionych, podczas prowadzenia obserwacji wzrokowej musi być spełniony jeszcze jeden warunek: lot należy wykonywać w takiej odległości od obiektu, aby nie został zasłonięty przez kadłub samolotu. Czyli z kolei:

$$d_z = H\,tg K_{zb}, \qquad /27/$$

$$d_{s\,min} > d_z = H\,tg K_{zb}. \qquad /28/$$

gdzie: $K_{zb}$ - kąt zakrycia bocznego przy kącie kursowym obiektu $90^o$; dla współczesnych samolotów $K_{zb} \approx 50^o$, co odpowiada około 1,2 H lotu,

czyli:

$$\underline{d_{smin} = 1{,}2 \text{ H lotu}}. \qquad /29/$$

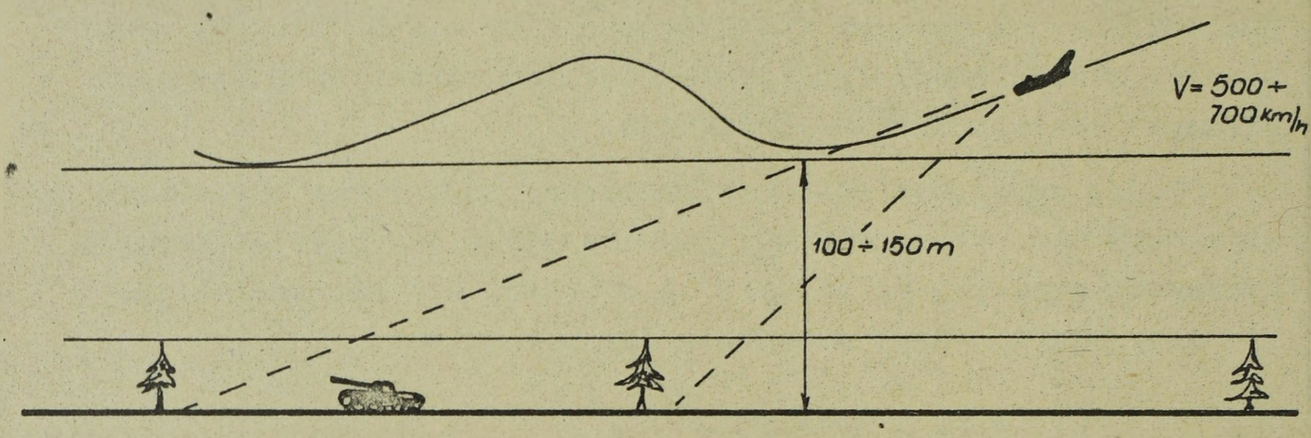
Z powyższych rozważań wynika następujący wniosek: aby zapewnić warunki wykrycia i obserwacji obiektu rozpoznania, odległość linii drogi samolotu od linii drogi obiektu /drogi/ powinna się mieścić w granicach:

$$d_s \geqslant d_w \geqslant d_{smin}. \qquad /30/$$

Jeśli więc $d_w$ nie wychodzi poza podane granice, to odległość wykrycia obiektów na drogach będzie uzależniona od konkretnych warunków lotu.

Z przytoczonych wcześniej obliczeń wynika, że jeśli na przykład $d_c$ = 30m, $h_{prz}$ = 20m i H lotu poziomego mieści się w granicach 500 m, to $d_{wyk}$ = 750 m. Wypływa z tego wniosek, że

dla podanych warunków obserwacji, przy locie z W = 600 km/h pilot na wykonanie rozpoznania /bez uwzględnienia zakrycia terenu kadłubem/ będzie miał 3 s. Czas ten w praktyce będzie krótszy. Zwiększenie go jest możliwe w przypadku prowadzenia poszukiwania w granicach sektora obserwacji $10^{o}$-$80^{o}$ 1/, z jednoczesnym wykonywaniem manewru pionowego. Przykład takiego manewru pokazany jest na rysunku 15.




Rys.15. Warunki lotu podczas manewru pionowego.

Z doświadczeń wynika 2/, że sektor obserwacji wybiera się w taki sposób, aby początek obserwacji drogi zaczynał się od granicy maksymalnej odległości wykrycia obiektów i sięgał do odcinka, na którym wykrycie jest pewne. W ten sposób pilot może obserwować obiekt aż do granicznego kąta obserwacji, to znaczy do momentu zasłonięcia terenu przez skrzydło lub kask ochronny. Z doświadczeń tych ponadto wynika, że graniczne prędkości kątowe są znacznie wyższe od zakładanych. Zwiększenie to, jak sądzę, wynika z kompensacji ruchu przez chwilowe zatrzymanie obrazu obiektu w ruchomym oku /tak zwane prowadzenie obiektu wzrokiem/.

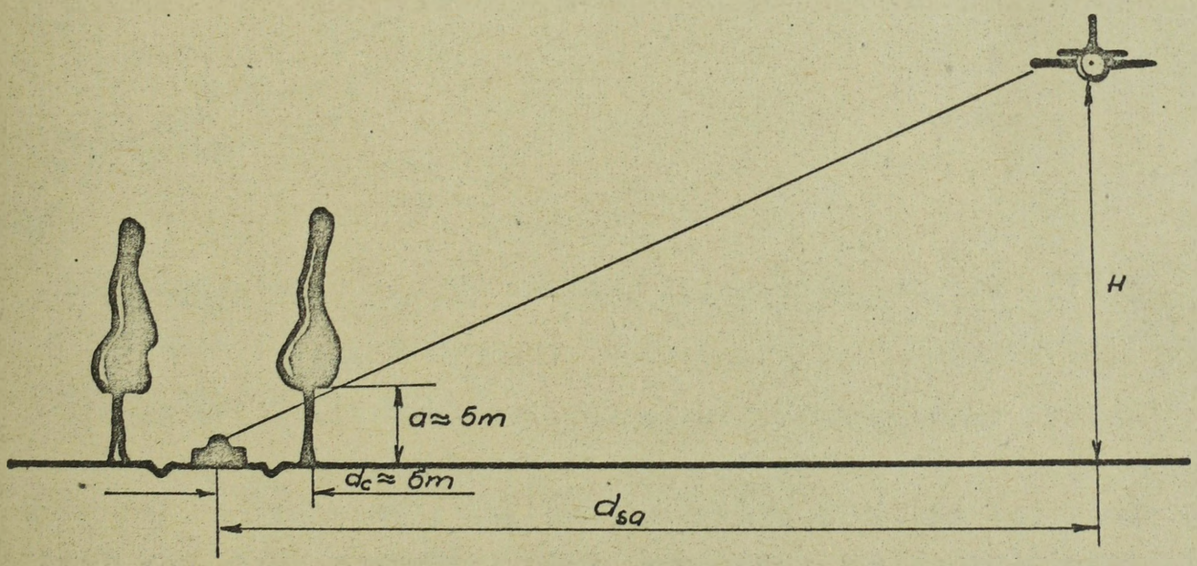
---

1/ Przy większych kątach obserwacji pilot traci z pola widzenia przednią część strefy obserwacji, a duże prędkości kątowe nie pozwalają na dokładną obserwację obiektu.

2/ Z wywiadów przeprowadzonych w 21 plrt i 7 BLBR.

Istotne znaczenie podczas prowadzenia rozpoznania obiektów na drogach w lesie ma właściwy wybór manewru. Dla przykładu: wykonując lot wzdłuż drogi z prędkością 950 km/h, na wysokości 300 m , $d_c$ = 30 m, $h_{prz}$ = 20 m i przy kątach kursowych obserwacji od $10^o$ do $90^o$, pilot na wykrycie i obserwację ma około 8 s. Czas ten jest wystarczający na wykonanie zadania. W przypadku jednak wykonania nieplanowego manewru /nawet małego/, można doprowadzić do skrócenia czasu obserwacji poniżej koniecznego do wykonania zadania.

Z analizy literatury i osobistych spostrzeżeń wynika, że w większości przypadków przydrożne drzewa lub lasy znajdują się bezpośrednio przy samej jezdni. W tej sytuacji poszukiwanie i rozpoznawanie jest możliwe tylko podczas lotu bezpośredniego nad drogą /przysieką, duktem/, z ewentualnym odchyleniem osi drogi samolotu w lewo lub w prawo nad wierzchołki skrajnych drzew. Jeśli natomiast korony drzew łączą się nad jezdnią, to poszukiwanie jest możliwe tylko podczas lotu z boku. Przykład takiego lotu przedstawia poniższy rysunek.

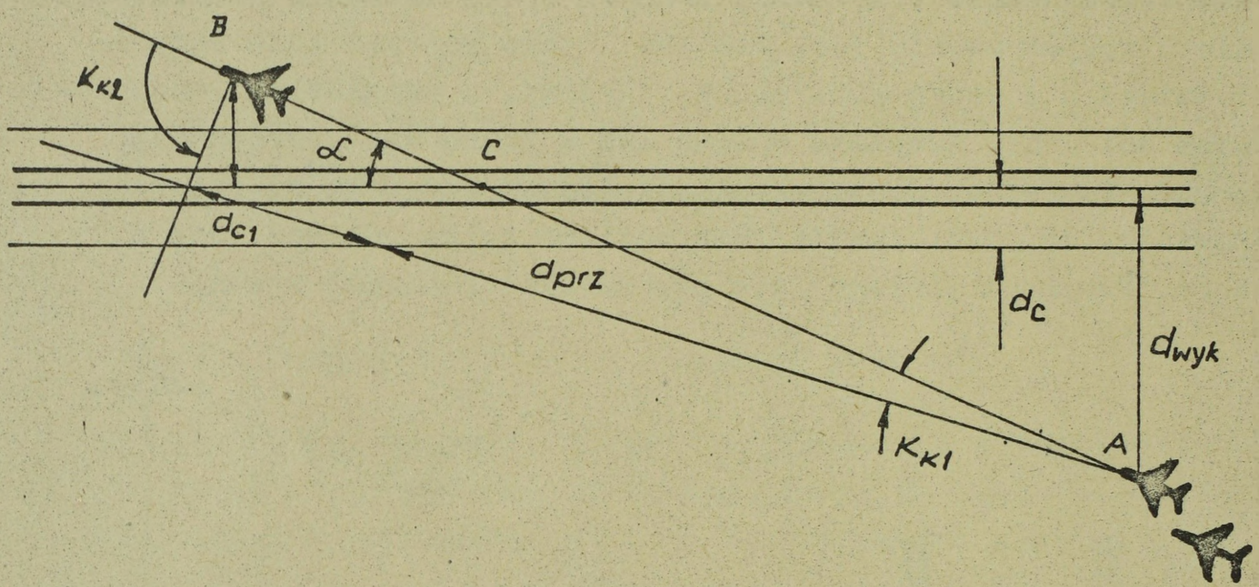



Rys.16. Prowadzenie rozpoznania obiektów na drogach maskowanych przydrożnymi drzewami.

W przypadku przytoczonego na rysunku przykładu, najwygodniej będzie wykonywać lot na wysokości około 100 m, w odległości od drogi 150 - 200 m.

$$d_{sa} > d_c \frac{H}{a}. \qquad /31/$$

Dla określenia $d_{sa}$ można wykorzystać tabele wartości $d_{wyk}$, przyjmując zawarte w niej wartości $d_{wyk}$ jako $d_{sa}$ minimalną. Tak wykonywany lot rozpoznawczy umożliwia wykrycie i obserwację obiektu przez przerwy między koronami drzew. Dłuższe proste odcinki dróg w lesie lub w terenie pagórkowatym należą do rzadkości. Wynika z tego wniosek, że wykonywanie lotu wzdłuż drogi lub z jej boku będzie raczej niemożliwe. W celu rozwiązania tego zadania rozpatrzmy przypadek przedstawiony na rysunku 17.




Rys.17. Warunki obserwacji podczas przelotu nad drogą pod małymi kątami.

Istotą tego sposobu przelotu jest sprawdzenie jak największego odcinka drogi. Spełnienie tego warunku wymaga podejścia do drogi pod możliwie małymi kątami /$\alpha$/ i rozpoczęcia jej obserwacji od strony mniejszego kąta kursowego /$K_k$/. Gdy droga znajdzie się w zasięgu obserwacji pilota, najpierw widzi on jej odcinek w przednim sektorze obserwacji. W miarę lotu spostrzegany odcinek wydłuża się aż do momentu, gdy pilot może obserwować cały możliwy do ogarnięcia wzrokiem fragment drogi. W takim przypadku sprawdzenie, czy obiekt znajduje się z drugiej strony jest prawie niemożliwe, chociażby ze względu na dużą prędkość kątową. Jeśli poszukiwanie prowadzi się w skła-

dzie pary, jak z rysunku wynika, prowadzony powinien wykonywać lot od strony mniejszego kąta $\alpha$ co zapewnia mu dogodne warunki obserwacji, a ponadto umożliwi wykorzystanie do poszukiwania wskazówek prowadzącego. Aby w chwili przelotu nad drogą nie okazała się ona zasłonięta kadłubem własnego samolotu, samoloty rozpoznawcze powinny rozpoczynać obserwację od początkowego kąta kursowego nie mniejszego niż $10^{o}$.[1/]

Możliwości rozpoznania obiektu na drodze w znacznym stopniu zależą od czasu, jakim pilot dysponuje. Jak z rysunku 17 wynika, podczas lotu poziomego, przy stałej wysokości przeszkód terenowych i ich stałej odległości od drogi, obiekt będzie obserwowany od punktu A do punktu B, to znaczy od początkowego do końcowego kąta kursowego obserwacji. Odległość ta, jak wykazały poprzednie rozważania, zależy głównie od wysokości lotu i wysokości przeszkód terenowych. Obliczyć ją możemy przyjmując następujące zależności:

$$AC \approx BC = \frac{d_{wykr}}{\sin\alpha}, \qquad \text{dla} \ \alpha < 20^{o}$$

$$AC + BC = 2\,\frac{d_{wykr}}{\sin\alpha},$$

zatem:

$$t_{obs} = \frac{2d_{wyk}}{W \sin\alpha}. \qquad /32/$$

Wynika z tego, że podczas lotu na wysokości 300 m z prędkością 720 km/h i $h_{prz}$ = 20 m, $d_{c.}$ = 20 m. = $10^{o}$, zadanie jest możliwe do wykonania, gdy:

$$d_{wyk} = \frac{d_c H}{h_{prz}} = \frac{10 \cdot 300}{20} = 150 \text{ m},$$

$$t_{obs} = \frac{2.150}{200.0,174} = \frac{300}{34,7} = 8,6 \text{ s}.$$

Wykorzystując przytoczony wzór obliczono średnie czasy obserwacji dla różnych warunków rozpoznania. Zestawiono je w tabeli 16.

---

1/ Por. strefy obserwacji samolotów Mig-21 i Su-20, załącznik 22,23.

W czasie lotu nad terenem falistym lub pokrytym naturalnymi lub sztucznymi przeszkodami utrudniającymi obserwację, bardzo duży wpływ na rozpoznanie ma wybór właściwej wysokości lotu. Jak już wiemy, decyduje ona o podstawowych parametrach obserwacji, to jest kącie i czasie obserwacji obiektu, a zatem powinna być każdorazowo określana dla przeszkód terenowych, które mogą wystąpić w granicach przeszukiwanego terenu. Wysokość tę, jak wynika z rysunku 10 określić można wykorzystując wzór:

$$H_{min} = \frac{h_{prz}}{d_c} /d_{prz} + d_c/ \qquad /33/$$

lub

$$H_{min} = \frac{h_{prz}}{d_c} \; d_{wyk} . \qquad /34/$$

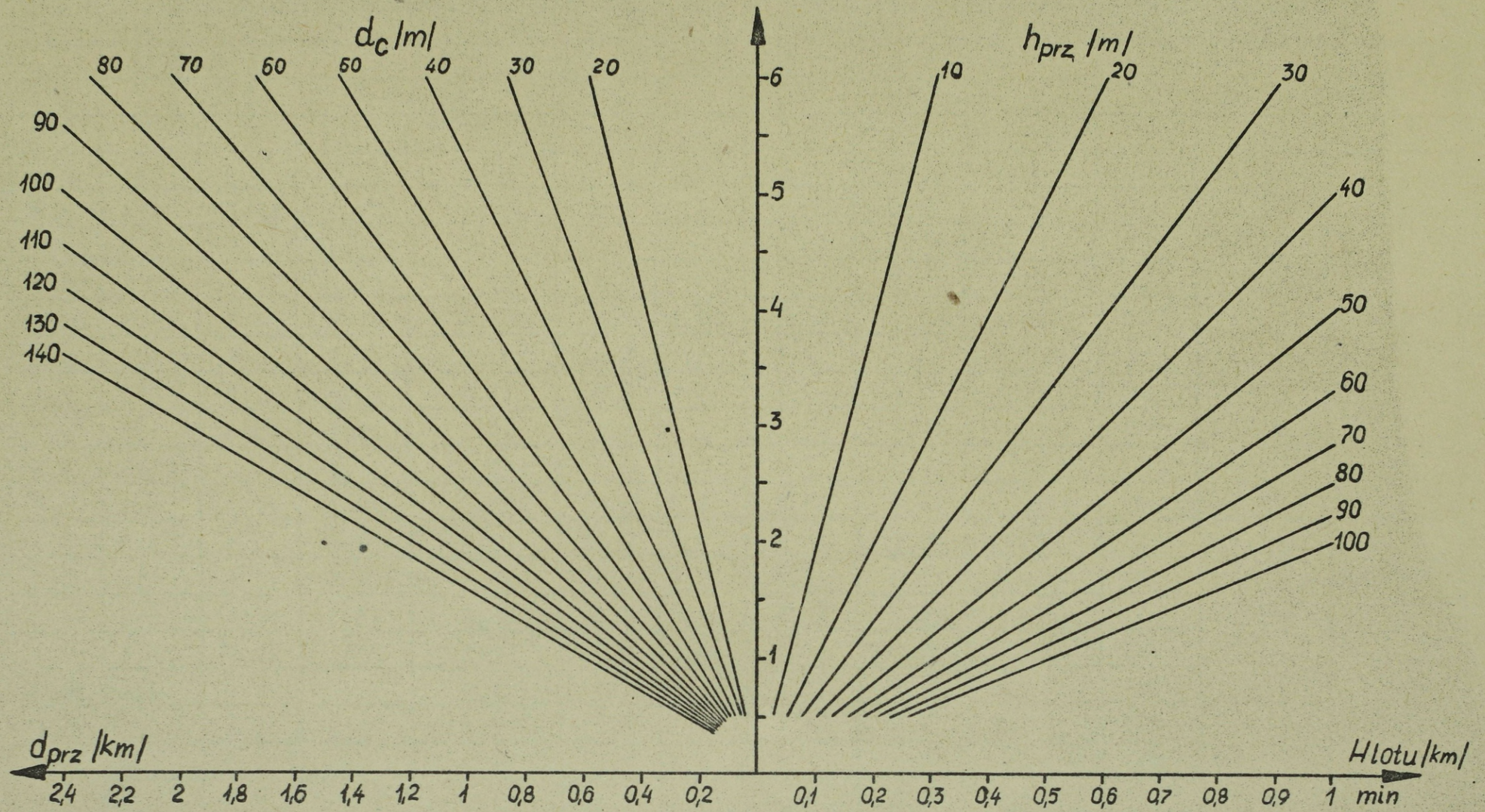
Minimalną wysokość lotu należy oczywiście określić według najwyższych przeszkód terenowych i najmniejszych /przewidywanych/ wartości $d_c$. Wartości $H_{min}$ mogą być wyznaczone według danych zawartych w załączniku 4 lub określone z nomogramu rys.18.

Z przeprowadzonych na temat terenu rozważań wynika, że jego topografia ma największy wpływ na działanie obiektów, będących przedmiotami rozpoznania. Oceniając teren z punktu widzenia możliwości prowadzenia obserwacji wzrokowej, należy stwierdzić, że podstawowym parametrem uwzględnianym w rozwiązywanych zadaniach taktycznych, którego wartość w dużym stopniu zależy od topografii terenu, jest widzialność obiektu. Ona też determinuje możliwą do zastosowania taktykę rozpoznania, a wspólnie z parametrami rzeźby terenu - warunki lotu rozpoznawczego.

Tabela 16

Średnie czasy obserwacji w zależności od warunków lotu i przeszkód terenowych

| Warunki lotu | | | $t_{obs}$ /s/ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $d_c$ = 20 m | | | | | $d_c$ = 30 m | | | | |
| W | | H | $h_{prz}$=10m | 20m | 30m | 40m | 50m | $h_{prz}$=10m | 20m | 30m | 40m | 50m |
| 600 km/h | 10° | 100 | 13,8 | 10,3 | 4,5 | 3,4 | 2,7 | 20,7 | 10,3 | 6,9 | 5,1 | 4,1 |
| | | 200 | 27,6 | 13,8 | 9,2 | 6,9 | 5,3 | 41,4 | 20,7 | 13,8 | 10,3 | 8,2 |
| | | 300 | 41,4 | 20,7 | 13,8 | 10,3 | 8,2 | 62,2 | 31,1 | 20,7 | 15,5 | 12,4 |
| | | 400 | 55,3 | 27,6 | 18,4 | 13,8 | 11,1 | 82,9 | 41,1 | 27,6 | 29,7 | 16,5 |
| | | 500 | 69,1 | 34,5 | 23,0 | 17,2 | 13,8 | 103,6 | 51,8 | 34,5 | 25,9 | 20,7 |
| | 20° | 100 | 7,0 | 5,2 | 2,3 | 1,7 | 1,4 | 10,5 | 5,2 | 3,5 | 2,6 | 2,1 |
| | | 200 | 14,0 | 7,0 | 4,6 | 3,5 | 2,8 | 21,0 | 10,5 | 7,0 | 5,2 | 4,2 |
| | | 300 | 21,0 | 10,5 | 7,0 | 5,2 | 4,2 | 31,5 | 15,7 | 10,5 | 7,8 | 6,3 |
| | | 400 | 28,1 | 14,0 | 9,3 | 7,0 | 5,6 | 42,1 | 21,0 | 14,0 | 10,5 | 8,4 |
| | | 500 | 35,0 | 17,5 | 11,6 | 8,7 | 7,0 | 52,6 | 26,3 | 17,5 | 13,1 | 10,5 |
| 700 km/h | 10° | 100 | 10,3 | 7,7 | 3,4 | 2,5 | 2,0 | 15,5 | 7,7 | 5,1 | 3,8 | 3,1 |
| | | 200 | 20,7 | 10,3 | 6,8 | 5,1 | 4,1 | 31,5 | 15,5 | 10,3 | 7,7 | 6,2 |
| | | 300 | 31,1 | 15,5 | 10,3 | 7,7 | 6,2 | 46,6 | 23,3 | 15,5 | 11,6 | 9,3 |
| | | 400 | 41,4 | 20,7 | 13,8 | 10,3 | 8,2 | 62,2 | 31,1 | 20,7 | 15,5 | 12,4 |
| | | 500 | 51,8 | 25,9 | 17,2 | 12,9 | 10,3 | 77,7 | 38,8 | 25,9 | 19,4 | 15,5 |
| | 20° | 100 | 5,2 | 3,9 | 1,7 | 1,3 | 1,0 | 7,8 | 3,9 | 2,6 | 1,9 | 1,5 |
| | | 200 | 10,5 | 5,2 | 3,5 | 2,6 | 2,1 | 15,7 | 7,8 | 5,2 | 3,9 | 3,1 |
| | | 300 | 15,7 | 7,8 | 5,2 | 3,9 | 3,1 | 23,6 | 11,8 | 7,8 | 5,9 | 4,7 |
| | | 400 | 21,0 | 10,5 | 7,0 | 5,2 | 4,2 | 31,5 | 15,7 | 10,5 | 7,8 | 6,3 |
| | | 500 | 26,3 | 13,1 | 8,7 | 6,5 | 5,2 | 39,4 | 19,7 | 13,1 | 9,8 | 7,8 |




Rys.18. Nomogram służący do określania minimalnej wysokości lotu podczas poszukiwania

## 1.3. Charakterystyka oka jako instrumentu rozpoznania

Oko jest niezwykle wrażliwym narządem, pozwalającym na "odbiór" i gromadzenie wielu naraz informacji, przekazywanych za pośrednictwem bodźców świetlnych. Swoistymi źródłami bodźców dla receptorów wzrokowych są elementarne jednostki, czyli kwanty energii promienistej. W granicach znanych form tego rodzaju energii, od krótkich promieni kosmicznych do długich fal radiowych, jedynie niewielka jej część - około 1/70 - stanowi energia bodźców świetlnych, odpowiadająca widzialnej części widma. Na widzialną część widma składa się promieniowanie widzialne, mieszczące się w przedziale od 400 do 800 nanometrów.[1/]

Bodziec świetlny, będący nośnikiem informacji dla narządu wzroku, charakteryzują następujące cechy:

1/ długość fali określana energią odpowiednich kwantów światła i przybierająca różne wartości w różnych częściach widma widzialnego; cecha ta leży u podstaw rozróżniania barw, a więc wyróżniania obiektów rozpoznania z tła z jednej strony, zaś ich maskowania - z drugiej;

2/ ilość energii promienistej określana przez strumień promieni przypadający na jednostkę powierzchni w jednostce czasu. Luminancja /światłość, natężenie światła/ powierzchni, spostrzegana przez nas jako jasność, jest proporcjonalna do ilości energii promienistej przypadającej na jednostkę tej powierzchni.

Zasadniczym zjawiskiem w tworzeniu się wrażeń wzrokowych jest pochłanianie kwantów światła przez barwniki fotoreceptorów. Powoduje to reakcje fotochemiczne zapoczątkowujące cały łańcuch zjawisk kończący się widzeniem. Kiedy energia bodźca ograniczona jest do światła o pewnej długości fali, wówczas widzimy poszczególne barwy. Wynika to z wybiórczej absorbcji w barwnikach wzrokowych fotoreceptorów. Pobudzenie oka przez

---

1/ G.M. Wyburn, R.W. Pickford: Zmysły i odbiór wrażeń przez człowieka. Warszawa 1970, s.81.

cały zakres widma lub przez kombinację jego części wywołuje wrażenie światła białego.

Sprawność oka jako przyrządu optycznego do rejestracji zjawisk wzrokowych związanych z pobudzaniem świetlnym mierzy się wartością progów wzrokowych, ostrością widzenia oraz zdolnością rozróżniania natężeń światła.

Próg wzrokowy jest to najmniejsza ilość energii świetlnej konieczna do wywołania wrażenia światła. Większa część energii promienistej docierającej do oka zostaje pochłonięta przez tkanki lub odbita. Każdorazowo wysokość progu zależy od:

1/ stanu adaptacji oka, tzn. przystosowania oka do widzenia w zmienionych warunkach oświetlenia, głównie przy dużych różnicach /np. dzień i noc/;

2/ długości fali bodźca świetlnego;

3/ pobudzanej części siatkówki;

4/ rozmiarów i czasu trwania bodźca.

Wrażliwość oka na energię świetlną osiąga maksimum, gdy jest ono adaptowane do ciemności, co następuje już przy oświetleniu poniżej 0,1 luksa. Proces ten jest bardzo wolny. Zbadano[1/], że osiągnięcie pełnej adaptacji do ciemności jest możliwe dopiero w czasie przekraczającym 1 h.

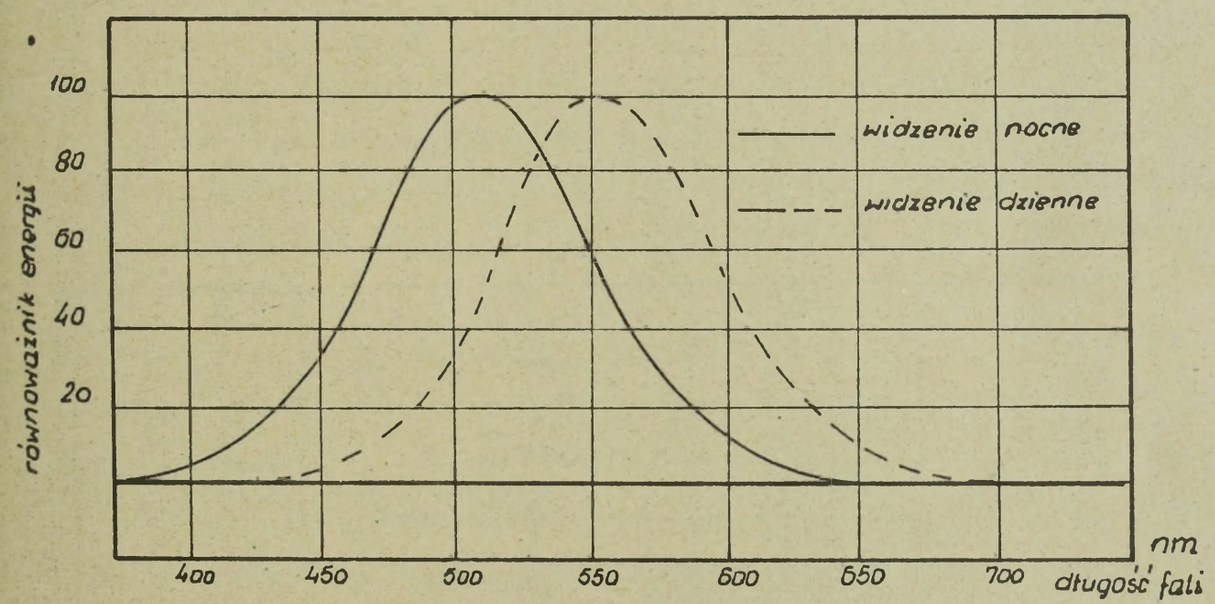
Dla celów praktycznych ustalono[2/], że ilość światła, przy której zaczyna się widzenie pręcikowe, odpowiada w przybliżeniu luminancji terenu w czasie bezksiężycowej nocy i przy niebie całkowicie zakrytym chmurami. Przy zwiększającym się oświetleniu widzenie pręcikowe słabnie i rozpoczyna się widzenie, podczas którego biorą udział pręciki i czopki /tzw. widzenie zmierzchowe - mezopowe/. Proces ten zaczyna się w przybliżeniu przy luminancji terenu przy bezchmurnym niebie i pełnym księżycu, a kończy się przy poziomie luminnancji bezchmurnego nieba w kwadrans po wschodzie Słońca; stwarzając tym samym warunki do prowadzenia obserwacji wzrokowej w dzień.

---

1/ F.H. Adler: Fizjologia oka. Op.cit., s.810.
2/ Tamże.

Gdy oko adaptowane do ciemności zostanie wystawione na działanie światła o umiarkowanym natężeniu, jego wrażliwość natychmiast maleje. Adaptacja do światła rozwija się bardzo szybko. Największe zmiany we wrażliwości oka następują w pierwszych 20 s. W ciągu następnych 60-120 s. spadek jej jest znacznie wolniejszy. Natomiast na pełną adaptację wzroku do światła potrzeba 6-8 min.[1/].

Najmniejszy absolutny próg wzrokowy odnosi się do światła o długości 507 nanometrów /zielonkawoniebieskie/. W jednostkach oświetlenia próg ten wynosi 0,00001 apostilba[2/], zależy to jednak głównie od czasu trwania bodźca. Najniższą wartość progową w widzeniu czopkowym /dziennym/ uzyskuje się przy działaniu żółtawozielonej części widma, czyli światła o długości około 550 nanometrów, /rys. 19/.




Rys.19. Krzywe widzialności /skuteczności świetlnej/ /wg Besta i Taylora/.

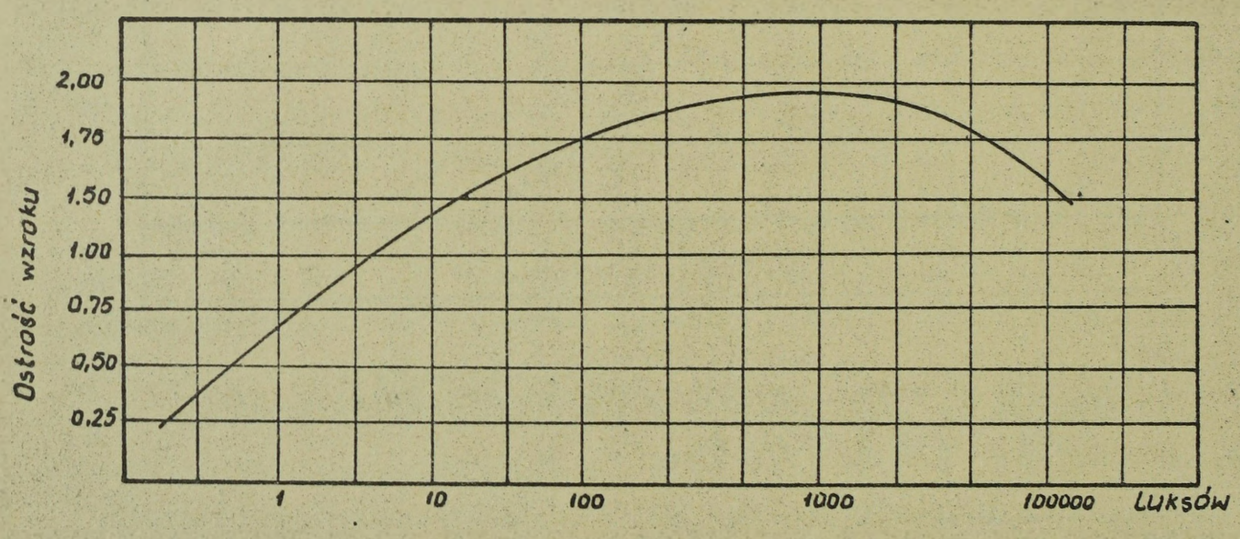
---

1/ W.Pol: Wpływ gwałtownych zmian natężenia światła na receptory wzrokowe. "Lekarz Wojskowy" 1955, nr 9 i 1956, nr 7. Podczas badania pilotów określa się tylko pierwszą fazę adaptacji, która w przypadku 30 s olśnienia wzroku o natężeniu 700 luksów powinna wynosić około 60 s.

2/ Por. Jednostki świetlne, załącznik 24.

Ostrość wzroku jest to zdolność widzenia bardzo małych przedmiotów o minimalnej widoczności. W rozpoznaniu wzrokowym ostrość wzroku ma ogromne znaczenie, gdyż wiąże się ze zdolnością widzenia rozdzielnie dwóch bardzo zbliżonych do siebie punktów lub linii równoległych, znajdujących się w określonej odległości od oka. Jest to tak zwana zdolność rozdzielcza, która pozwala na dostrzeganie i rozróżnianie najmniejszych szczegółów otoczenia, będących najczęściej podstawą wykrycia bądź rozpoznania obiektu. Właściwość ta może być mierzona i wyrażana przez odwrotność kąta widzenia, zawartego między dwoma punktami znajdującymi się w takiej odległości od siebie, przy jakiej widziane są rozdzielnie. Przyjmuje się, że dla zdrowych oczu kąt ten wynosi 30 do 60 sekund kątowych. Wartość progu rozróżniania zależy od wielu czynników. Do głównych zaliczyć należy oświetlenie i kontrast, jaki tworzy obiekt z otoczeniem oraz warunki, w jakich prowadzona jest obserwacja.

Wzrost ostrości wzroku pod wpływem nasilania oświetlenia wynika przede wszystkim z faktu powiększania się obszaru siatkówki odbierającego bodźce świetlne oraz ze zmniejszania efektu aberracji, powodowanego zmniejszaniem się źrenicy oka.

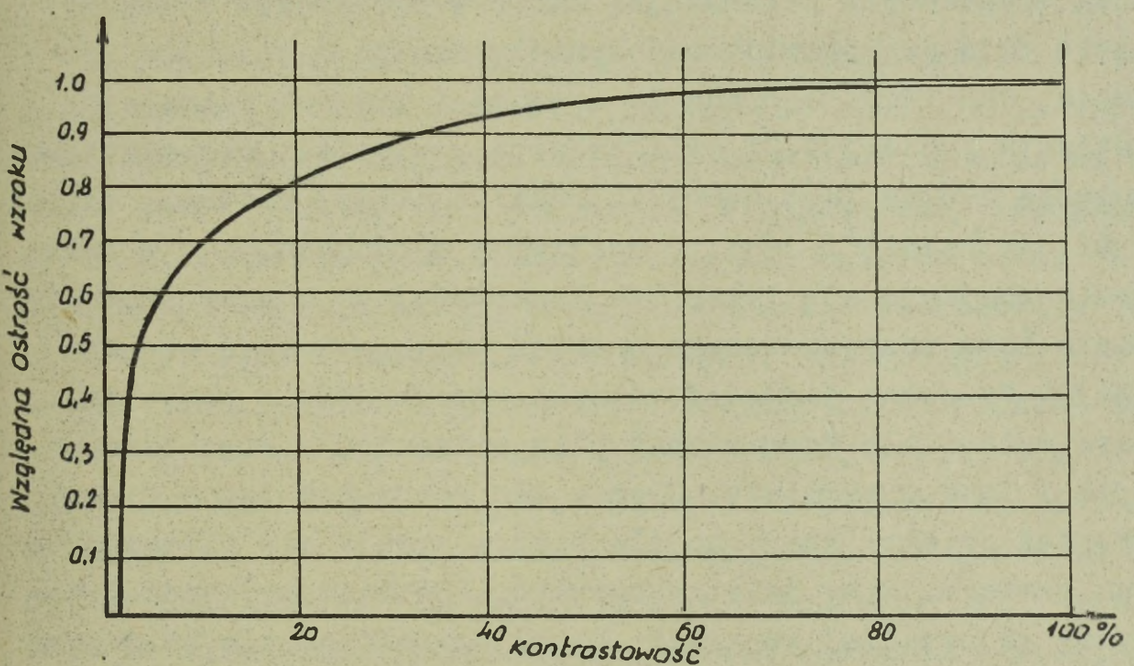



Rys.20. Zależność ostrości wzroku od oświetlenia.

Kontrast należy do tych czynników, które w rozpoznaniu mają decydujące znaczenie. Poza jego wpływem na możliwość wyróżniania obiektów w terenie, w dużym stopniu oddziałuje on również na zmiany ostrości wzroku. Jak z badań wynika, przy kontrastowości do 5% /dla rozróżniania dwóch obiektów potrzeba 1%/ ostrość wzroku jest stała, zaś przy dalszym wzroście zmienia się zgodnie z zależnością:[1/]

$$y = /x - 0{,}050/^{0{,}162}, \qquad /35/$$

osiągając maksimum przy kontraście około 95% /rys.21/.




Rys. 21. Zależność ostrości wzroku od kontrastowości.

Przytoczoną ostrość wzroku /30-60'/ człowiek osiąga w warunkach możliwości skupienia uwagi na oglądanym przedmiocie. W warunkach lotu pełne skupienie uwagi na przedmiocie rozpoznania nie jest możliwe. Wynika to z ruchu samolotu /konieczność jego pilotowania/ oraz obserwacji obiektów z lewej lub prawej strony, co powoduje konieczność obrotu głowy lub przynajmniej zmian kierunku patrzenia. Niezależnie od sposobu obserwacji następuje wówczas zmiana położenia gałek ocznych /w lewo lub w prawo/, a tym samym ograniczenie pola widzenia /np. przez nos/.

---

1/ F.H. Adler: Fizjologia oka. Op.cit., s.783.

Jak się okazuje [1], w czasie lotu ostrość wzroku pilota stale się zmienia i wynosi podczas obserwacji na wprost około 3 minuty kątowe, przy zmianie ustawienia gałek ocznych pod kątem $10^{o}$ - 10 minut kątowych, a pod kątem $30^{o}$ - 24 minuty kątowe. W przypadku wystąpienia wibracji następuje pogorszenie ostrości wzroku o $25^{o}/oo$.

Oko, podobnie jak inne narządy zmysłu, nie tylko dostarcza informacji o natężeniu światła, lecz również o występujących różnicach natężeń. Informacje te, wspólnie z innymi, leżą u podstaw zdolności rozpoznawania obiektów. Dzięki możliwości oceny, który z obiektów jest jaśniejszy /ciemniejszy/, oko dostarcza dodatkowych informacji, które w połączeniu z innymi, stanowią podstawę prawidłowej syntezy danych o obiekcie rozpoznania. Oko przystosowane do ciemności wykrywa różnice w oświetleniu poniżej 0,01 mililamberta, natomiast oko adaptowane do światła zdolne jest uchwycić różnice między bodźcami milion razy silniejszymi [2]. Jest to możliwe w warunkach, gdy w polu widzenia znajdują się tylko dwa kontrastujące z sobą elementy. W czasie lotu rozpoznawczego w dzień takie sytuacje się nie zdarzają. Na ocenę jasności różnych przedmiotów z powietrza wywiera wpływ cała "zawartość" pola widzenia, a więc zarówno tło jak i inne przedmioty. Ciemne tło rozjaśnia jasne przedmioty, zaś obiekty szare na tle białym wydają się ciemniejsze niż na czarnym. Przy świetle barwnym, kontrastom jasności towarzyszą najczęściej kontrasty barw. Szarość na tle kolorowym nabiera zabarwienia dopełniającego kolor tła - jest całkiem inna na tle zielonym niż na czerwonym.

Istotne znaczenie w wykorzystaniu oka jako "przyrządu obserwacji" mają kształty, barwy oraz stopień ruchliwości obiektu obserwacji.

Fakt, że mózg wyodrębnia długie, ciągłe linie sprawia, że w czasie obserwacji z powietrza najłatwiej dostrzega się linie kolejowe i wyraźne, nie przerywane kontury przedmiotów. Możliwości oka w spostrzeganiu takich obiektów są bardzo duże; może ono dostrzec cienką linię, zajmującą w polu widzenia kąt

---

1/ R. Błoszczyński: Psychologia lotnicza. Warszawa 1977, s.18.
2/ G.M. Wyburn; R.W. Pickford: Zmysły i odbiór wrażeń przez człowieka. Op.cit., s.108.

mniejszy od 1 sekundy kątowej /w przypadku przedmiotów o innych kształtach - 30-60/, to jest odcinek równy zaledwie 1/500000 część pola widzenia[1/]. Dlatego też z powietrza możemy dostrzec drogi, mosty, linię brzegową, drogi startowe, podczas gdy inne obiekty o nieregularnych zarysach, chociaż kilkakrotnie większe, pozostają niewidoczne. "Liniowość" obiektów zwiększa boczne oświetlenie. Sprawia ono z jednej strony zwiększenie kontrastu,z drugiej - wyróżnienie obiektów obserwacji z tła. Wykorzystując te właściwości, rozpoznanie powietrzne przy wschodzącym lub zachodzącym Słońcu może ujawnić wystające ponad podłoże przedmioty, które nigdy nie uwidoczniłyby się w godzinach południowych.

W świetle dziennym większość przedmiotów obserwacji ma jakąś barwę. Tracą one tę właściwość, gdy oświetlenie spada poniżej określonego poziomu. Widzenie barw jest zależne od mechanizmu oka, który działa, jak wynika z poprzednich rozważań, tylko przy wysokich natężeniach światła. Ponadto barwy obserwowanych przedmiotów zależą od ich zdolności absorbowania jednych i odbijania innych fal świetlnych. Ogólnie przyjmuje się, że oko ludzkie może z łatwością rozróżnić osiem różnych barw widma, a mianowicie:czerwoną, pomarańczową, żółtą, zieloną, niebiesko-zieloną, niebieską, indygo, fioletową. Każda z nich rozciąga się na niedużą rozpiętość długości fal i nie ma pomiędzy nimi ściśle określonej granicy. Długości fal i rozpiętości odpowiadające przytoczonym barwom zestawiono w tabeli 17.

Tabela 17

Długości i rozpiętości fal widma widzialnego

| Barwa | Długość fali nm | Rozpiętość nm |
|---|---|---|
| czerwona | 700 | 650-750 |
| pomarańczowa | 610 | 610-640 |
| żółta | 580 | 550-630 |
| zielona | 510 | 500-540 |
| niebieska | 470 | 420-500 |
| fioletowa | 420 | 400-420 |

1/ E.G. Boring: Psychologia. Warszawa 1960, s.37.

Porównując krzywe widzialności /skuteczności świetlnej, rys. 19/ oraz przytoczone dane nietrudnó wyróżnić barwy obiektów najlepiej widzialnych w dzień. Jest to barwa żółto-zielona. Ona to bowiem odpowiada długości fali 550 nanometrów, na którą oko w warunkach dziennych jest najbardziej wrażliwe.

Wbrew pozorom, wyróżnienie z tła obiektów żółtych lub zielonych jest sprawą trudną. Wynika to z faktu odbioru przez człowieka "mieszaniny barw" dostarczanej przez otoczenie. W warunkach lotu rozpoznawczego ma to miejsce w większości przypadków. Właśnie barwę zbliżoną do zielonej /szarozielonej/ widzimy najczęściej. Właściwości te wykorzystuje się głównie podczas maskowania obiektów. Siatki maskujące, mundury polowe wykonuje się z tkaniny, której podstawowa barwa mieści się w granicach 540-560 nm /kolor khaki/. W innych przypadkach barwa obiektów zwiększa ich widzialność przez to, że wyodrębnia je z tła. Dzieje się to głównie wtedy, gdy obiekt i tło wyraźnie z sobą kontrastują. Na przykład: czerwony dach, piaszczystą drogę, betonową drogę startową, brzeg morski bardzo dobrze widać na tle szarozielonym.

Uogólniając należy stwierdzić, że barwa ułatwia wykrycie i rozpoznanie obiektów, będąc w ten sposób czynnikiem użytecznym we wzrokowym rozpoznaniu powietrznym w dzień.

Wykrycie ruchu obiektów może nastąpić po stwierdzeniu oznak pierwotnych ruchu, to znaczy po zmianie odległości między obiektami lub wtórnych,do których należy zaliczyć towarzyszące ruchowi pyły, kurze, ślady itp. Ruchów bardzo powolnych /bez oznak wtórnych/ nie można dostrzec. Z analizy literatury wynika, że możemy spostrzec ruch przedmiotu będącego w odległości 300 m, jeżeli porusza się on z prędkością nie mniejszą niż 2,5 m/s /około 9 km/h/. O spostrzeganiu ruchu obiektu, poza warunkiem jego widoczności, decyduje prędkość kątowa, która nie może być mniejsza od 0,3 minuty kątowej na sekundę.[1/]

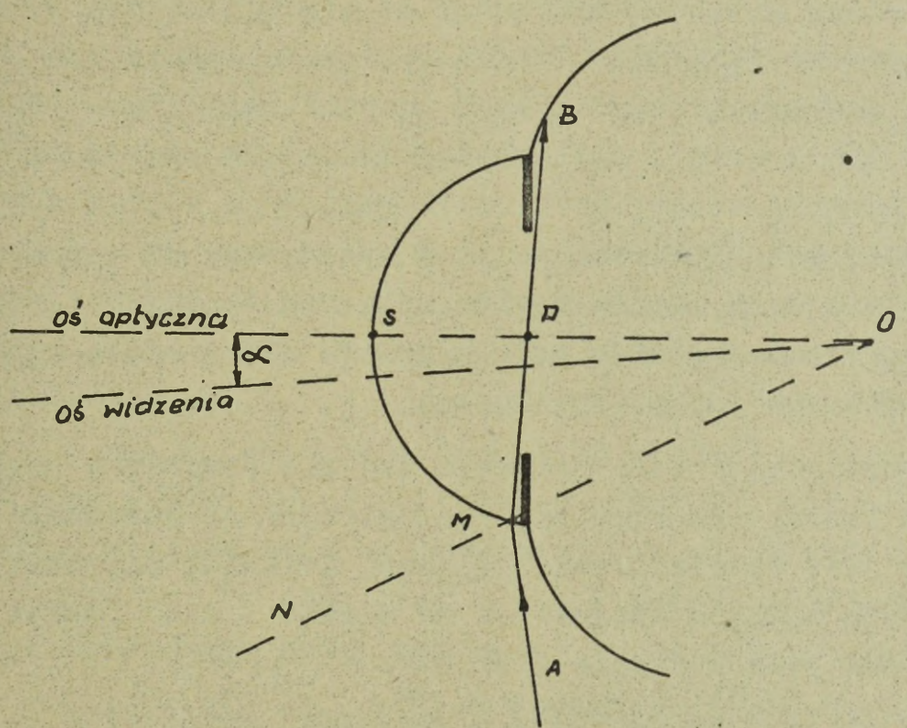
Możliwości obserwacji z samolotu są ponadto uzależnione od parametrów przestrzennych i czasowych oczu. Zasadniczym para-

---

1/ Psychologia lotnicza. Op.cit., s.18.

metrem przestrzennym oczu jako przyrządu optycznego jest pole obserwacji. Pole widzenia jednego oka obejmuje całą przetrzeń dostrzegalną dla oka fiksującego[1/] przy nieruchomej głowie. Granice jego są uwarunkowane anatomicznym kształtem oczodołu i nosa, oraz usytuowaniem oka w oczodole. Pole widzenia oka osadzonego głęboko w oczodole będzie mniejsze niż położonego płytko, a wydatny nos będzie powodował większe ograniczenia przyśrodkowego pola niż nos mały.

Teoretyczne granice pola widzenia określono dla oka schematycznego o promieniu krzywizny rogówki równym 8 mm i powierzchni tęczówki oddalonej od rogówki o 3,6 mm. Niezbędne obliczenia można wykonać, określając zależności pokazane na rysunku nr 22.




Rys.22. Teoretyczne granice pola widzenia.

1/ Pojęcie "fiksacja" oznacza tu jeden z podstawowych elementów fizjologii widzenia. Odruch "fiksacji" polega na takim ustawieniu gałek ocznych, w jakim ich osie optyczne przecinają się w miejscu oglądanego przedmiotu.
Zob. R. Rożniatowski: Mała encyklopedia medycyny. Warszawa 1979.

Krańcowy promień padający AM, który może dostać się do oka, załamuje się wzdłuż MB i przechodzi przez środek źrenicy, blisko płaszczyzny tęczówki; kąt między nim a osią optyczną jest niemal prosty. Zatem:

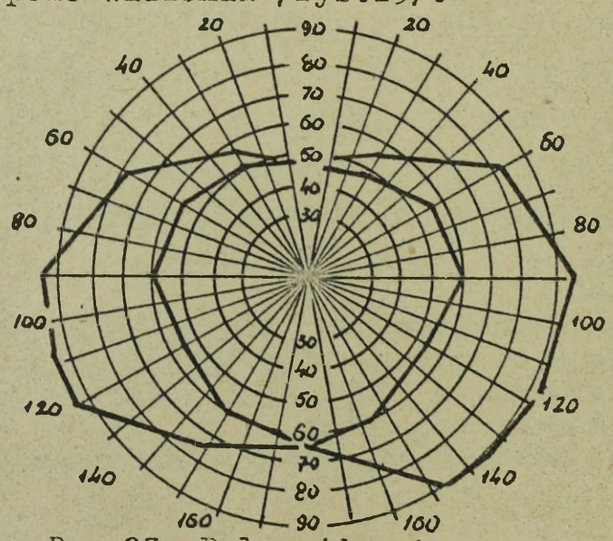
$$\cos MOP = \frac{OP}{OM} = \frac{4,4}{8} = 0,55$$

czyli $MOP = 56^{o}38'$.

gdzie: SO = 8 mm
SP = 3,6 mm
OP = 4,4 mm

Z rysunku widać, że padający skrajny promień AM w rogówce zostaje załamany i dalej biegnie w kierunku MB. Jeżeli przyjmiemy, że sinus kąta załamania PMO ma w przybliżeniu wartość równą cosinusowi kąta MOP i współczynnik załamania dla układu optycznego oka wynosi 1,336, to w konsekwencji sinus AMN = = 0,55 x 1,336 = 0,735, czyli kąt padania AMN wynosi $47^{o}17'$. Zatem kąt zawarty między promieniem padającym a osią optyczną wynosi około $104^{o}$. Ponieważ pomiary wykonywane są w odniesieniu do osi widzenia, która z osią optyczną tworzy kąt około $5^{o}$, to teoretyczne granice pola widzenia odpowiadają kątowi równemu około $109^{o}$ od strony bocznej.

W rzeczywistości pole widzenia oka nie przybiera postaci koła. Jego kształt uzależniony jest głównie od osadzenia oka i zbliżony jest do nieforemnej elipsy. Człowiek patrząc obojgiem oczu nakłada części pól na siebie i stąd powstaje tak zwane wspólne pole widzenia /rys.23/.



Rys.23. Pole widzenia oczu.

Wspólne pole widzenia jest rozszerzone w kierunku poziomym i ku dołowi, a ograniczone od góry. Przyjmując miarę kątową - w kierunku poziomym obejmuje ono 190°, a w linii pionowej 125°. Pole widzenia sięga od środka geometrycznego w dół do 66°, w górę zaś do 48°.

Powierzchnia płaszczyzny wspólnego pola ciągle się zmienia. Maksymalną wartość osiąga tylko podczas obserwacji na wprost. W każdym innym położeniu jest mniejsza. Przyjmuje się, że przy nieruchomej głowie, wykonując ruch oczami możemy przesuwać płaszczyznę obserwacji w górę o około 20-30°, w dół do 60-70°, natomiast w bok do 30°.

Najważniejszą częścią wspólnego pola widzenia jest jego część środkowa, w której następuje wspólne, obuoczne widzenie /spostrzeganie/. Obejmuje ono w płaszczyźnie poziomej około 120°, w linii pionowej około 110°. Jak więc widzimy, płaszczyzna ta zbliżona jest do koła o kącie wierzchołkowym promienia około 55°, a więc do teoretycznego pola widzenia jednego oka.

W opisanej powierzchni wspólnego pola widzenia oczu ostrość widzenia przedmiotów nie jest jednakowa. Wynika to z różnej światłoczułości tylnej części oka wewnętrznego - siatkówki. Jak wykazano wcześniej, największą czułość wykazuje żółta plamka i ona to zapewnia największą ostrość widzenia w granicach kąta 6-7°. Natomiast kąt w granicach którego zapewnione są wystarczające warunki obserwacji obiektów naziemnych, nie przekracza 40°, a więc jest o ponad połowę mniejszy od całkowitego obuocznego kąta obserwacji.

Do wskaźników czasowych oczu /narządu wzroku/ zaliczyć należy niektóre charakterystyczne czasy pracy oczu, składające się na czas niezbędny do stworzenia właściwego obrazu obserwowanego przedmiotu. Są to więc przede wszystkim czasy potrzebne na fiksację wzroku na nowym punkcie, przekazanie sygnału do ośrodków mózgowych, rozpoznanie obiektów oraz czas niezbędny do podjęcia decyzji. Z analizy literatury[1/] wynika, że wbrew

1/ W. Denisow, W.Oniszczenko: Psichofizjołogiczeskije wozmożnosti konsmonawtow po uprawleniju korablom i jego sistiemami /inżeniernaja psichołogija/. Moskwa 1966.

pozorom, czas nieodzowny do powstania obrazu rozpoznawczego przedmiotu jest stosunkowo długi. Średnia jego wartość waha się w granicach 2 s. Czas ten jest niezbędny do zebrania informacji o obiekcie oczekiwanym. Praktyka dowodzi, że podczas rozpoznania obiektów przypadkowych /niespodziewanych/ minimalny potrzebny czas jest większy i waha się w granicach 2-3 s. Na wydłużenie się czasu rozpoznania decydujący wpływ ma prędkość kątowa samolotu względem obiektu. Powoduje ona wzrokowe napięcia, utrudniające płynne ruchy gałek ocznych za przesuwającym się przedmiotem obserwacji. Zjawisko to zwane jest "oczopląsem kolejowym"[1/]. Polega ono na seryjnych ruchach oczu, składających się z fazy powolnej w kierunku pozornego ruchu krajobrazu oraz fazy szybkiej w kierunku przeciwnym, w czasie której pilot nie obserwuje obiektu. Stan „oczopląsu kolejowego" ma miejsce zawsze wtedy, gdy prędkość kątowa obiektu obserwacji przekroczy prędkość podążającą oczu. Największa prędkość poruszającego się obiektu, za którym mogą dokładnie nadążyć prawidłowo funkcjonujące oczy, wynosi około 30 stopni na sekundę.[2/]

Innym czynnikiem skracającym całkowicie czas rozpoznania jest mruganie samoistne. Jest to zwykła forma mrugania człowieka, który nie śpi. Następuje ono w krótkich odstępach czasu bez żadnych widocznych bodźców. Czynność ta może się zmieniać, zwłaszcza przy zmianach otoczenia. Duży wpływ na częstotliwość mrugania ma stan psychiczny. W okresach napięcia częstość mrugania znacznie się wzmaga.

Czas trwania całkowitego mrugnięcia wynosi około 0,3-0,4 sekundy. Przeciętna przerwa między mrugnięciami trwa u mężczyzn 2,8 sekundy / u kobiet nieco poniżej 4 s./[3/] W czasie samego aktu mrugania widzenie zostaje przerwane. Dlatego też mruganie w czasie lotu rozpoznawczego wykonywanego z dużą prędkością na małych wysokościach ma duże znaczenie praktyczne. Odsetek czasu, w którym widzenie ulega przerwaniu z powodu mrugania, nazwano wskaźnikiem zaciemnienia. Oblicza się go za pomocą następującego wzoru:

---

1/ F.H. Adler: Fizjologia oka. Op.cit., s.479.
2/ Tamże, s.514.
3/ Tamże, s.20.

$$Z = \frac{\text{Czas trwania mrugnięcia}}{\text{Przerwa między mrugnięciami}} \cdot 100 \qquad /36/$$

Przeciętnie dla osoby normalnej wynosi:

$$Z = \frac{0,3}{2,8}\ 100 = 10,7\% \approx 11\%$$

W czasie lotu w warunkach napięcia psychicznego wskaźnik ten jest przeciętnie dwukrotnie większy[1/]. Tak więc pilot przez około 1/5 czasu lotu nie odbiera wrażeń świetlnych. Przy dużych prędkościach może mieć to fatalne skutki. Na przykład: wykonując lot z prędkością 900 km/h, samolot w każdej sekundzie przebywa 250 m. Jeżeli pilot traci 20% sekundy na mrugnięcie, to samolot w czasie zaciemnienia przeleci 50 m. W tym czasie projekcja obiektu może tak ulec zmianie, że zniknie on całkowicie z pola widzenia. Mruganie samoistne należy do tych czynników, które wydłużają minimalny czas potrzebny na rozpoznanie obiektu.

Kolejnym czynnikiem skracającym czas obserwacji jest konieczność kontrolowania przez pilota parametrów lotu. Z analizy literatury wynika, że w czasie lotu horyzontalnego kontroluje on przyrządy średnio około 9-10 razy w ciągu minuty, zużywając na to około 30% czasu lotu. Z powyższego wynika, że tylko 70% czasu pilot może przeznaczyć na obserwację terenu.

Przenoszenie wzroku z obiektu rozpoznania na przyrządy kontrolne i odwrotnie, powoduje ujemne w skutkach zjawisko zwane powidokami. Spowodowane jest ono dużą różnicą oświetlenia na zewnątrz i wewnątrz kabiny samolotu, zwłaszcza podczas lotu pod Słońce. Zjawisko powidoku polega na tym, że po zadziałaniu bodźca świetlnego w polu widzenia zjawia się ponownie obraz źródła światła. Czas powidoku jest różny; zależy od natężenia i czasu olśnienia oczu. Jak podaje W. POL w swojej książce "Zagadnienia okulistyki lotniczej", czas średni całego powidoku przy olśnieniu w czasie 3 s wynosi aż 3 min. 48 s. Z tego też powodu właściwy wybór trasy lotu w zależności od kąta padania promieni słonecznych może mieć decydujący wpływ na wykonanie zadania sposobem obserwacji wzrokowej.

---

1/ Z wywiadu przeprowadzonego przez autora w Wojskowym Instytucie Medycyny Lotniczej.

Uogólniając przeprowadzone rozważania należy stwierdzić, że rozpoznanie obiektów, a więc dostrzeganie ich szczegółów, wymaga spełnienia następujących warunków: oświetlenia, kontrastu oraz ciągłości linii i konturów.

Przytoczone w tekście wskaźniki, charakteryzujące sprawność oka, zestawiono w tabeli 18.

Tabela 18

Wskaźniki sprawności narządu wzroku

| Rodzaj wskaźnika | Jedn.miary | Wielkość |
|---|---|---|
| Zakres widzialnej części widma | nanometr | 400-800 |
| Średnica źrenicy | mm | 1,5-7,5 |
| Współczynnik załamania układu optycznego oka | | 1,336 |
| Punkt dali | m | 6 |
| Punkt bliży /w zależności od wieku/ | cm | 7-40 |
| Próg wzrokowy absolutny | $cd/m^2$ | 0,0000032 |
| Maksymalne odbierane oświetlenie | $cd/m^2$ | $0,32\ 10^5$ |
| Próg rozróżniania | sek./kąt./ | 30-60 |
| Minimum kontrastu dla rozróżnienia dwóch obiektów | % | 1 |
| - na wprost | min./kąt./ | 3 |
| - w stronę pod kątem $10^o$ | min./kąt./ | 10 |
| - w stronę pod kątem $30^o$ | min./kąt./ | 24 |
| Obniżenie ostrości wzroku przy działaniu wibracji | % | 25 |
| Zdolność spostrzegania ruchomych przedmiotów | '/s | 0,3 |
| Czas adaptacji do światła | min. | 6-8 |
| Średni niezbędny czas fiksacji wzroku na nowym punkcie | s | 0,167 |
| Czas przekazania bodźca do mózgu | s | 0,03-0,3 |
| Czas rozpoznania przedmiotu | s | 0,5 |
| Czas niezbędny do powzięcia decyzji | s | 1 |
| Wielkość ruchu oka w każdą stronę | stopnie | 50 |
| Największa ostrość widzenia oka w sektorze | stopnie | 6-7 |
| Sektor dobrej widzialności oka | stopnie | ok.40 |

Przeprowadzona analiza i ocena oka ludzkiego upoważnia do stwierdzenia, że do głównych parametrów obserwacji wzrokowej należą czas oraz promień obserwacji. Czynnikiem zasadniczym w tym przypadku jest czas obserwacji, którego wartości minimalnej, wynoszącej około 3-4 s, przekroczyć nie można. Z powyższego wynika, że czas obserwacji jest jednym z podstawowych elementów funkcji prawdopodobieństwa wykrycia. Natomiast do czynników zewnętrznych, mających decydujący wpływ na wartość parametrów obserwacji wzrokowej, zaliczyć należy: widzialność, oświetlenie oraz warunki lotu. Z analizy omawianych parametrów wynika, że występuje między nimi współzależność. W związku z tym należy rozpatrywać je razem, a ich wartości zmienne powinny stanowić podstawowe wartości, uwzględniane podczas określania prawdopodobieństwa wykrycia.

x

x x

Nietrudno zauważyć, że w rozdziale pierwszym przedstawiono tylko proponowane kryteria podziału obiektów rozpoznania oraz wskazówki i uwarunkowania, którymi należałoby się kierować, prowadząc klasyfikację tych przedmiotów. W rzeczywistości autor już od początku badań dokonywał analizy i oceny istoty podziału obiektów rozpoznania; wyniki tej pracy wykorzystuje się w drugim rozdziale rozprawy.

Szersze potraktowanie warunków, w jakich może być prowadzone wzrokowe rozpoznanie powietrzne w dzień, a także omówienie możliwości oka ludzkiego uznano za konieczne z uwagi na to, że w kwestiach tych jest wiele kontrowersyjnych poglądów, a nawet niejasności. Wobec tego nie można było formułować teoretycznych podstaw modelowania skutecznego rozpoznania powietrznego, co czyni się w rozdziale drugim. Rozpatrywane elementy warunków zewnętrznych traktuje się jako główne, a zarazem możliwe do ujęcia matematycznego, innymi słowy - wymierne. Ponadto o warunkach tych można uzyskać względnie wiarygodne informacje, co determinuje prowadzenie kalkulacji skuteczności rozpoznania.

## 2. KRYTERIA I WSKAŹNIKI SKUTECZNOSCI WZROKOWEGO ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO ORAZ ICH OKRESLANIE

Pozornie może się wydawać, że tytuł rozdziału drugiego pozostaje w sprzeczności z tematem pracy. W rzeczywistości przyjęty on został świadomie, ponieważ reguły ustalania skuteczności rozpoznania powietrznego zawarte w tym rozdziale mają charakter obiektywny, niezależny od sposobu, jaki jest stosowany w rozpoznaniu powietrznym.

Tok postępowania podczas rozwiązywania zadań rozpoznania powietrznego nie zależy od sposobu rozpoznania. W toku badań okazało się, że oko człowieka wykorzystywane jest w rozpoznaniu podobnie jak obiektyw aparatu fotograficznego, antena stacji radiolokacyjnej itp. Oczywiście, przy braku oświetlenia człowiek nic nie dostrzega, natomiast aparatura radioelektroniczna może zbierać takie informacje, jak oko przy oświetleniu słonecznym. Istnieją różnice ilościowe i jakościowe możliwości rozpoznania, co musi być uwzględniane w procesie rozwiązywania zadań taktycznych. Nie wykluczają one jednak kolejności działań rozwiązujących te zadania. Pozostając w zgodzie z tematem, w treści rozdziału drugiego główną uwagę autor przywiązuje do omówienia założeń teoretycznych rozwiązywania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego.

Aby móc określić warunki, w jakich będzie osiągana największa skuteczność rozpoznania określonymi siłami lub siły niezbędne do wykonania zadania z określoną skutecznością w danych warunkach, konieczne jest posiadanie obiektywnych miar. Miarami tymi powinny być wskaźniki jakościowo-ilościowe skuteczności rozpoznania.

Autor doszedł do wniosku, że przede wszystkim konieczne jest sformułowanie kryteriów oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego. Kolejnym problemem było określenie wskaźników, za pomocą których, w ramach przyjętych kryteriów, można dokonać kalkulacji, zmierzających do rozwiązania dowolnych zadań taktycznych. Rozwiązania w każdym przypadku mają dać odpowiedź na pytanie: który z możliwych wariantów działań zapewnia największą skuteczność bądź ekonomiczność sił?

Kierując się tak rozumianym celem, autor proponuje ustalanie kryteriów i wskaźników oceny skuteczności rozpoznania w kolejnych punktach rozdziału.

## 2.1. Kryteria oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego

### 2.1.1. Ogólne wymagania dotyczące kryteriów oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego

Wybór właściwych kryteriów - mierników, zapewniających ocenę skuteczności wykonywanych zadań bojowych powinien być, zdaniem autora rozprawy podporządkowany przedmiotowi oceny, możliwościom przeprowadzenia oceny oraz założonemu celowi jej oceny.

W przypadku wzrokowego rozpoznania powietrznego przedmiotem oceny może być zarówno sam proces realizacji zadania bojowego, jak też uzyskany w jego rezultacie wynik. W pierwszym przypadku celem oceny może być sprawdzenie zgodności działania z planem oraz ustalenie, czy działanie to zapewni osiągnięcie założonego celu; w drugim - udzielenie odpowiedzi na pytanie: czy osiągnięty wynik jest zbieżny z oczekiwanym?

Ponadto sprecyzowane kryteria oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego powinny odpowiadać wielu innym wymaganiom. Do najważniejszych z nich zalicza się:[1/]

a/ reprezentatywność kryterium, tzn. umożliwienie oceny skuteczności całego przyjętego do rozważań systemu, a nie tylko jego poszczególnych elementów. Ocena skuteczności zadań podstawowych, a więc tych, które wykonuje cały system, pozwoli na wyciągnięcie wniosków zasadniczych. Wybór kryterium zapewniającego ocenę tylko podsystemu /elementu, zadania cząstkowego/ może doprowadzić do uwzględnienia w ocenie /przynajmniej częściowo/ zadań drugorzędnych, a w konsekwencji do błędnego jej wyniku. Ponadto w kryterium powinny znaleźć pełne odzwierciedlenie założone cele i sprecyzowane dla rozpoznania powietrznego zadania;

---

1/ J. Czujew: Badania operacji w wojsku. Warszawa 1972, s.74.

b/ krytyczność kryterium w stosunku do parametrów określających działanie badanego systemu, skuteczności tzn. umożliwienie pomiaru badanych procesów wzrokowego rozpoznania powietrznego nawet przy małych zmianach ich parametrów. Im kryterium jest "czulsze" na zmiany parametrów, tym ocena jest dokładniejsza, bardziej obiektywna;

c/ możliwie duża prostota kryterium, co oznacza, że złożoność kryterium powinna odpowiadać złożoności ocenianego systemu /podsystemu, elementu/ wzrokowego rozpoznania powietrznego. Kryterium posiadające tę cechę powinno zapewnić "pomiar" zasadniczych wielkości oraz łatwość oceny. Wprowadzenie do niego wielkości dodatkowych, drugorzędnych, może zwiększyć złożoność kryterium, a tym samym skomplikować ocenę. W każdym przypadku wzrost złożoności kryterium utrudnia właściwą interpretację wyników;

d/ możliwość oceny wszystkich głównych elementów badanego systemu.

Wskazane jest, by kryterium było jedno do oceny wszystkich procesów badanego systemu. Rozwiązanie tego samego zadania przy dwu kryteriach jest trudne. Ponadto może to doprowadzić do uwzględnienia wszelkiego rodzaju nieuzasadnionych założeń, a w konsekwencji do błędnego wnioskowania. W przypadku nieuwzględnienia wszystkich głównych elementów systemu rozpoznania powietrznego może nastąpić zniekształcenie oceny jego efektywności.

### 2.1.2. Przyjęte założenia wyboru kryteriów oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego

Intensywny rozwój techniki bojowej oraz sposobów użycia na współczesnym polu walki wymaga ciągłego doskonalenia metod planowania i organizowania działań bojowych oraz skutecznego użycia posiadanych sił i środków. Dotyczy to również lotnictwa rozpoznawczego. Zachodzi zatem potrzeba posiadania odpowiedniego "narzędzia", zapewniającego dowódcom i sztabom ocenę możliwości bojowych podległych im sił rozpoznawczych, oraz umożliwiającego określenie prognostycznego wyniku ich użycia.

Narzędzi takich dostarczają nam badania operacyjne,które przede wszystkim pozwalają na wybór uzasadnionej metody. oceny skuteczności planowanego i realizowanego w ramach tego planu wzrokowego rozpoznania powietrznego. Ponadto umożliwiają one - na podstawie przyjętych założeń dotyczących celu i przedmiotu oceny - sprecyzowanie obiektywnej i prostej w zastosowaniu miary realizowanych przedsięwzięć. Miarą tą są przyjęte kryteria oceny, które - wyrażone wartościami liczbowymi wskaźników /prawdopodobieństw zdarzeń, wartości oczekiwanych/ - pozwalają na stwierdzenie czy osiągnięty rezultat lub podjęte decyzje są właściwe.

Wybór mierników stanowiących podstawę oceny rozpatrywanego systemu wzrokowego rozpoznania powietrznego jest bardzo złożony. W dotychczas publikowanej literaturze przedmiotu nie znajdujemy jednoznacznie określonego ogólnego kryterium. Sądzić jednak należy, że wybór kryteriów oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego odpowiadać powinien tym samym zasadom, które są stosowane podczas wyboru kryteriów oceny innych operacji. Zdaniem autora rozprawy jet to w pełni uzasadnione,gdyż niezależnie od charakteru zadania rozpoznawczego oraz ilości sił biorących udział w realizacji tego zadania, lot rozpoznawczy z punktu widzenia wymogów badań operacyjnych stanowi "operację". Wynika to z faktu, że realizacja zadania rozpoznawczego stanowi układ przedsięwzięć /działań zamierzonych/ zespolonych jednym zamiarem i zmierzających do osiągnięcia określonego celu.

Takie ujęcie problemu pozwala na rozpatrzenie poszczególnych zagadnień niezależnie od szczebla dowodzenia, bowiem przebieg każdej operacji jest analizowany, planowany i przewidywany w różnych warunkach, z których przynajmniej część da się z góry określić.

Z analizy literatury oraz przeprowadzonych przez autora badań w jednostkach lotniczych wynika, że kryteria oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego powinny mieć ścisły związek z podstawowymi zasadami sztuki operacyjnej, z których na plan pierwszy wysuwa się zasada ekonomicznego użycia posiadanych sił i środków. Takie ujęcie problemu uwarun-

kowane jest głównie czynnikami wynikającymi z charakteru współczesnego pola walki, na którym ilość zadań rozpoznawczych przekracza możliwości posiadanego przez walczące strony lotnictwa rozpoznawczego. Wynika z tego generalny wniosek, że rozpoznanie musi być prowadzone w sposób ekonomiczny.

### 2.1.3. Kryteria oceny skuteczności /efektywności/ wzrokowego rozpoznania powietrznego

Skuteczność dowolnego działania oceniana jest zawsze na podstawie stopnia osiągnięcia celu działania oraz poniesionych kosztów.[1/] Można w związku z tym uznać, że efektywność wzrokowego rozpoznania powietrznego będzie tym większa, im wyższy osiągnie się stopień realizacji zadania rozpoznawczego i im mniejszy będzie wydatek posiadanych sił. Nie upoważnia to jednak do twierdzenia, że optymalizacja wzrokowego rozpoznania powietrznego polega na zdobywaniu maksymalnej ilości informacji minimalnymi siłami, gdyż działanie takie w ostatecznym rozrachunku prowadzi do sprzeczności. Nie można bowiem osiągnąć czegoś najwięcej wydatkując przy tym najmniej, ponieważ z reguły zwiększonym zadaniom towarzyszyć musi wzrost nakładów.

Planując zadania bojowe dla jednostek lotnictwa rozpoznawczego, w każdym przypadku dążymy do ekonomicznego użycia sił /obniżenia kosztów/ lub do takiego wykorzystania posiadanych sił, aby uzyskane rezultaty osiągnęły w danych warunkach maksymalną wartość.

Biorąc za podstawę powyższe stwierdzenia oraz przyjęte założenia wyboru kryteriów, autor rozprawy proponuje, aby skuteczność wzrokowego rozpoznania powietrznego oceniać według dwóch podstawowych mierników:

a/ stopnia wykonania zadania bojowego,

b/ wydatku sił i środków na wykonanie zadania bojowego.

---

1/ M. Ciechanowicz, Z. Folcik, Cz.Gozdecki, Z. Rączka, J. Skibiński, A. Zoń: Wybrane metody optymalizacji decyzji. Warszawa 1969, s.97.

Tak sprecyzowane kryteria oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego pozwalają rozwiązać każde zadanie według następującego schematu: optymalizując jedną wartość zadania rozpoznawczego, np. stopień wykonania zadania bojowego, czynimy to dla stałej liczby sił wydzielonych do jego wykonania lub mając ustalony stopień wykonania zadania dążymy do osiągnięcia go minimalnymi siłami.

Pierwsze kryterium - stopień wykonania zadania bojowego - określa poziom /granicę/, który w trakcie wykonywania zadania należy osiągnąć. Oceniając skuteczność wykonania zadania według tego kryterium, porównujemy osiągnięty rezultat z założonym /zaplanowanym/. Jeżeli ustalony stopień wykonania zadania bojowego został w rzeczywistości osiągnięty lub przekroczony, oceniane zadanie uważamy za efektywnie wykonane. W przypadku odwrotnym, gdy działalność w ramach postawionego zadania nie pozwoliła na osiągnięcie pożądanego /zaplanowanego/ rezultatu, zadanie takie można zaliczyć do zadań nieefektywnie zrealizowanych /częściowo wykonanych, niewykonanych/.

Podstawowymi wskaźnikami skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego ocenianego według stopnia wykonania zadania bojowego są:

- prawdopodobieństwo wykonania zadania bojowego,
- oczekiwana /średnia/ część rozpoznanej powierzchni,
- oczekiwana /średnia/ liczba wykrytych elementów /parametrów/ obiektu.

Im większe wartości posiadają te wskaźniki, tym większa jest skuteczność wzrokowego rozpoznania powietrznego. W celu praktycznego wykorzystania wskaźników do oceny skuteczności wykonywanych zadań rozpoznawczych ich wartości mogą być ujmowane, podobnie jak średnie normy możliwości bojowych załóg[1/], w dokumentach normatywnych obowiązujących w lotnictwie rozpoznawczym. Mogą być również każdorazowo określane przez dowódcę stawiającego zadanie bojowe.

Drugie kryterium - wydatek sił i środków na realizację zadania bojowego - umożliwia ocenę skuteczności wykonania zadań

---

1/ Taktyka lotnictwa rozpoznawczego. Wyd.Szt.Gen. 1978, załącznik.

rozpoznawczych według ponoszonych kosztów. Pozwala ono przede wszystkim dowódcy ocenić możliwości bojowe podległych sił, a tym samym określić prognostyczny rezultat w przypadku ich użycia. Porównując ilość sił posiadaną lub wydzieloną do wykonania zadania bojowego z ilością obliczoną określić można przewidywany stopień wykonania zadania bojowego /oczekiwany rezultat/. Jeżeli wydzielona ilość sił jest większa od obliczonej, można uważać z dużym prawdopodobieństwem, iż zadanie zostanie wykonane w pełni, a więc skutecznie. Jeśli natomiast wydzielona /posiadana/ ilość sił jest mniejsza od obliczonej, oczekiwany rezultat ich działania będzie z zasady mniejszy od pożądanego; zadanie zostanie w takim wypadku wykonane częściowo, a więc nieskutecznie.

Do głównych wskaźników skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego, ocenianego według wydatku sił i środków zaliczyć możemy:

- oczekiwaną /potrzebną/ do wykonania zadania liczbę samolotów;
- oczekiwane straty własne;
- oczekiwaną /potrzebną/ liczbę lotów rozpoznawczych.

Im większe wartości liczbowe posiadają te wskaźniki, tym większe będą koszty działania /mniejsza efektywność/.

Przedstawione kryteria oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego mogą być wykorzystywane razem i oddzielnie. Zależy to od przedmiotu oceny i jej zakresu. Z przeprowadzonych przez autora rozprawy badań wynika, że w procesie planowania działań bojowych lotnictwa rozpoznawczego dowódcy i sztaby w większości przypadków rozwiązują dwa zadania:

- określają ilość sił potrzebną do wykonania postawionego zadania bojowego,
- określają możliwości bojowe podległych sił.

W takich sytuacjach w celu oceny skuteczności planowanych zadań rozpoznawczych zastosowanie mają obydwa kryteria. W przypadku, gdy znane są możliwości bojowe podległych sił, skuteczność wzrokowego rozpoznania powietrznego jest oceniana według drugiego kryterium.

Proponowane przez autora rozprawy kryteria oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego nie są jedynymi.

Można na przykład przyjąć kryteria oceny poszczególnych operacji /procesów/ lub elementów, a nie ogólne dla całego systemu. Z analizy systemu rozpoznania powietrznego oraz jego możliwości wynika, że przyjmując kryteria oceny np. cząstkowe, umożliwiające ocenę jednego z elementów badanego systemu można doprowadzić do przecenienia lub niedocenienia któregoś z elementów w rozważanym systemie. W efekcie końcowym osiągnięte wyniki mogłyby doprowadzić do mylnych wniosków, a tym samym niespełnienia warunku wynikającego z przedmiotu badań, to jest skutecznego użycia sił lotnictwa rozpoznawczego.

Dowódca i sztab oceniający skuteczność i efektywność planowanych i realizowanych zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego powinni wybierać takie wskaźniki, które w pełni odzwierciedlają skuteczność tych zadań. Będzie to możliwe w przypadku, gdy wybrane kryterium oraz zastosowane wskaźniki w pełni uwzględnią te czynniki, które w ocenianych zadaniach mają decydujący wpływ na ich skuteczne i efektywne wykonanie.

Tak więc dowódca i planujący z nim zadania rozpoznawcze sztab muszą wziąć pod uwagę istniejące zależności pomiędzy kryteriami oceny a czynnikami determinującymi skuteczność wykonywanych zadań, a więc zadość uczynić funkcji kryterium. Jej zapis w formie równania funkcyjnego ma postać:

$$F_k = F\,[n_s;\ N;\ P_{wz}/P_{ti};\ P_w;\ Q_{OPL};\ P_i/;\ M_r/S_r;\ S_D;\ L;\ X/;\ N_n;\ N_R;\ n_a;\ n_{sn}] \qquad /37/$$

gdzie: $n_s$ - ilość samolotów uwzględniana w obliczeniach /możliwa do użycia/,

$N$ - maksymalna ilość samolotów, które mogą jednorazowo wystartować,

$P_{wz}$ - prawdopodobieństwo wykonania zadania,

$P_{ti}$ - prawdopodobieństwo niezawodnej pracy środka rozpoznania,

$P_w$ - prawdopodobieństwo wykrycia,

$Q_{OPL}$ - prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela,

$P_i$ - prawdopodobieństwo przekazania informacji,

$M_r$ - oczekiwana /średnia/ część rozpoznanej powierzchni lub liczba rozpoznanych elementów /parametrów/ obiektu,

$S_r$ - rozpoznana powierzchnia /nakazana, możliwa/ przez jedną załogę,

$S_D$ - całkowita powierzchnia rejonu rozpoznania,

L - szerokość pasa skutecznego rozpoznania,

X - ilość elementów obiektu,

$N_n$ - oczekiwana /średnia/ liczba lotów możliwych do wykonania,

$N_R$ - oczekiwana /średnia/ ilość lotów, w których załogi dotrą do rejonów rozpoznania,

$n_a$ - oczekiwane straty /własne/,

$n_{sn}$ - ilość samolotów wydzielona /potrzebna/ do wykonania zadania bojowego.

Wykorzystanie funkcji kryterium w ocenie skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego wymaga jej sprecyzowania, gdyż jej ogólna forma nie umożliwia oceny konkretnego zadania taktycznego.

Zdaniem autora, przeprowadzona w rozdziale pierwszym charakterystyka obiektów oraz ich podział na grupy i klasy, jak również omówione w rozdziale drugim wybrane kryteria i wskaźniki oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego stanowić mogą podstawę sprecyzowania funkcji kretyrium rozpoznania obiektów. Jednak o wyborze właściwej zależności powinien zadecydować cel, jaki można osiągnąć w ocenianym zadaniu rozpoznawczym. Przeprowadzona charakterystyka i ocena obiektów ujawniła, że podstawą podziału na grupy jest ich struktura organizacyjna. Natomiast podział na klasy dokonany został według "znaczenia" tych obiektów na polu walki. Zależności te

stanowią kolejne elementy, które powinny być brane pod uwagę podczas opisu funkcji kryterium rozpoznania obiektów.

2.1.4. Sprecyzowanie funkcji kryterium rozpoznania obiektów

A. Opis ilościowy funkcji kryterium rozpoznania obiektów

1. Dla obiektu pojedynczego

Formułując zadanie rozpoznawcze, gdy przedmiotem rozpoznania jest obiekt pojedynczy, pod uwagę bierze się przede wszystkim możliwy do osiągnięcia cel. Zazwyczaj celem takiego zadania rozpoznawczego jest wykrycie i rozpoznanie parametrów obiektu. Ponieważ zadanie rozpoznawcze, w którym możliwe jest osiągnięcie celu, może być wykonane tylko według schematu "tak - nie" /obiekt rozpoznany - obiekt nie rozpoznany/, więc jako wskaźnik skuteczności należy przyjąć prawdopodobieństwo rozpoznania obiektu. W przypadku oceny skuteczności "całego" zadania rozpoznawczego /od startu do momentu przekazania danych/ jako wskaźnik skuteczności należy przyjąć prawdopodobieństwo wykonania zadania.

$$W_E = P_r \qquad /38/$$

lub $W_E = P_{wz}$

gdzie: $W_E$ - wskaźnik skuteczności,

$P_r$ - prawdopodobieństwo rozpoznania,

$P_{wz}$ - prawdopodobieństwo wykonania zadania.

2. Dla obiektu grupowego

Przy precyzowaniu zadania rozpoznawczego pod uwagę powinny być brane uwarunkowania wynikające ze struktury obiektu. I tak, w przypadku rozpoznania grupowego obiektu ześrodkowanego celem zadania będzie wykrycie możliwie dużej /nakazanej/ ilości elementów ze składu obiektu. W tej sytuacji jako wskaźnik skutecz-

ności należy wziąć oczekiwaną /średnią/ liczbę wykrytych elementów /parametrów/ obiektu.

$$W_E = M_r = \sum_{i=1}^{n} X_i P_i \qquad /39/$$

gdzie: $M_r$ - oczekiwana /średnia/ liczba wykrytych elementów obiektu,

$X_i$ - wartość zmiennej losowej /rozpoznawana ilość elementów obiektu z prawdopodobieństwem $P_i$/,

$P_i$ - prawdopodobieństwo zdarzenia losowego /prawdopodobieństwo wykrycia elementów jednorodnych $X_i$/.

Jeżeli przedmiotem rozpoznania jest obiekt grupowy rozśrodkowany na powierzchni, której granice są trudne do ustalenia, zastosowanie poprzedniego schematu działania może się okazać niemożliwe, chociażby ze względu na konieczność przeglądnięcia całej prawdopodobnej powierzchni rozśrodkowania /rozmieszczenia elementów/ obiektu. W tym przypadku jako wskaźnik skuteczności należy przyjąć względną średnią rozpoznaną powierzchnię /udział rozpoznawanej powierzchni w całej powierzchni rejonu rozpoznania/.
Zatem wskaźnik efektywności przyjmie postać:

$$W_E = M_r = \frac{M/S_r/}{S_D} \qquad /40/$$

gdzie: $S_r$ - rozpoznana powierzchnia rejonu "D".

W niektórych przypadkach, szczególnie podczas kolejnego rozpoznania tego samego rejonu, stawia się bardziej określone zadanie, np.wykrycie wszystkich elementów obiektu grupowego lub wykrycie nakazanej części wszystkich elementów. Wtedy wskaźnikiem skuteczności rozpoznania obiektu grupowego będzie prawdopodobieństwo wykonania postawionego zadania. A więc:

$$W_E = P_{wz} \qquad /41/$$

3. Dla obiektu powierzchniowego

Istotną miarą obiektu powierzchniowego jest średnia część powierzchni, na której wykryto i rozpoznano elementy obiektu. W związku z tym, że obiekty powierzchniowe rozpoznawane są przez siły większe od jednego samolotu, wskaźnik skuteczności przyjmie postać[1]:

$$W_E = M_r^{/n_s/} = \frac{1}{S_D} \sum_{n=1}^{m} S_{pr}^{/n_s/} \left[ 1 - /1-p/^{n_s} \right] \qquad /42/$$

gdzie: $S_{pr}^{/n_s/}$ - strefa przeglądana przez "$n_s$" samolotów,

$p$ - prawdopodobieństwo wykrycia obiektu w przeglądanej strefie przez jeden samolot,

$M_r^{/n_s/}$ - średnia część powierzchni rozpoznanej przez wszystkie "$n_s$" samolotów.

Jeżeli samoloty rozpoznawcze przeglądają rejon lecąc po przypadkowych trasach, to średnią część rozpoznawanej powierzchni dla wszystkich "$n_s$" samolotów rozpoznawczych w przybliżeniu można określić wykorzystując wzór:[2]

$$W_E = M_r^{/n_s/} = 1 - /1-M_r/^{n_s} \qquad /43/$$

gdzie: $M_r$ - średnia część powierzchni rozpoznanej przez jeden samolot.

4. Dla obiektu stałego

Gdy przedmiotem rozpoznania jest obiekt stały, najczęściej celem rozpoznania jest potwierdzenie jego struktury lub wykrycie nowych elementów /parametrów/ - wszystkich lub określoną ich część. Jeżeli obiekt jest "ogólnie znany" - wskaźnik skuteczności wybieramy według struktury organizacyjnej obiektu.

---

1/ E.S.Wentcel: Wstęp do badań operacyjnych. Warszawa 1968, s.357.

2/ Tamże, s.357.

W przypadku, gdy zadanie jest sprecyzowane, jako wskaźnik skuteczności przyjmujemy prawdopodobieństwo wykonania zadania:

$$W_E = P_{wz} \qquad /44/$$

Jeśli zadanie jest wykonywane po raz pierwszy, zwłaszcza w warunkach braku dokładnej informacji o obiekcie, celem rozpoznania będzie wykrycie możliwie dużej ilości elementów /parametrów/. W tej sytuacji wskaźnikiem skuteczności będzie oczekiwana /średnia/ liczba wykrytych elementów /parametrów/ obiektu.

$$W_E = M_r \sum_{i=1}^{n} X_i P_i \qquad /45/$$

5. Dla obiektu ruchomego

Najczęściej celem wzrokowego rozpoznania powietrznego podczas rozpoznania obiektu ruchomego będzie jego wykrycie, ustalenie jego składu oraz określenie prawdopodobnego kierunku ruchu. W tym przypadku wskaźnikiem skuteczności będzie prawdopodobieństwo wykrycia lub /najczęściej/ oczekiwana /średnia/ liczba wykrytych elementów /parametrów - głównie ruchu/ obiektu. Zatem:

$$W_E = P_w \qquad /46/$$

lub

$$W_E = M_r \sum_{i=1}^{n} X_i P_i \qquad /47/$$

B. Opis jakościowy funkcji kryterium rozpoznania obiektów

Rozwiązanie przez dowódców i sztaby zadań taktycznych, a następnie ocena ich skuteczności, poza umiejętnością wyboru właściwych wskaźników wymaga znajomości lub wartości liczbowych. Część tych wskaźników, a głównie te, których wartości można obliczyć podczas kalkulacji planistycznych, opisano w poprzednim punkcie rozprawy. Nie umożliwia to jednak jednoznacznego stwier-

dzenia, czy obliczona wartość wskaźnika w konkretnym przykładzie stanowi poziom odzwierciedlający w pełni wymaganą efektywność zadania rozpoznawczego.

Zastosowanie w ocenie skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego wskaźników określających pożądany poziom wykonywanych zadań rozpoznawczych wymaga dalszego sprecyzowania i opisu funkcji kryterium rozpoznania obiektów. Z analizy literatury przedmiotu i przeprowadzonych przez autora badań wynika, że dowódcy, ustalając poziom wykonywanych zadań, za podstawę biorą znaczenie obiektu na polu walki oraz wpływ tego obiektu na planowany przebieg działań.

Ustalone w ten sposób wartości wskaźników określające stopnie wykonania zadań rozpoznawczych każdorazowo są inne. Wynika to z dużej ilości czynników, jakie są brane pod uwagę, różnych metod rozwiązywania zadania taktycznego, doświadczenia itp. W efekcie końcowym oprócz dowódcy /oficera planującego/ nikt nie zna aktualnej "wartości rozpoznawczej obiektu"[1/], a tym samym stopnia, w jakim zadanie bojowe powinno być wykonane.

Przedstawione w rozdziale pierwszym propozycje klasyfikacji obiektów pola walki mogą stanowić, zdaniem autora, podstawę opisu jakościowego funkcji kryterium rozpoznania obiektów i określenia wartości wskaźników jakościowych - zakładanych wskaźników skuteczności.[2/]

Rozwiązując to zadanie autor zastosował następujący schemat postępowania:
Planując określoną ilość sił do wykonania zadania rozpoznawczego uwzględnia się przede wszystkim strukturę obiektu /ilość elementów do rozpoznania lub powierzchnię do przeszukania/ oraz jego

---

1/„Wartość rozpoznawcza obiektu" - określenie proponowane przez autora. Jest to wartość liczbowa przypisana obiektowi /klasie obiektów/, odzwierciedlająca jego znaczenie na polu walki. Przyjęta jako tzw. jakościowy wskaźnik skuteczności określa pożądany stopień wykonania zadania.

2/ W literaturze można spotkać termin "prawdopodobieństwo gwarancyjne".

znaczenie dla walczących wojsk. Znając średnie wartości prawdopodobieństw wykrycia lub możliwości bojowe załóg określa się ilość sił niezbędną do wykonania zadania, a więc tę ilość sił, która powinna działać w rejonie rozpoznania. W celu osiągnięcia prognostycznego wyniku ilość planowanych sił zwiększa się lub zmniejsza, zapewniając tym samym duże prawdopodobieństwo wykonania zadania. Znając zakładane wielkości, takie jak: prawdopodobieństwo wykrycia i ilość sił użytych do rozpoznania obiektu oraz wykorzystując rachunek prawdopodobieństwa możemy obliczyć zakładane w ćwiczeniach wskaźniki skuteczności wykonania zadań bojowych. Obliczenie ich umożliwia wzór, zapewniający określenie sumarycznego prawdopodobieństwa w przypadku, gdy prawdopodobieństwa zdarzeń w tych samych warunkach są jednakowe:

$$W_E = P_s = 1-/1-P_w/^{n_s} \qquad /48/$$

gdzie: $W_E$ - zakładany wskaźnik skuteczności /w zadaniach/,

$P_w$ - prawdopodobieństwo wykrycia,

$n_s$ - liczba samolotów, o tych samych parametrach wydzielonych do wykonania zadań.

Dane wyjściowe do obliczeń zakładanego wskaźnika skuteczności wynikające z planowanych w ćwiczeniach zadań zestawiono w tabeli 19.

Uzyskane wyniki zakładanego wskaźnika skuteczności podczas rozpoznania obiektów danej klasy stanowić mogą podstawę do określenia uogólnionego wskaźnika skuteczności rozpoznania obiektów danej klasy. Jak wynika z analizy danych, obiekty pierwszej klasy powinny być rozpoznawane z prawdopodobieństwem nie mniejszym niż 0,85, obiekty drugiej klasy - z prawdopodobieństwem w granicach 0,7 - 0,85, natomiast obiekty trzeciej klasy - z prawdopodobieństwem wyższym niż 0,6.

Schematyczne zestawienie klas i grup obiektów oraz przypisane im zakładane wskaźniki skuteczności przedstawiono w tabeli 20.

Tabela 19

Dane wyjściowe oraz wyniki obliczeń wskaźnika "$W_E$"

| Kryptonim ćwiczenia | Nazwa obiektu | Planowana ilość sił | War. rozp. | | $P_w$ | $W_E$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | H | V | | |
| "Zięba-78" | Bateria "L" | 2 | 300 | 600 | 0,6 | 0,84 |
| | Bateria "P" | 3 | 300 | 600 | 0,6 | 0,93 |
| | Lotnisko | 1 | 300 | 600 | 0,9 | 0,90 |
| | Post.r/lok. | 1 | 300 | 600 | 0,5 | 0,50 |
| | Oddział w rej.ześrodk. | 2 | 200 | 600 | 0,8 | 0,96 |
| "Klon-78" | Wojska w rej. ześrodkowania | 2 | 200 | 720 | 0,8 | 0,96 |
| | SD oddziału | 1 | 100 | 720 | 0,3 | 0,03 |
| | Kolumna wojsk | 2 | 200 | 720 | 0,8 | 0,96 |
| "Wrzesień-78" | Bateria PRK | 2 | 100 | 720 | 0,5 | 0,75 |
| "Wilga-79" | Środki przeprawowe | 1 | 200 | 720 | 0,8 | 0,80 |
| | Kolumna wojsk | 2 | 200 | 750 | 0,8 | 0,96 |
| | Rej.desant. | 1 | 200 | 450 | 0,8 | 0,80 |
| "Zięba-79" | Bateria "P" | 2 | 200 | 720 | 0,6 | 0,84 |
| | Bateria "L" | 2 | 200 | 600 | 0,6 | 0,84 |
| | Bateria "HJ" | 2 | 300 | 600 | 0,6 | 0,84 |
| | Lotnisko | 1 | 200 | 720 | 0,9 | 0,90 |
| | SD | 1 | 200 | 600 | 0,3 | 0,30 |
| | Przeprawa | 2 | 400 | 720 | 0,8 | 0,96 |
| | Wojska w rej. ześrodkowania | 1 | 200 | 720 | 0,8 | 0,80 |
| "Krogulec-79" | Bateria "P" | 2 | 200 | 700 | 0,6 | 0,84 |
| | Lotnisko | 1 | 200 | 700 | 0,9 | 0,90 |
| | Baza morska | 1 | 600 | 700 | 0,8 | 0,80 |
| | ZT w rejonie ześrodkowania | 4 | 200 | 700 | 0,8 | 0,99 |

| Kryptonim ćwiczenia | Nazwa obiektu | Planowana ilość sił | Wart.rozp. | | $P_w$ | $W_E$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | H | V | | |
| "Wrzesień-79" | Bateria "P" | 2 | 200 | 720 | 0,6 | 0,84 |
| | Bateria "L" | 2 | 200 | 600 | 0,6 | 0,84 |
| | Bateria "HJ" | 2 | 200 | 600 | 0,6 | 0,84 |
| | Bateria "H" | 2 | 100 | 600 | 0,5 | 0,75 |
| | Wojska w rej. ześrodkowania | 1 | 200 | 600 | 0,8 | 0,80 |
| | Lotnisko | 1 | 400 | 720 | 0,9 | 0,90 |
| | Lądowisko | 1 | 200 | 600 | 0,8 | 0,80 |
| | SD oddziału | 1 | 200 | 600 | 0,3 | 0,30 |
| | Post.r/lok. | 1 | 200 | 720 | 0,5 | 0,50 |
| "Kos-80" | Bateria "P" | 2 | 200 | 720 | 0,6 | 0,84 |
| | Bateria "L" | 2 | 200 | 600 | 0,6 | 0,84 |
| | Bateria "HJ" | 2 | 200 | 600 | 0,6 | 0,84 |
| | Bateria "H" | 2 | 100 | 600 | 0,5 | 0,75 |
| | Lotnisko | 1 | 300 | 720 | 0,9 | 0,90 |
| | Oddział w rej. ześrodkowania | 2 | 200 | 600 | 0,8 | 0,96 |
| | SD | 1 | 200 | 720 | 0,3 | 0,30 |
| | Przeprawa | 2 | 400 | 720 | 0,8 | 0,96 |
| "Kruk-80" | Przeprawa | 1 | 200 | 750 | 0,8 | 0,80 |
| | Pododdz.w marszu | 2 | 200 | 750 | 0,8 | 0,96 |
| | SD ZT | 1 | 200 | 750 | 0,3 | 0,30 |
| | Rejon desant. | 2 | 200 | 750 | 0,8 | 0,96 |
| "Sojuz-81" | Bateria "P" | 4 | 200 | 720 | 0,6 | 0,97 |
| | Bateria "L" | 4 | 300 | 720 | 0,6 | 0,97 |
| | Bateria "HJ" | 2 | 200 | 600 | 0,6 | 0,97 |
| | SD ZT | 2 | 300 | 720 | 0,3 | 0,51 |
| | Post.r/lok | 2 | 200 | 600 | 0,5 | 0,75 |
| | Bateria art. luf. | 1 | 200 | 450 | 0,4 | 0,40 |
| | Lotnisko | 1 | 200 | 750 | 0,9 | 0,90 |
| | Bateria PRK | 1 | 100 | 720 | 0,5 | 0,50 |
| | Stacja kolej. | 1 | 400 | 750 | 0,9 | 0,90 |
| | Magazyn uzbr. | 2 | 200 | 600 | 0,3 | 0,51 |

Uwaga: - w tabeli przyjęto następujące oznaczenia: "P"-PR "Pershing", "L"-PR "Lance", "HJ"-PR "Honest John","H"-PRK "Hawk"
- wartości "$P_W$" przyjęto na podstawie: "Organizacja i prowadzenie rozpoznania powietrznego we współczesnych operacjach frontu". Wyd.Szt.Gen.1972, załącznik 7. Tłum. z ros.

Tabela 20

Klasyfikacja obiektów rozpoznania

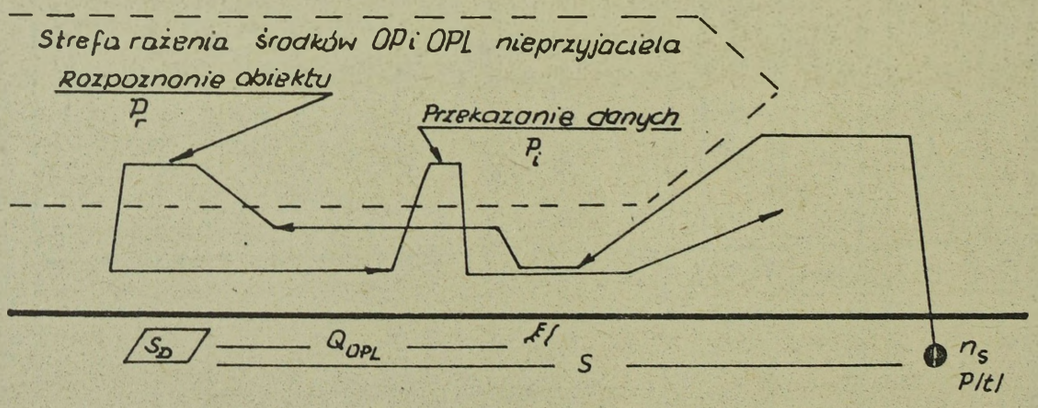
| Klasy obiektów | Pierwsza | Druga | Trzecia |
|---|---|---|---|
| | Siły i środki masowego rażenia | Obiekty systemu dowodzenia i klasyczne środki walki o pełnej gotowości bojowej | Siły i środki gotowe do użycia w drugiej kolejności. Obiekty tyłowe |
| Wskaźniki skuteczności | $W_E \geqslant 0,85$ | $0,7 \leqslant W_E \leqslant 0,85$ | $W_E \geqslant 0,6$ |
| | $W_E = P_r$, $W_E = P_{wz}$. | $M_r = \sum_{i=1}^{n} X_i P_i$, $M_r = \frac{M/S_r/}{S_D}$, $W_E = P_{wz}$. | $M_r = \frac{1}{S_D} \sum_{n=1}^{m} S_{pr}^{/n_s/} \cdot [1 - /1-p/^{n_s}]$, $M_r^{/n/} = 1 - /1-M_r/^{n_s}$. |
| Grupy obiektów | Obiekty punktowe | Obiekty grupowe | Obiekty powierzchniowe |

## 2.2. Główne wskaźniki skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego oraz ich określanie

W literaturze problemu wskaźnikami skuteczności bojowej nazywane są mierniki liczbowe, charakteryzujące skuteczność działań bojowych[1/]. Ich wybór podporządkowano przyjętym kryteriom oceny wzrokowego rozpoznania powietrznego. Założenie to odpowiada powszechnej zasadzie wyboru wskaźników, która mówi, że powinny one wynikać z przyjętej do oceny miary i w pełni odzwierciedlać badane procesy /parametry/.

W dalszej części rozdziału przedstawiono charakterystykę oraz sposób określania wartości takich wskaźników skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego, jak:

- prawdopodobieństwo wykonania zadania,
- prawdopodobieństwo pracy środka rozpoznania,
- prawdopodobieństwo wykrycia,
- prawdopodobieństwo pokonania obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela,
- prawdopodobieństwo nadania informacji,
- oczekiwana część rozpoznanej powierzchni,
- oczekiwana liczba wykrytych elementów prostych w obiekcie złożonym,
- oczekiwana /potrzebna/ do wykonania liczba samolotów,
- oczekiwane straty własne,
- oczekiwana /potrzebna/ liczba lotów rozpoznawczych.




Rys. 24. Elementy lotu rozpoznawczego

1/ H.Ciechanowicz, Z.Folcik, Cz.Gozdecki, Z.Rączka, J.Skibiński, A. Zoń: Wybrane metody optymalizacji decyzji. Op.cit., s.97.

Charakteryzując wskaźniki skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego wykorzystano wnioski z oceny typowego lotu rozpoznawczego od startu do momentu przekazania danych rozpoznawczych z powietrza /drogą radiową/. Ponadto uwzględniono omówione w rozdziale pierwszym czynniki zewnętrzne, mające wpływ na wykonanie zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego.

2.2.1. Prawdopodobieństwo wykonania zadania - $P_{wz}$

Wykonanie rozpoznania sposobem wzrokowym wymaga realizacji wielu różnorodnych procesów. Danymi wyjściowymi do wszelkiego rodzaju kalkulacji i oceny skuteczności tego rozpoznania są prawdopodobieństwa elementarne poszczególnych zdarzeń, umożliwiające obliczenie łącznego wskaźnika, jakim jest prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jeden element rozpoznawczy /samolot/.

Z analizy lotu rozpoznawczego wynika, że stanowi on ciąg zdarzeń wzajemnie od siebie zależnych ściśle ze sobą powiązanych. Oznacza to, że prawdopodobieństwo wykonania zadania rozpoznawczego jest prawdopodobieństwem łącznej realizacji tych zdarzeń. Matematyczny zapis przyjmie więc postać:

$$P_{wz} = \prod_{i=1}^{n} P/A_i/ \qquad /49/$$

gdzie: $P/A_i/$ - prawdopodobieństwo zdarzenia elementarnego

Wzór ten jest prawdziwy w przypadku realizacji zadania przez jeden element rozpoznawczy - jedną załogę.

Wykonanie zadania rozpoznawczego najczęściej wymaga zaangażowania większej ilości środków rozpoznania, wykorzystywanych często w różny sposób. Podstawą kalkulacji i oceny skuteczności rozpoznania są wtedy prawdopodobieństwa jednostkowe, pozwalające na ocenę udziału poszczególnych sił w całokształcie przedsięwzięcia oraz obliczenie sumarycznych wskaźników skuteczności. Obliczenie prawdopodobieństwa sumarycznego zapewnia wzór, będący odpowiednim wyrazem rozwiniętego dwumianu:[1/]

$$Pm = \frac{n}{m!/n-m/!} p^m /1-p/^{n-m}. \quad p = \text{const.} \qquad 50/$$

1/ Tamże, s.107.

gdzie: Pm - prawdopodobieństwo sumaryczne /prawdopodobieństwo liczby /m/ realizacji zdarzenia A w próbie o liczebności /n/,

m - liczba próby, w której obiekt powinien być rozpoznany /w rozpoznaniu interesuje nas przede wszystkim próba pierwsza/,

n - liczba środków rozpoznania.

Stosowanie tego wzoru jest dość kłopotliwe, chociażby ze względu na dużą ilość czynności rachunkowych. Dlatego też wygodniej jest określić prawdopodobieństwo niewykonania zadania, czyli dla m = 0. Wtedy:

$$P_{/m=0/} = /1-p/^n \qquad p = \text{const.} \qquad /51/$$

zatem prawdopodobieństwo wykonania zadania przez n środków co najmniej jeden raz będzie rówme:

$$P_s = P_{/m=1/} = 1-/1-p/^n \qquad p = \text{const.} \qquad /52/$$

pod warunkiem, że wszystkie n środków rozpoznania wykonają zadanie z tym samym prawdopodobieństwem p.

W przypadku, gdy każdy ze środków rozpoznania wykonuje zadanie z innym prawdopodobieństwem, prawdopodobieństwo sumaryczne obliczymy ze wzoru, który jest rozwinięciem poprzedniego:

$$P_s = P_{/m=1/} = 1-/1-p_1//1-P_2/...../1-p_n/$$

czyli

$$P_s = 1 - \prod_{i=1}^{n} /1-P_i/ \qquad p = \text{const.} \qquad /53/$$

gdzie: $P_s$ - prawdopodobieństwo sumaryczne,

$p_i$ - prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jedną załogę /prawdopodobieństwo jednostkowe/.

Obliczenie interesującego nas prawdopodobieństwa sumarycznego wymaga określenia niezbędnych do rozwiązania zdarzeń elementarnych, oraz obliczenia prawdopodobieństw ich zajścia.

Rozpatrując lot rozpoznawczy możemy wyróżnić, według kolejności realizacji, następujące główne jego etapy /procesy/:

- lot do rejonu rozpoznania,
- poszukiwanie obiektu i jego rozpoznanie,
- lot powrotny do momentu przekazania danych drogą radiową.

Sumaryczne prawdopodobieństwo wykonania zadania w tym przypadku będzie więc iloczynem następujących wskaźników:

- niezawodności sprzętu technicznego /samolotu/,
- niezawodności pracy pilota,
- prawdopodobieństwa wykrycia /rozpoznania/,
- prawdopodobieństwa pokonania OPL na trasie lotu,
- prawdopodobieństwa nadania informacji.

$$P_{wz} = \sum_{i=1}^{n} P/A_i/ = P_{ts}\, P_{tp}\, Q_{OPL}\, P_w\, P_i . \qquad /54/$$

gdzie: $P_{ts}$ - prawdopodobieństwo niezawodnej pracy samolotu,

$P_{tp}$ - prawdopodobieństwo niezawodnej pracy pilota,

$Q_{OPL}$ - prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela,

$P_w$ - prawdopodobieństwo wykrycia,

$P_i$ - prawdopodobieństwo nadania informacji.

2.2.2. Prawdopodobieństwo niezawodnej pracy środka rozpoznania

1. Prawdopodobieństwo niezawodnej pracy samolotu

Uwzględnienie niezawodności sprzętu technicznego /samolotu/ w rozwiązywanych zadaniach wymaga przede wszystkim określenia przedmiotu oceny. W omawianym zagadnieniu jest nim samolot startujący do lotu, więc technicznie sprawny. Zastrzeżenie to wynika z przyjętych wcześniej ograniczeń; dotyczy ono zakresu rozpatrywanej problematyki, to znaczy tylko lotu rozpoznawczego. Natomiast sprawność techniczna samolotu przed startem /podczas przygotowania go do lotu/ jest uwzględniana podczas oceny możliwości bojowych przyjętej do rozważań struktury organizacyjnej /np. eskadra, pułk, dywizja/.

Niezawodnością elementu /systemu/ nazywane jest prawdopodobieństwo tego, że dany element /system/ w danych warunkach będzie pracował bezawaryjnie w ciągu czasu "t". Prawdopodobieństwo to oznaczane jest przez $P_{ts}$.

Niezawodność systemu zależy od tego, w jaki sposób elementy połączone są w systemie i w jakim stopniu sprawność każdego elementu jest niezbędna do pracy systemu jako całości. W samolotach, stanowiących systemy o wysokim stopniu niezawodności, sprawność oddzielnych elementów podwyższa się drogą ich dublowania /rezerwowania/. Jak z powyższego wynika, chcąc określić niezawodność samolotu w ciągu czasu "t" należy określić niezawodność poszczególnych jego elementów, których uszkodzenia są zdarzeniami od siebie niezależnymi. Występują one z różnymi prawdopodobieństwami.

Zatem ogólną niezawodność samolotu możemy zapisać następująco:

$$p = 1 - /1-p_1//1-p_2//1-p_3/...../1-p_n/,$$

lub krócej

$$p = 1 - \prod_{i=1}^{n} /1-p_i/. \qquad /55/$$

gdzie: $p_i$ - prawdopodobieństwo niezawodności i - tego urządzenia.

Przytoczona powyżej prawidłowość, mimo swej pozornej prostoty, nie pozwala w warunkach jednostki na określenie prawdopodobieństwa niezawodności samolotu. Instytucją, która to wykonuje jest zakład konstrukcyjny, a w warunkach sił zbrojnych Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych. Badania przeprowadza się w oparciu o założone wskaźniki niezawodności i zbierane przez użytkowników sprzętu statystyczne dane, dotyczące ilości i rodzajów niesprawności w czasie jego eksploatacji.

Do podstawowych wskaźników niezawodności samolotu zaliczanego do grupy sprzętu nienaprawialnego w czasie użytkowania /w locie/, zaliczane są:

- prawdopodobieństwo poprawnego /niezawodnego/ działania P/t/,

- prawdopodobieństwo wystąpienia niesprawności Q/t/,
- intensywność wystąpienia uszkodzeń $\lambda/t/$,

które można określić z następujących zależności:

$$P_{ts} = P/t/ = \frac{n_s - n/t/}{n_s}, \qquad /56/$$

$$Q/t/ = 1 - P/t/, \qquad /57/$$

$$\lambda/t/ = \frac{n/t/}{n_s \Delta t}. \qquad /58/$$

gdzie: $n_s$ - ilość samolotów w eksploatacji /wyprodukowanych/,

$\Delta t$ - przedział czasowy, dla którego wykonywane są obliczenia,

n/t/-ilość uszkodzeń, która wystąpiła w czasie $\Delta t$.

Jak z powyższego wypływa, określenie interesującego nas wskaźnika P/t/ w warunkach jednostki może być tylko szacunkowe, ze względu na zbyt wąski zakres danych przyjmowanych do obliczeń.

Z analizy literatury wynika, że przypadki wystąpienia niesprawności mających wpływ na wykonanie zadania zdarzają się stosunkowo rzadko.

Ogólnie przyjmuje się, że dla 1000 egzemplarzy sprzętu wojskowego, nienaprawialnego, prawdopodobieństwo poprawnego działania wynosi:[1/]

Tabela 21

| $t_i$ | n/t/ | P/ti/ | Q/t/ |
|---|---|---|---|
| 200 | 54 | 0,946 | 0,054 |
| 400 | 22 | 0,924 | 0,076 |
| 600 | 17 | 0,907 | 0,093 |
| 800 | 15 | 0,892 | 0,108 |
| 1000 | 14 | 0,878 | 0,122 |

1/ Cz.Kubiaczyk: Obliczanie wskaźników niezawodności urządzeń technicznych."Wojskowy Przegląd Techniczny".1973, nr 11, s.28-33.

Wbrew pozorom, przedstawione wartości nie są zbyt wysokie. Dla samolotów są one zazwyczaj znacznie większe.

Prawdopodobieństwo poprawnej pracy samolotu to prawdopodobieństwo tego, że w założonym przedziale czasu nie nastąpi jego uszkodzenie. Przy wyznaczaniu tego wskaźnika niezbędnym elementem jest czas, w ciągu którego wartość wskaźnika nie będzie niższa od założonej. Ogólnie dla samolotów założone prawdopodobieństwo poprawnej /niezawodnej/ pracy nie może być niższe od 0,98 w ciągu jednego lotu trwającego 4 godziny.[1/] Przytoczona wartość jest ogólna i dotyczy wszystkich samolotów. W przypadku rozważań szczegółowych, dotyczących konkretnych konstrukcji, wskaźnik ten przyjmuje inne wartości. Na przykład według wymagań angielskich[2/], dla samolotu transportowego $P/ti/ > 0,95$ dla lotu o czasie trwania $ti = 4h$, dla samolotu myśliwskiego $P/ti/ \geqslant 0,93$ dla lotu o czasie trwania $ti = 1h$.

W rozwiązywanych zadaniach autor proponuje uwzględniać jeden wskaźnik $P/ti/ = 0,98$.

---

1/ S. Andruszkiewicz: System zbierania, przetwarzania i analizy informacji o uszkodzeniach sprzętu lotniczego i jego znaczenie w eksploatacji. Przegląd Wojsk Lotniczych i WOPK 1973, nr 10, s.27-32.

2/ Tamże.

## 2. Prawdopodobieństwo niezawodnej pracy pilota

W rozpatrywanym modelu elementem składowym środka rozpoznania jest pilot /załoga/, a właściwie jego narząd wzroku, którego ocenę, przeprowadzoną w rozdziale pierwszym, ograniczono tylko do jednego z elementów tego zmysłu, to jest oka. Tak przeprowadzona analiza i ocena pozwoliła utożsamić, przynajmniej w części zasadniczej, oko ludzkie z przyrządem optycznym, a więc ze środkiem technicznym.

Mimo wyróżnienia oka jako instrumentu rozpoznania, w tej części pracy rozważania obejmą pilota w ogóle, któremu w trakcie wykonywania lotu oczy są potrzebne na równi z innymi elementami jego organizmu.

W teorii niezawodności środków technicznych, jak wykazano w poprzednich wywodach, wykorzystywane są wskaźniki niezawodności, charakeryzujące rozmaite jej aspekty. Ten sam zbiór wskaźników można stosować często i do opisu człowieka, a w omawianym przypadku - pilota i jego nieuzbrojonego oka. Są to: $P/t/$, $Q/t/$, $\lambda/t/$. Wzajemne związki tych wskaźników pozwalają przy znajomości dwóch z nich na określenie wartości trzeciego.

Z analizy prac poświęconych niezawodności człowieka - operatora wynika, że większość z nich zajmuje się zagadnieniami problemowymi i terminologicznymi. W niektórych opracowaniach podejmowane są próby doświadczalnej oceny niezawodności operatora, głównie w zakresie pewnych czynności, zwłaszcza dotyczących odbioru informacji. Niemniej jednak należy w tym miejscu stwierdzić, że prac poświęconych problematyce niezawodności operatora powstało dotychczas niewiele.

Wydaje się, że obecnie nie ma możliwości opracowania wyczerpującej i całkowicie wiarygodnej charakterystyki niezawodności pilota. Można jednak podjąć próbę mniej lub bardziej szczegółowego przeanalizowania czynników wywierających wpływ na jego niezawodność. Trudności te wynikają z następujących przyczyn.

Po pierwsze brak jest dostatecznie wiarygodnych danych, dotyczących rozkładu niesprawności pilota. Chodzi oczywiście o niesprawność w pełni tego słowa rozumianą. Omyłki popełniane np. przy odczytywaniu wskazań przyrządów nie mogą być traktowane mianem niesprawności, o ile tylko nie wykraczają poza pewien ustalony przedział. Niesprawnością pilota jest zatem w danym przypadku taki błąd, który zakłóca realizację założonego procesu lub funkcjonowania całego układu, a więc na przykład pełna utrata orientacji, wyłączenie silnika na małej wysokości lub użycie uzbrojenia bez określonego celu.

Po drugie, w spotykanych opisach eksperymentów z reguły nie ma wskazań dotyczących ogólnego czasu trwania doświadczenia. Uniemożliwia to weryfikację przydatności metod stosowanych w technice analizy niezawodności działań pilota.

Uzyskane dane, aczkolwiek bardzo szczupłe, pozwalają jednak przypuszczać, że w określonych warunkach /optymalne warunki środowiska, brak zakłóceń, dobry stan psychofizyczny pilota itp./ rozkład czasu między błędami pilota jest zbliżony do wykładniczego, wobec czego do oceny niezawodności pilota można wykorzystać w przybliżeniu wskaźnik intensywności popełnienia błędu $\lambda/t/$, podobnie jak w technice.

Mimo przyjętego uproszczenia, wykonanie tego zadania w dalszym ciągu nie jest sprawą prostą. Wynika to ze zbyt małej pewności, w którym z elementów układu "pilot - samolot" wystąpiło "uszkodzenie" niepozwalające na wykonanie zadania bojowego.

Analizując publikacje dotyczące wypadków lotniczych stwierdzić należy, że o zaistnieniu większości tych wypadków decydował czynnik ludzki. Zamieszczone w cytowanej literaturze wskaźniki przedstawiają go jako przyczynę 60-90% wypadków. Na przykład: przeprowadzone w 1950 roku badania 700 wypadków w lotnictwie cywilnym Stanów Zjednoczonych ustaliły, że w 90% spowodowane były one błędami pilotów.

Ogólną ilustracją tego problemu mogą być dane dotyczące lotnictwa cywilnego Stanów Zjednoczonych. W latach 1962-1972 w lotnictwie tym wylatano ogółem 233,5 milionów godzin.

Zdarzyło się wówczas 55157 wypadków lotniczych, w tym 6488 katastrof.[1] Oznacza to, że jedna katastrofa "przypadała" średnio na 36000 wylatanych godzin. Zatem godzinowy wskaźnik wystąpienia katastrofy z przyczyn człowieka /średnio w 75% katastrofę spowodował pilot/ wyniesie:

$$\lambda/t/ = \frac{1.75}{36000 \cdot 100} = 2{,}08 \cdot 10^{-5} \cdot h^{-1}. \qquad /59/$$

Przytoczone dane wraz z poprzednią analizą wskazują na stosunkowo dużą niezawodność człowieka. Należy jednak pamiętać, że dotyczą one w przeważającej części załóg wieloosobowych, a więc zespołów o dużym stopniu samokontroli i wykonujących swoje zadania w warunkach znacznie odbiegających od wojennych.

Analiza literatury[2] dotycząca rozważanej problematyki oraz publikowane przez Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej wyniki badań pozwalają na określenie szacunkowego wskaźnika niezawodności pilota. Sądzić należy, że przyjmując jego wartość w granicach około 0,99 nie popełni się większego błędu w rozwiązywanych zadaniach.

### 2.2.3. Prawdopodobieństwo wykrycia

W procesie poszukiwania zdarzeniem elementarnym jest wykrycie obiektu w danym punkcie sektora obserwacji. Określenie prawdopodobieństwa wykrycia uzależnione jest od przyjętego sposobu poszukiwania, który z kolei determinowany jest rodzajem środka obserwacji. Przyjmując jako kryterium podziału sposób działania /zbierania informacji o obiekcie/ w sektorze obserwacji, środki te można podzielić na:

1/ środki obserwacji o działaniu ciągłym,
2/ środki obserwacji o działaniu skokowym /impulsowym/.

Działanie ciągłe polega na tym, że informacja o obiekcie rozpoznania stwierdzające jego obecność lub umożliwiające identyfikację napływają do obserwatora w każdym kolejnym, dowolnie małym przedziale czasu. Jako przykład można tu podać prowadzenie

---

1/ Błoszczyński: Psychologia lotnicza. Op.cit., s.281.
2/ Ergonomia w służbie wojska. Warszawa 1972. Tłum.z ros.

obserwacji w ściśle ustalonym sektorze /kierunku/ bez przerwy w danym przedziale czasu /obserwacja przez pilota terenu z prawej lub lewej strony trasy /lotu/.

Działanie skokowe występuje wtedy, gdy informacje o obiekcie w określonym sektorze obserwacji napływają do obserwatora z ustaloną lub zmienną częstotliwością przerw między kolejnymi przedziałami czasu działań ciągłych. Za przykład może tu służyć obserwacja przy użyciu stacji radiolokacyjnej w reżimie pracy obserwacji okrężnej. W tym przypadku częstotliwość przerw w czasie obserwacji określana jest ilością obrotów anteny na jednostkę czasu względem ustalonego sektora obserwacji.

Istotnym czynnikiem poza wymienionymi, jest określenie warunków, w jakich prowadzi się wykrywanie, to znaczy udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy w czasie wykrywania warunki zewnętrzne będą stałe, czy też będą się zmieniać w sposób istotny.

Jak praktyka wykazuje, proces obserwacji i rozpoznania obiektów z powietrza przebiega w stosunkowo krótkim czasie, nie przekraczającym jednorazowo kilkunastu minut. Zatem do dalszych rozważań można przyjąć stałość warunków zewnętrznych, a co za tym idzie - stałość czynników mających wpływ na prawdopodobieństwo wykrycia.

W świetle przedstawionych założeń odpowiednie prawdopodobieństwa wykrycia obiektu wyniosą:[1/]

- w działaniu ciągłym prowadzonym w czasie t:

$$P/t/ = 1 - \exp /-p_t{}^t/ \qquad p_t = \text{const.} \qquad /60/$$

gdzie: $p_t$ - prawdopodobieństwo wykrycia obiektu w danym punkcie w czasie $/t + \Delta t/$,

exp - umowne oznaczenie funkcji wykładniczej, tj. $e = 2{,}718$ w odpowiedniej potędze argumentu $/p_t{}^t/$,

- w działaniu skokowym - w ciągu n skoków /impulsów/ /dla niewielkiej liczby n/:

---

1/ M. Ciechanowicz, Z.Folcik, Cz.Gozdecki, Z. Rączka, J. Skibiński, A. Zoń: Wybrane metody optymalizacji decyzji. Op.cit., s.291.

$$P_w = 1 - /1-p_i/^n \qquad p_i = \text{const.}, \qquad /61/$$

gdzie: $p_i$ - prawdopodobieństwo wykrycia obiektu w ciągu jednego skoku /impulsu/.

Przytoczone wzory, mimo poprawnej argumentacji, mogą być stosowane do określania prawdopodobieństwa wykrycia obiektów lądowych tylko w celach szacunkowych. Elementem, który nie pozwala na szersze ich stosowanie jest teren. Jego rzeźba i pokrycie, stale zmieniające się w czasie lotu, powodują zmienność warunków obserwacji, a co za tym idzie - zmienność argumentu $/-p_t^t/$. Dotyczy to głównie prawdopodobieństwa wykrycia w działaniu ciągłym. Drugi wzór może mieć zastosowanie podczas obliczania globalnego prawdopodobieństwa wykrycia przez "n" środków.

Z analizy literatury oraz praktycznych doświadczeń wynika, że wartość prawdopodobieństwa wykrycia obiektów lądowych zależy głównie od: jednostkowej płaszczyzny obserwacji, wielkości rejonu poszukiwania, czasu niezbędnego do rozpoznania obiektu i ilości sił biorących udział w realizacji zadania. W tym przypadku pełne zastosowanie ma następujący wzór[1/]:

$$P_w = 1 - \left/1 - \frac{n_s \cdot s.t}{F}\right/^m , \qquad /62/$$

gdzie: $n_s$ - ilość samolotów biorących udział w poszukiwaniu,

$t$ - czas poszukiwania w rejonie o powierzchni F,

$F$ - powierzchnia rejonu poszukiwania,

$m$ - wielokrotność przeszukiwania powierzchni rejonu F,

$s$ - stosunek jednostkowej płaszczyzny obserwacji "s" do czasu identyfikacji "$t_i$"[2/]

Istotnym elementem mającym wpływ na określenie prawdopodobieństwa wykrycia jest wielkość jednostkowej płaszczyzny obserwacji. Stanowi ona zasadniczy miernik rejonu poszukiwania. Jak z podanego równania wynika, jej wielokrotność wynikająca z przebiegu poszukiwania w porównaniu z całkowitą powierzchnią

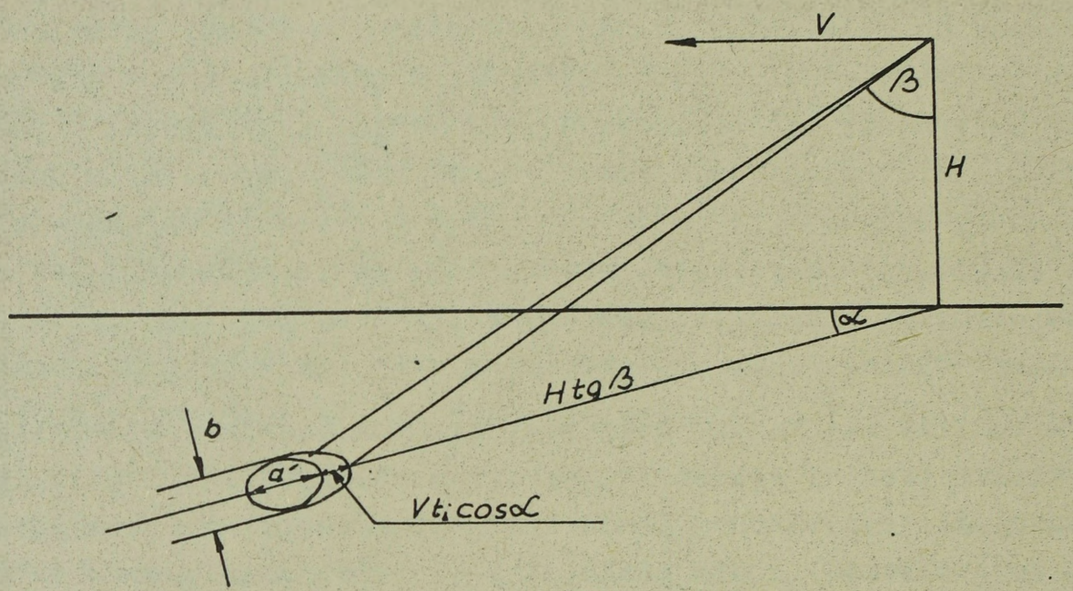
---

1/ Taktika istribitielno - bombardirowocznoj awiacji. Wyd. Monino 1965, s.207.

2/ "$t_i$" - jest to czas minimalny niezbędny w danych warunkach uzależniony od warunków zewnętrznych, charakteru obiektu oraz wyszkolenia załogi.

rejonu rozpoznania określa część rejonu efektywnie przeglądniętą.

Jednostkową płaszczyznę obserwacji można obliczyć wychodząc z zależności przedstawionych na rys. 25 i ogólnego wzoru na powierzchnię elipsy.




Rys. 25. Zależność jednostkowej płaszczyzny obserwacji od warunków lotu i obserwacji

gdzie:

a - dłuższa oś elipsy,

b - krótsza oś elipsy

Zatem:

$$ś = \frac{\pi d_r}{12} \; /d_r - Vti \cos\alpha - Htg\beta/, \qquad /63/$$

gdzie: $d_r$ - odległość rozpoznania obiektów,

$\alpha$ - średni, dogodny kąt kursowy obiektu w czasie jego rozpoznania /w praktyce wynosi on około $30^o$/,

$\beta$ - średni kąt wizowania z kabiny samolotu /dla współczesnych samolotów przy locie na H 300 m i dogodnej odległości rozpoznania obiektów punktowych wynosi on około $65^o$/,

$t_i$ - niezbędny czas identyfikacji obiektów.

Rozwiązanie zadania na podstawie podanych wzorów wymaga ustalenia danych wyjściowych. Są nimi: powierzchnia rejonów rozpoznania, ilość sił biorących udział w jednoczesnym poszukiwaniu w nakazanym rejonie, wielokrotność przeszukiwania powierzchni rejonu rozpoznania, niezbędny czas identyfikacji obiektów, odległość rozpoznania obiektów oraz czas poszukiwania w rejonie rozpoznania.

Powierzchnia rejonu rozpoznania. Jej prognostyczną wielkość można określić z dużą dokładnością. Jak wynika z analizy ćwiczeń, związana jest ona głównie z grupami obiektów. W przypadku poszukiwania obiektów punktowych wynosi średnio około 40-60 $km^2$ i 100-120 $km^2$. Natomiast gdy obiekty punktowe są elementami obiektów grupowych /np. bateria PR "Lance" lub "Pershing/ liczy średnio 400-500 $km^2$.

Ilość sił biorących udział w jednoczesnym poszukiwaniu. Praktyka wykazała, że rozpoznanie obiektów punktowych najczęściej prowadzi się pojedynczymi załogami. W przypadku obiektów szczególnie ważnych oraz w celu skrócenia czasu rozpoznania, poszukiwanie odbywa się najwyżej parą samolotów. Jeżeli jednak z zadania wynika konieczność przeszukania dużych obszarów, w których może jednocześnie przebywać więcej samolotów, rejon taki z zasady dzielony jest na kilka części. W takiej sytuacji jest to prowadzenie rozpoznania w oddzielnych rejonach /częściach dużego obszaru poszukiwania/ pojedynczymi samolotami lub ich parami.

Wielokrotność przeszukiwania powierzchni rejonu rozpoznania. Przeprowadzone w jednostkach wojsk lotniczych badania[1/] wykazały, że rozpoznanie obiektów już w pierwszym nalocie miało miejsce w około 30% zdarzeń, natomiast większość rozpoznań /około 55%/ przeprowadzono w nalocie drugim. Pozostałe /około 15%/ wykonano dopiero w 3-4 nalocie. Należy sądzić, że w warunkach działań bojowych będzie się dążyło do wykonania rozpoznania w pierwszym nalocie. Drugi nalot może mieć miejsce w przypadku słabszej OPL obiektu lub wykonania zadania ogniowego przez załogi rozpoznawcze.

---

1/ Materiały badawcze. Zestawienia rezultatów rozpoznania powietrznego. Nr 17/Pf 85/80, 17/Pf 86/80, Kancelaria Tajna Wydz:Wojsk Lot. i OPK. ASG WP.

Niezbędny czas identyfikacji obiektów. Z analizy literatury przedmiotu oraz przeprowadzonych badań[1/] wynika, że minimalny czas niezbędny do identyfikacji wykrytego obiektu nie może być krótszy niż 4 s. Średni niezbędny czas identyfikacji obiektów w warunkach poligonowych wynosi 6-8 s.

Odległość rozpoznania obiektów jest odległością, z której załoga samolotu ma możliwość stwierdzenia charakterystycznych dla danego obiektu szczegółów /cech/, zapewniających wyróżnienie go z otoczenia. Odległość ta uzależniona jest od wielu czynników /porównaj warunki obserwacji wzrokowej - rozdział pierwszy/. Do głównych zaliczyć należy wielkość obiektu i jego cechy demaskujące oraz osobiste, fizjologiczne właściwości oka pilota. Na podstawie przeprowadzonych badań[2/] oraz analizy literatury ustalono średnie odległości rozpoznania obiektów punktowych. Dane te zawarte są w tabeli 22.

Czas poszukiwania w rejonie rozpoznania. Jest czynnikiem określającym czas przebywania samolotu nad rejonem rozpoznania oraz możliwą do przeglądnięcia część rejonu poszukiwania. Wielkość ta określana jest na podstawie głównych parametrów lotu i obserwacji oraz wielkości rejonu poszukiwania. Podstawowymi wielkościami wyjściowymi są: średnia odległość rozpoznania przewidywanych obiektów rozpoznania, średni kąt obserwacji, średni kąt kursowy obiektów w czasie obserwacji, planowana prędkość lotu oraz przewidywana powierzchnia rejonu rozpoznania /poszukiwania/.

Wielkością wyjściową do określenia czasu poszukiwania jest szerokość pasa skutecznego poszukiwania. Można ją obliczyć z zależności przedstawionych na rysunku 26.

---

1/ Tamże.

2/ Tamże.

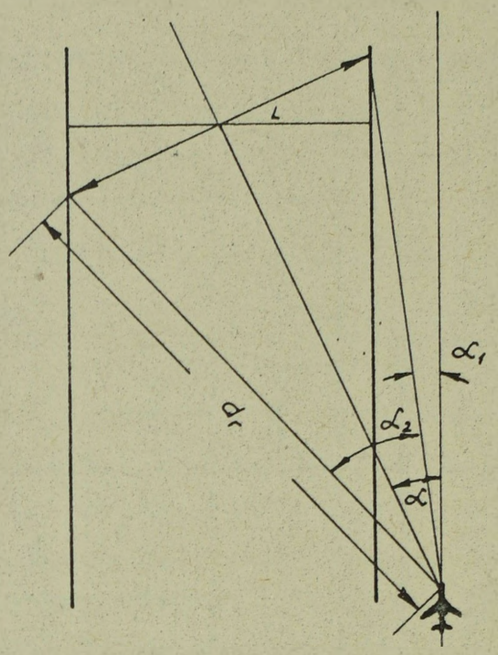
Tabela 22

Średnie odległości rozpoznania obiektów lądowych[1] /m/

$T = 0,8$

| Lp. | Rodzaj obiektu | Wysokość lotu /m/ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| 1 | Operacyjne pociski rakietowe na SS w terenie zakrytym | 1400 | 1700 | 2000 | 2300 | 2600 | 2800 | 3000 | 3100 | 3200 |
| 2 | Taktyczne pociski rakietowe na SS w terenie zakrytym | 1000 | 1400 | 1800 | 2100 | 2200 | 2300 | 2300 | 2300 | 2200 |
| 3 | Punkty dowodzenia | 1000 | 1300 | 1600 | 1900 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | 2500 |
| 4 | Działa, czołgi, samochody, stacje radiolokacyjne w terenie zakrytym | 1400 | 1600 | 1700 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1700 |
| 5 | Działa, czołgi, samochody, stacje radiolokacyjne w terenie odkrytym | 1500 | 2100 | 2600 | 2800 | 3000 | 3100 | 3100 | 3100 | 3000 |
| 6 | Przeciwlotnicze rakiety kierowane na SS | 1400 | 1700 | 2000 | 2200 | 2300 | 2400 | 2400 | 2400 | 2300 |
| 7 | Samoloty na lotniskach - odkryte | 3000 | 3600 | 4100 | 4600 | 4800 | 5100 | 5200 | 5300 | 5300 |

1/ Materiały badawcze. Zestawienie rezultatów rozpoznania powietrznego. Op.cit.




Rys.26. Szerokość pasa poszukiwania przez załogę jednoosobową.

Do obliczeń przyjęto średni sektor obserwacji wynoszący $40^o$ /średni sektor obserwacji oczu/ oraz średni kąt kursowy $\alpha$ równy $30^o$.

Zatem: $L = d_r \sin\alpha_2 = 0{,}64\ d_r$, /64/

gdzie: $\alpha_2 = 40^o$.

Obliczone dla przytoczonych odległości rozpoznania wartości "L" zestawiono w tabeli 23.

W tej sytuacji poszukiwaną wartość "t" obliczymy ze wzoru:

$$t = \frac{F}{0{,}9LV} \Big/ \frac{m^2}{m.\ m/s} \Big/ = /s/, \qquad /65/$$

gdzie: F - powierzchnia rejonu poszukiwania,
L - szerokość pasa skutecznego poszukiwania w jednym nalocie,
0,9 - współczynnik uwzględniający 10% pokrycia sąsiednich pasów poszukiwania,
V - prędkość lotu.

Tabela 23

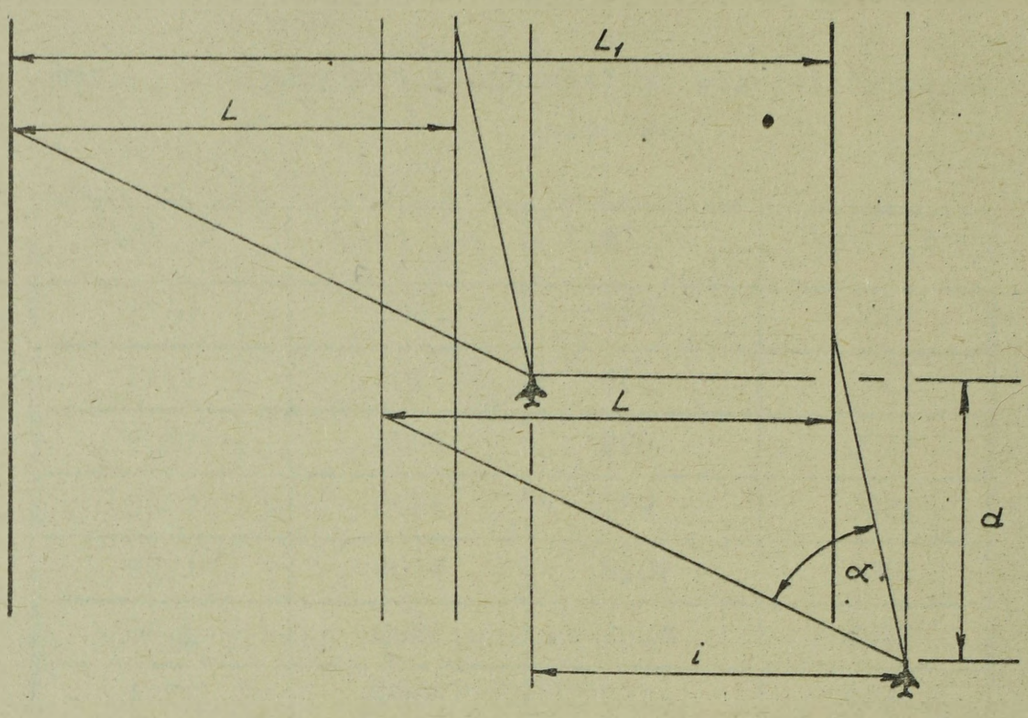
Szerokości pasów skutecznego poszukiwania w jednym nalocie

| $d_r$ /m/ | L /m/ | $d_r$ /m/ | L /m/ |
|---|---|---|---|
| 1000 | 642 | 2600 | 1671 |
| 1300 | 835 | 2700 | 1735 |
| 1400 | 899 | 2800 | 1799 |
| 1500 | 964 | 3000 | 1928 |
| 1600 | 1028 | 3100 | 1992 |
| 1700 | 1092 | 3200 | 2056 |
| 1800 | 1157 | 3600 | 2314 |
| 1900 | 1221 | 4100 | 2635 |
| 2000 | 1285 | 4600 | 2956 |
| 2100 | 1349 | 4800 | 3085 |
| 2200 | 1414 | 5100 | 3278 |
| 2300 | 1478 | 5200 | 3342 |
| 2400 | 1542 | 5300 | 3406 |
| 2500 | 1606 | 5400 | 3471 |

gdzie: $d_r$ - odległość rozpoznania obiektu,

L - szerokość pasa przeszukiwania.

Podczas poszukiwania obiektów naziemnych przez grupę samolotów składającą się z pary samolotów jednomiejscowych, przy zachowaniu warunków, że prowadzący znajduje się w sektorze obserwacji prowadzonego, a ogólny pas poszukiwania zapewnia przeglądnięcie możliwie dużego obszaru terenu, czas poszukiwania w nakazanym rejonie można określić z następujących zależności:




gdzie: i = odstęp między samolotami równy 0,9 L,

d = odległość między samolotami, d = i. ctg$\alpha$ .

Rys. 27. Szerokość pasa poszukiwania przez parę samolotów jednomiejscowych.

Zatem:

$$L_1 = 0{,}9 \cdot 2L = 1{,}8\ L, \qquad /66/$$

$$t = \frac{F}{1{,}8 \cdot L \cdot V} \cdot \qquad /67/$$

Obliczone czasy poszukiwania według podanych wzorów zestawiono w tabeli 24.

Tabela 24

Czasy poszukiwania przez samolot pojedynczy i parę samolotów /min./

| $d_r$ | Pojedynczy samolot | | | | | | Para samolotów | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | V = 500 km/h | | | V = 700 km/h | | | V = 500 km/h | | | V = 700 km/h | | |
| | F=50 km$^2$ | 100 | 400 | 50 | 100 | 400 | 50 | 100 | 400 | 50 | 100 | 400 |
| 1000 | 10,3 | 20,7 | 83,0 | 7,4 | 14,8 | 59,3 | 5,1 | 10,3 | 41,5 | 3,7 | 7,4 | 29,6 |
| 1300 | 7,9 | 15,9 | 63,8 | 5,7 | 11,4 | 45,6 | 3,9 | 7,9 | 31,9 | 2,8 | 5,7 | 22,8 |
| 1400 | 7,4 | 14,8 | 59,3 | 5,3 | 10,6 | 42,3 | 3,7 | 7,4 | 29,6 | 2,6 | 5,3 | 21,2 |
| 1500 | 6,9 | 13,8 | 55,3 | 4,9 | 9,8 | 39,5 | 3,4 | 6,9 | 27,6 | 2,3 | 4,9 | 19,7 |
| 1600 | 6,4 | 12,9 | 51,8 | 4,6 | 9,2 | 37,0 | 3,2 | 6,4 | 25,9 | 2,3 | 4,6 | 18,5 |
| 1700 | 6,1 | 12,2 | 48,8 | 4,3 | 8,7 | 34,8 | 3,0 | 6,1 | 24,4 | 2,2 | 4,3 | 17,4 |
| 1800 | 5,7 | 11,5 | 46,0 | 4,1 | 8,2 | 32,9 | 2,8 | 5,7 | 23,0 | 2,0 | 4,1 | 16,4 |
| 1900 | 5,4 | 10,9 | 43,6 | 3,9 | 7,8 | 31,2 | 2,7 | 5,4 | 21,8 | 1,9 | 3,9 | 15,6 |
| 2000 | 5,1 | 10,3 | 41,5 | 3,7 | 7,4 | 29,6 | 2,6 | 5,2 | 20,7 | 1,8 | 3,7 | 14,8 |
| 2100 | 4,9 | 9,8 | 39,5 | 3,5 | 7,0 | 28,2 | 2,5 | 4,9 | 19,7 | 1,7 | 3,5 | 14,1 |
| 2200 | 4,7 | 9,4 | 37,7 | 3,3 | 6,7 | 26,9 | 2,3 | 4,7 | 18,8 | 1,6 | 3,3 | 13,5 |
| 2300 | 4,5 | 9,0 | 36,0 | 3,2 | 6,4 | 25,7 | 2,2 | 4,5 | 18,0 | 1,6 | 3,2 | 12,9 |
| 2400 | 4,3 | 8,6 | 34,5 | 3,1 | 6,1 | 24,7 | 2,1 | 4,3 | 17,3 | 1,5 | 3,1 | 12,3 |
| 2500 | 4,1 | 8,3 | 33,2 | 2,9 | 5,9 | 23,7 | 2,0 | 4,1 | 16,6 | 1,4 | 2,9 | 11,8 |
| 2600 | 3,9 | 7,9 | 31,9 | 2,8 | 5,7 | 22,8 | 1,9 | 4,0 | 15,9 | 1,4 | 2,8 | 11,4 |
| 2700 | 3,8 | 7,6 | 30,7 | 2,7 | 5,4 | 21,9 | 1,9 | 3,8 | 15,3 | 1,3 | 2,7 | 10,9 |
| 2800 | 3,7 | 7,4 | 29,6 | 2,6 | 5,3 | 21,1 | 1,8 | 3,7 | 14,8 | 1,3 | 2,6 | 10,6 |
| 3000 | 3,4 | 6,9 | 27,6 | 2,4 | 4,9 | 19,7 | 1,7 | 3,4 | 13,8 | 1,2 | 2,4 | 9,9 |
| 3100 | 3,3 | 6,6 | 26,7 | 2,3 | 4,7 | 19,1 | 1,6 | 3,3 | 13,4 | 1,2 | 2,4 | 9,5 |
| 3200 | 3,2 | 6,4 | 25,9 | 2,3 | 4,6 | 18,5 | 1,6 | 3,2 | 12,9 | 1,1 | 2,3 | 9,2 |
| 3600 | 2,8 | 5,7 | 23,0 | 2,0 | 4,1 | 16,4 | 1,4 | 2,9 | 11,5 | 1,0 | 2,0 | 8,2 |
| 4100 | 2,5 | 5,0 | 20,2 | 1,8 | 3,6 | 14,4 | 1,2 | 2,5 | 10,1 | 0,9 | 1,8 | 7,2 |
| 4600 | 2,2 | 4,5 | 18,0 | 1,6 | 3,2 | 12,8 | 1,1 | 2,2 | 9,0 | 0,8 | 1,6 | 6,4 |
| 4800 | 2,1 | 4,3 | 17,2 | 1,5 | 3,0 | 12,3 | 1,1 | 2,1 | 8,6 | 0,8 | 1,5 | 6,1 |
| 5100 | 2,0 | 4,0 | 16,2 | 1,4 | 2,9 | 11,6 | 1,0 | 2,0 | 8,1 | 0,7 | 1,4 | 5,8 |
| 5200 | 1,9 | 3,9 | 15,9 | 1,4 | 2,8 | 11,3 | 1,0 | 2,0 | 8,0 | 0,7 | 1,4 | 5,7 |
| 5300 | 1,7 | 3,5 | 14,0 | 1,3 | 2,7 | 11,1 | 0,9 | 1,9 | 7,8 | 0,7 | 1,4 | 5,6 |

Wykorzystując przedstawione zależności oraz dane wyjściowe obliczono wartości prawdopodobieństw wykrycia typowych obiektów pola walki. Wyniki obliczeń przedstawione zostały na wykresach rys.28-34 oraz zamieszczone w załącznikach 7-10.

Z analizy rezultatów obliczeń wynika, że największe prawdopodobieństwo wykrycia większości obiektów można uzyskać w locie na wysokościach w granicach 300-500 m, oczywiście w przypadku, gdy widzialność jest większa od odległości wykrycia. Istotny wpływ na wielkość prawdopodobieństwa ma prędkość lotu. Z przeprowadzonych kalkulacji dla prędkości 500 i 700 km/h wynika, że wzrost prędkości o około 200 km/h powoduje zmniejszenie prawdopodobieństwa wykrycia o około 1/3.

Otrzymane wyniki, a właściwie ich średnie wartości, są zbliżone do ogólnie przyjmowanych. Zatem, jak należy sądzić, mogą być wykorzystywane w procesie planowania zadań rozpoznawczych.

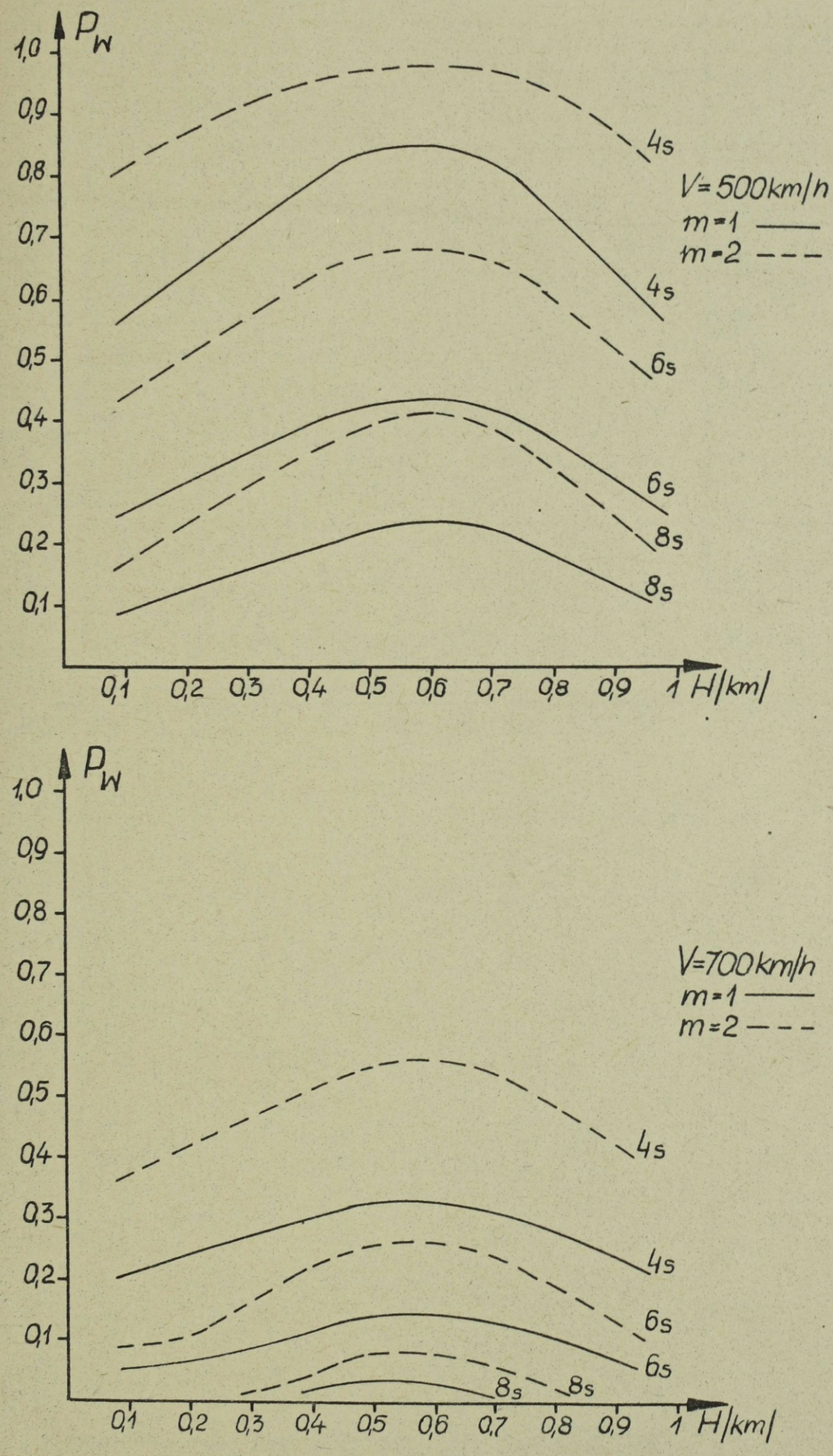
Wartości prawdopodobieństw wykrycia prezentowane w literaturze przedmiotu zamieszczono /dla porównania z obliczeniami/ w tabeli 25 [1/].

Tabela 25

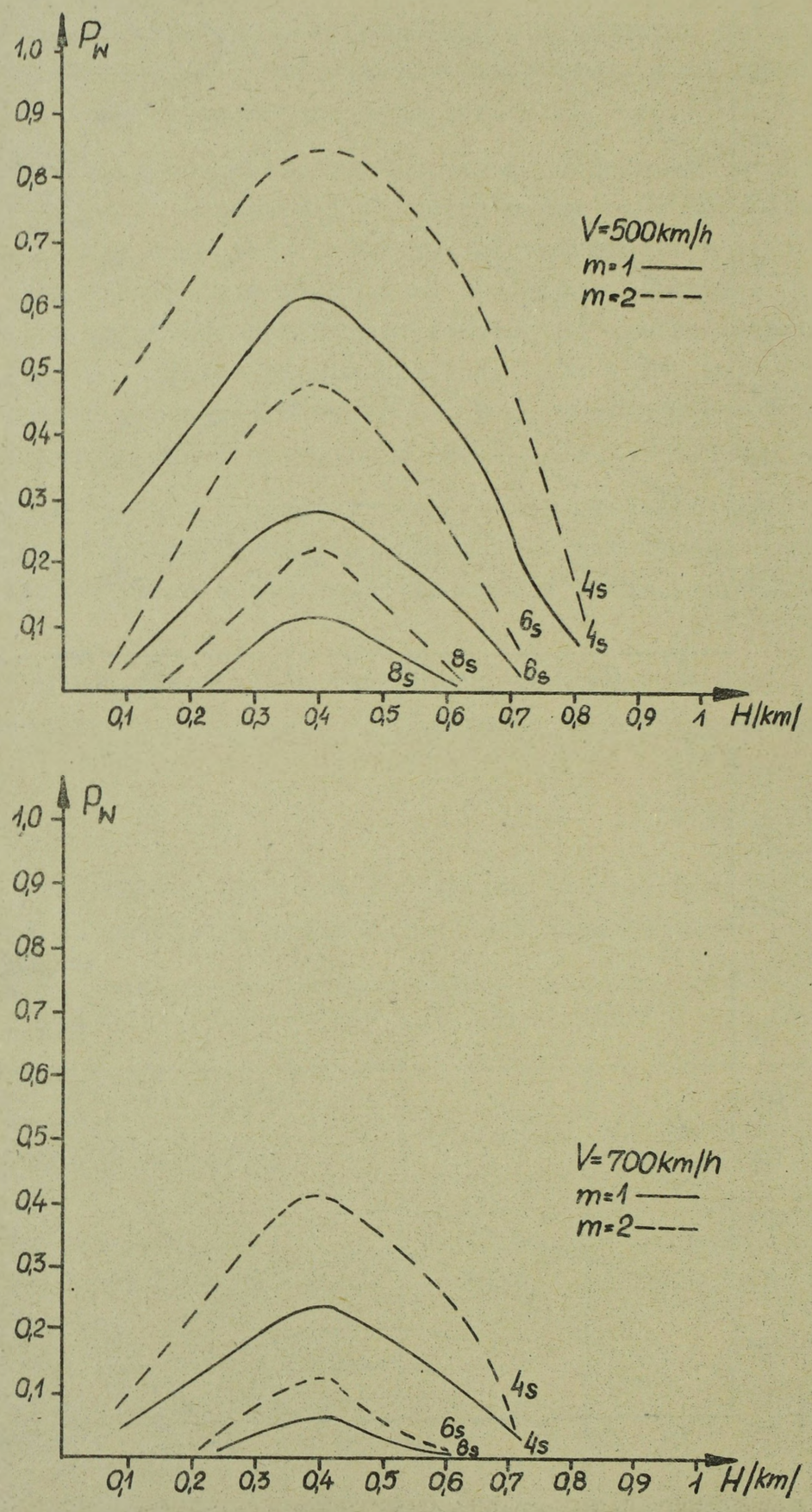
Prawdopodobieństwa wykrycia i rozpoznania obiektów uzyskane na podstawie doświadczeń szkolenia bojowego

| Obiekty rozpoznania powietrznego | Wysokość rozpoznania /m/ | |
|---|---|---|
| | 100-300 | 600-1000 |
| Taktyczno-operacyjne środki napadu jądrowego: | | |
| - w rejonach ześrodkowania | 0,6 | 0,5 |
| - w marszu | 0,7 | 0,6 |
| Samoloty na lotniskach | 0,9 | 0,8 |
| Wojska w rejonach ześrodkowania | 0,8 | 0,7 |
| Przerzuty wojsk: | | |
| - transportem kolejowym i kołowym | 0,9 | 0,8 |
| - transportem samochodowym polnymi drogami | 0,8 | 0,7 |
| Ośrodki i punkty dowodzenia | 0,5 | 0,4 |
| Stanowiska dowodzenia i sztaby | 0,3 | 0,2 |

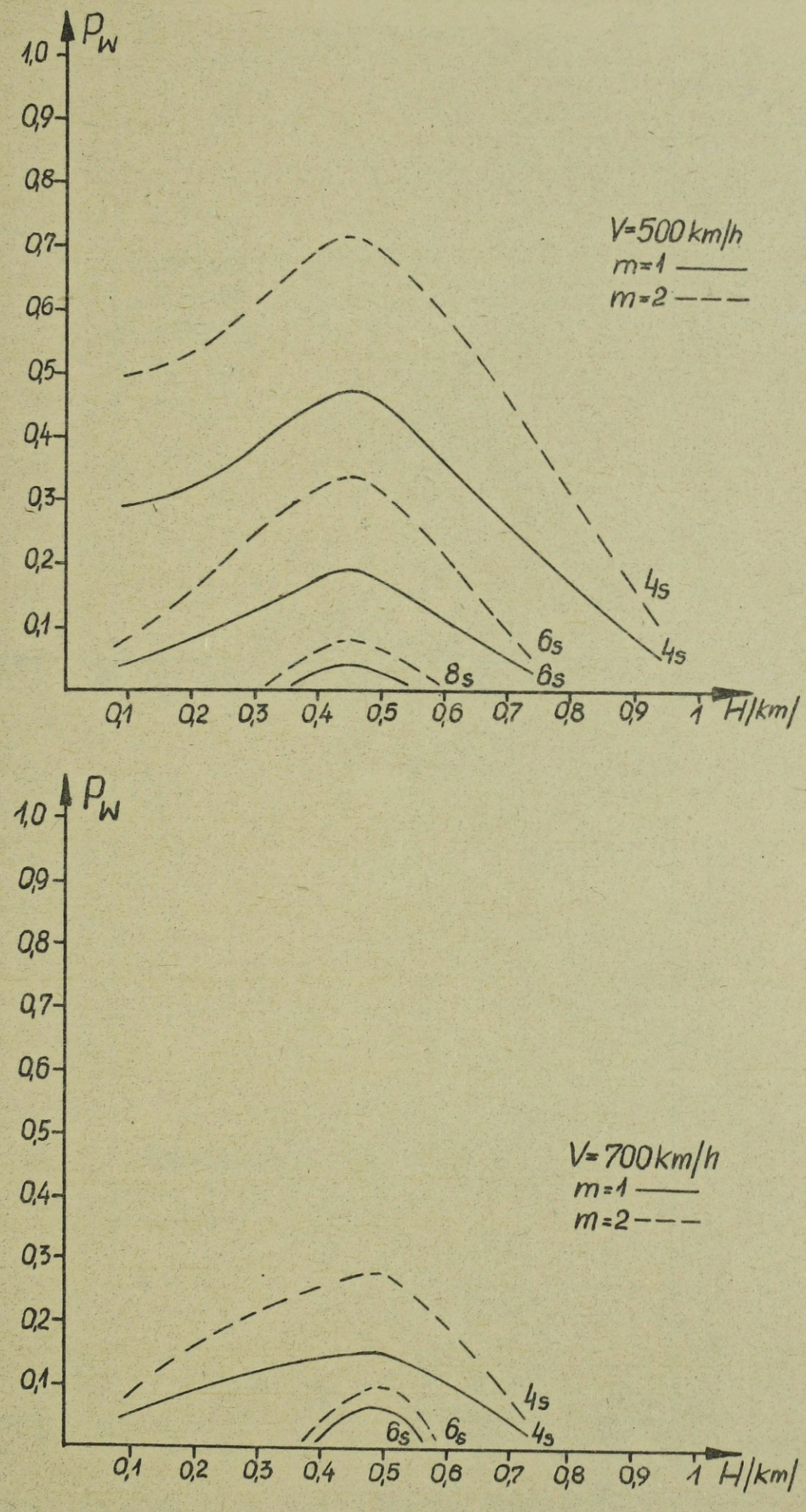
1/ Organizacja i prowadzenie rozpoznania powietrznego we współczesnych operacjach. Szt.Gen. 1972, załącznik 7.



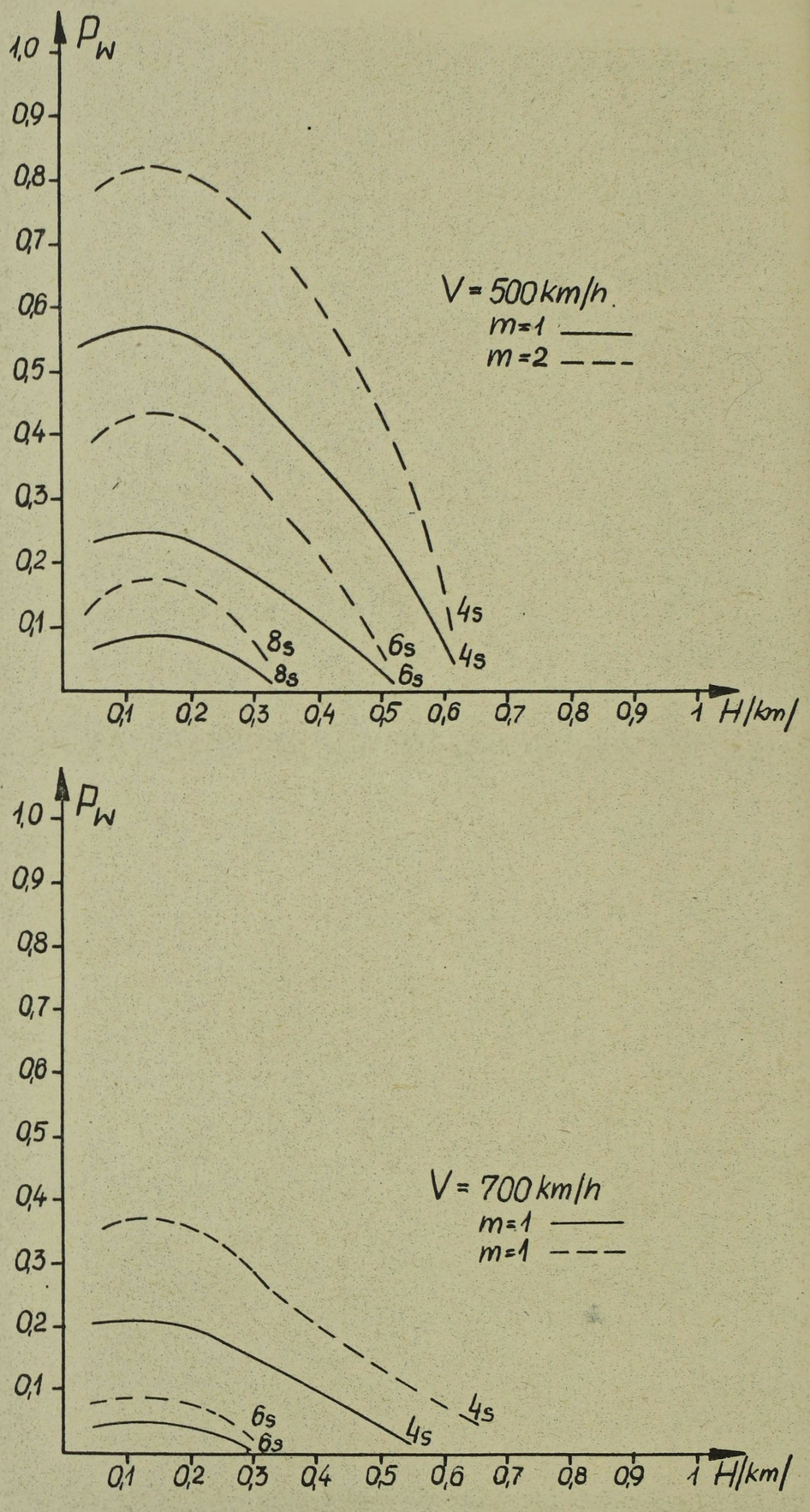

Rys. 28. Wykres prawdopodobieństw wykrycia operacyjnych pocisków rakietowych na SS w terenie zakrytym



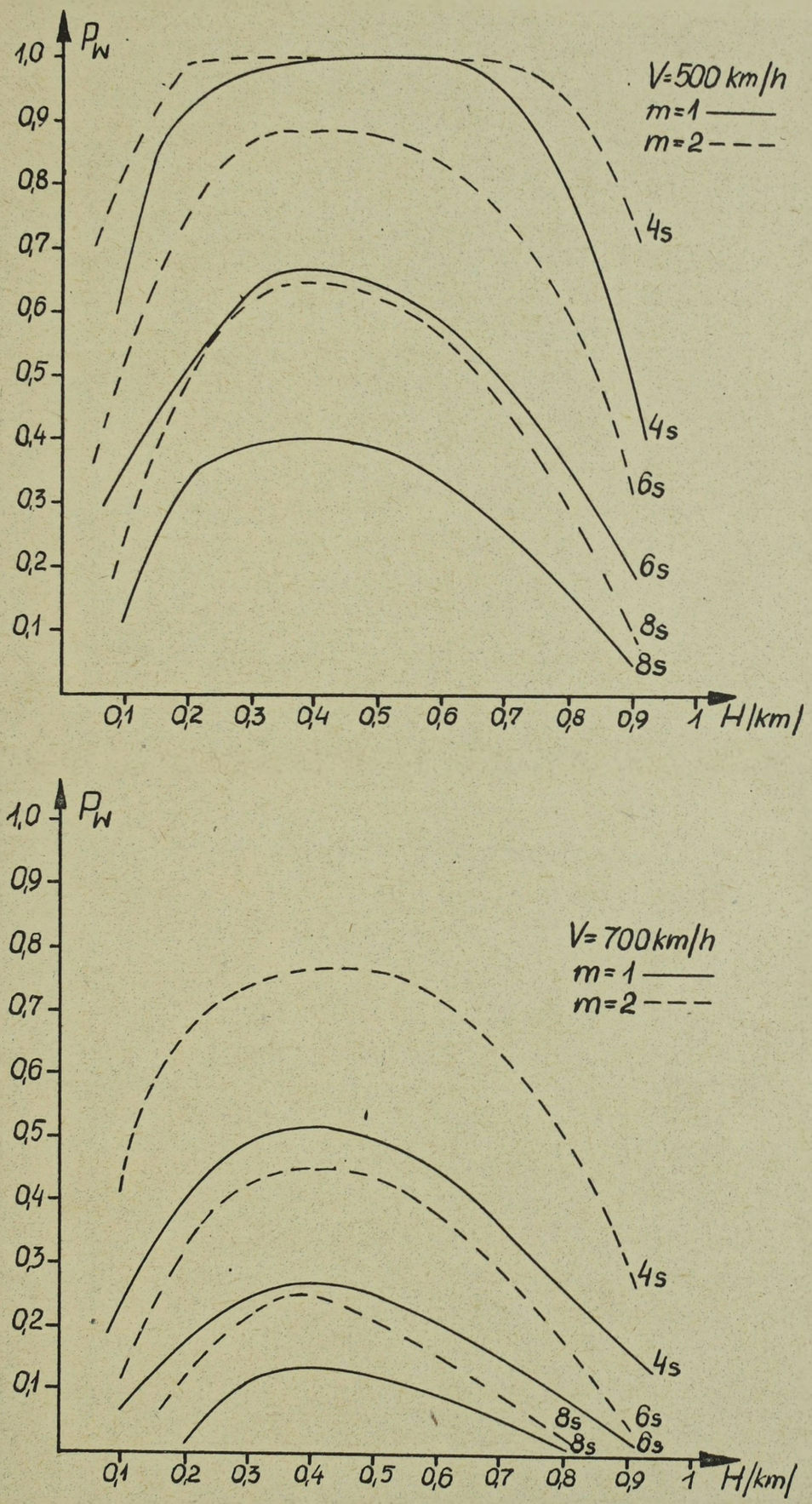

Rys. 29. Wykres prawdopodobieństw wykrycia taktycznych pocisków rakietowych na SS w terenie zakrytym



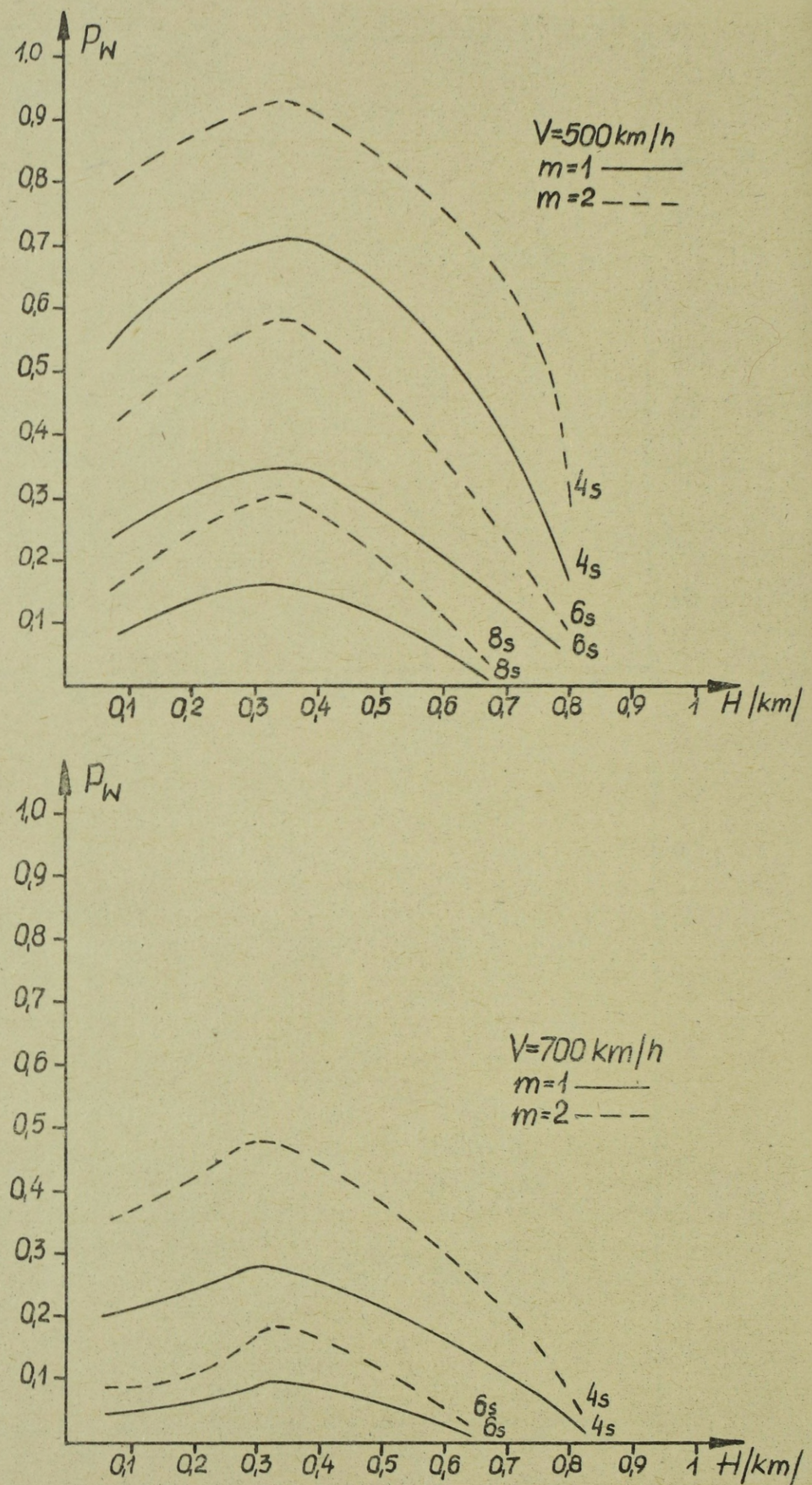

Rys. 30. Wykres prawdopodobieństw wykrycia punktów dowodzenia



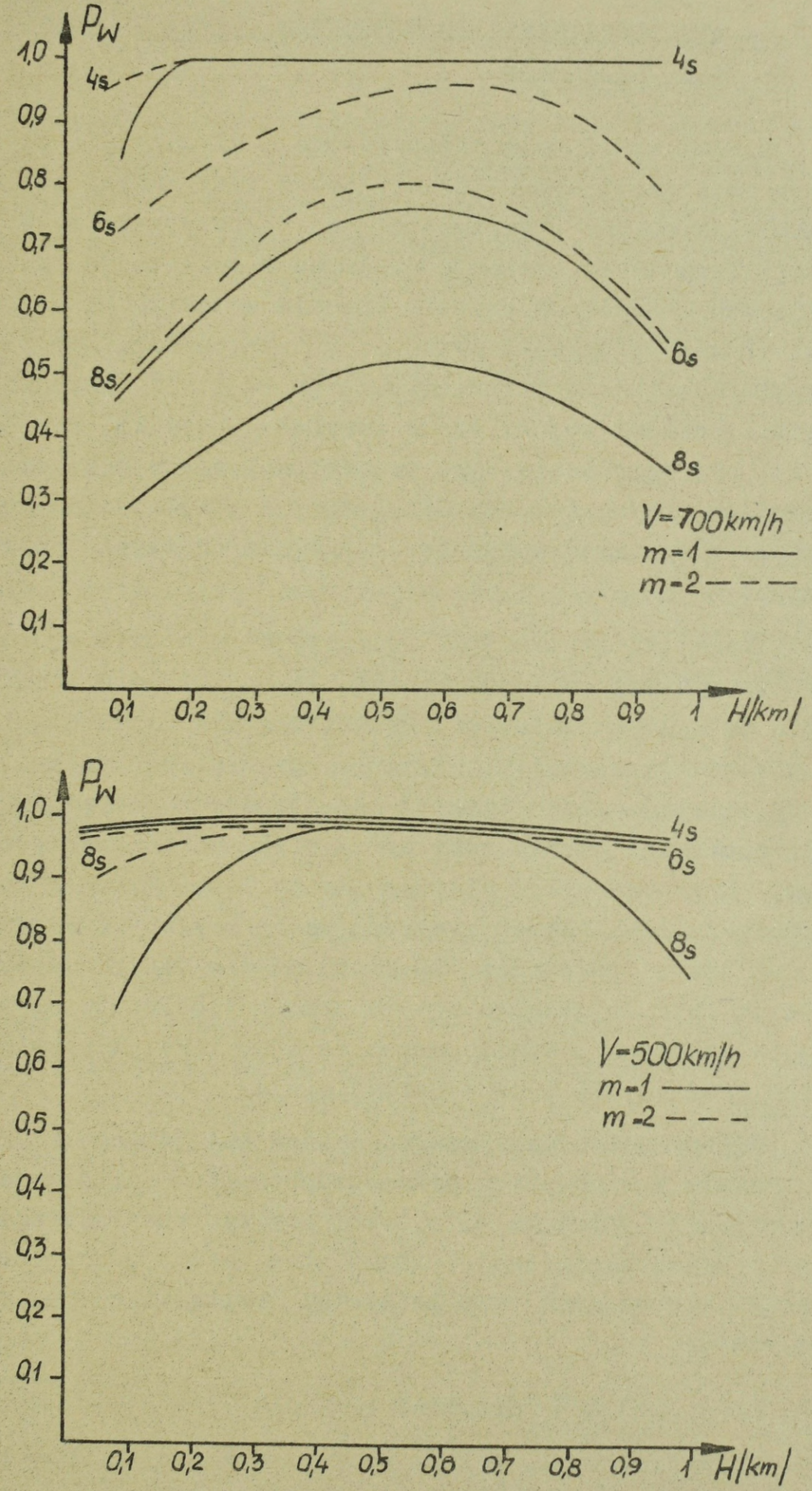

Rys. 31. Wykres prawdopodobieństw wykrycia dział, czołgów, samochodów, RLS w terenie zakrytym /okopane/




Rys. 32. Wykres prawdopodobieństw wykrycia dział, czołgów, samochodów, RLS w terenie odkrytym




Rys. 33. Wykres prawdopodobieństw wykrycia przeciwlotniczych rakiet kierowanych na stanowiskach startowych




Rys. 34. Wykres prawdopodobieństw wykrycia samolotów na lotniskach poza ukryciami

### 2.2.4. Prawdopodobieństwo pokonania obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela

Wykonanie zadania rozpoznawczego niezależnie od sposobu jego realizacji uwarunkowane jest między innymi możliwością pokonania obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela. W literaturze przedmiotu operacje związane z realizacją przedsięwzięć mających na celu uniknięcie rażenia samolotu przez środki OPL lub OP nieprzyjaciela wyrażane są wartościami odpowiednich prawdopodobieństw przeniknięcia przez strefy rażenia różnych środków osłony wojsk. Jak z powyższego wynika, koniecznością staje się określenie tych prawdopodobieństw w zależności od prawdopodobnych środków OPL będących w uzbrojeniu wojsk oraz od przewidywanych warunków lotu własnych samolotów rozpoznawczych.

Z analizy systemów OPL nieprzyjaciela oraz sposobów ich użycia wynika, że rozpatrywanie ich oddzielnie może doprowadzić do mylnych wniosków. Przestrzeganie zasad ciągłości i wielowarstwowości stref ognia sprawia, że system OPL nieprzyjaciela, niezależnie od rodzaju środków oraz ugrupowania i sposobu ich użycia musi być w efekcie końcowym rozpatrywany kompleksowo na całej długości trasy lotu. Zatem w rozwiązywanych zadaniach taktycznych pod uwagę powinny być brane prawdopodobieństwa pokonania OPL globalne dla danych odcinków czy etapów lotu, z uwzględnieniem prawdopodobieństw elementarnych /jednostkowych/, wynikających ze specyfiki działania konkretnych środków OPL i OP nieprzyjaciela.

Interesujące nas prawdopodobieństwa pokonania OPL, będące - zgodnie z rachunkiem prawdopodobieństwa - iloczynem prawdopodobieństw przeniknięcia przez strefy przeciwdziałania artylerii przeciwlotniczej i broni strzeleckiej, przeciwlotniczych rakiet kierowanych oraz lotnictwa myśliwskiego możemy określić ze wzoru:

$$Q_{OPL} = Q_{art.plot}\, Q_{PRK}\, Q_{LM}. \qquad /68/$$

Danymi wyjściowymi, jak ze wzoru wynika, są przede wszystkim prawdopodobieństwa nierażenia samolotu przez wymienione środki,

z uwzględnieniem czynników mających wpływ na skuteczność tych środków. Analiza tych czynników w odniesieniu do konkretnych środków OPL i OP będących w uzbrojeniu nieprzyjaciela oraz wartości liczbowe prawdopodobieństw przenikania w zależności od wysokości i prędkości lotu, liczby samolotów w grupie, wielkości parametrów ugrupowania oraz głębokości przenikania, zamieszczone są w podręczniku "Pokonanie obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela przez lotnictwo frontowe".[1/]

Wybrane dane niezbędne w obliczeniach prawdopodobieństwa wykonania zadania przez lotnictwo rozpoznawcze zestawiono w załącznikach 11-16.

Z analizy prezentowanych danych wynika, że ciągłość i wielowarstwowość stref ognia nie czyni obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela niepokonaną. Wykorzystywanie środków różniących się możliwościami zwalczania samolotów oraz znajomość słabych stron tych środków pozwala na wybranie takiego wariantu lotu rozpoznawczego, który zapewni największe prawdopodobieństwo wykonania zadania bojowego.

Dla lotnictwa rozpoznawczego, jak z obliczeń wynika, decydujące znaczenie mają warunki lotu, przy czym wysokość lotu jest tu czynnikiem bardzo istotnym. Wynika to z dążności, obok zwiększenia skuteczności, do maksymalnego rozszerzenia pionowych stref ognia, a więc podniesienia pułapów i obniżenia podstaw pionowych stref rażenia środków OPL.

Zamieszczone w tabelach dane pozwalają na rozwiązanie większości zadań taktycznych, głównie jednostkowych. W przypadku rozwiązywania zadań planistycznych o większym zakresie wykorzystanie tych danych ze względu na różne warunki lotu i udział w nim grup samolotów staje się kłopotliwe. Dlatego też proponuje się stosowanie tylko dwóch wartości prawdopodobieństw pokonania obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela, to jest 0,5 dla lotów na wysokościach średnich i 0,7 dla lotów na małych wysokościach.[2/]

---

1/ Pokonanie obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela przez lotnictwo frontowe. Wyd.Sztab Gen.WP. DWL 1978.

2/ "Biuletyn Informacyjny" 1977, nr 1/124/. Wyd. Sztab Gen.WP.

2.2.5. Prawdopodobieństwo nadania informacji

Nadanie informacji stanowi etap kończący /w rozpatrywanym modelu/ wykonanie zadania rozpoznawczego. Realizacja tego procesu możliwa jest w przypadku spełnienia dwóch podstawowych warunków.

Pierwszy z nich to bezawaryjna praca pokładowych urządzeń nadawczych w czasie lotu. Problematyka ta w niezbędnym zakresie została poruszona podczas omawiania oceny niezawodności samolotu. Natomiast wartość liczbowa wskaźnika - prawdopodobieństwo poprawnego działania radiostacji - jest uwzględniona w globalnym prawdopodobieństwie poprawnej pracy samolotu jako urządzenia wieloelementarnego.

Drugi warunek wynika z możliwości wykorzystania urządzenia nadawczego w miejscu i czasie oraz sytuacji zapewniających prawdopodobny odbiór informacji przez adresata. Spełnienie tego warunku wynika przede wszystkim z technicznych możliwości pokładowych urządzeń nadawczych oraz urządzeń odbiorczych znajdujących się w wyposażeniu punktów dowodzenia zainteresowanych przekazywanymi informacjami rozpoznawczymi.

Jeśli przyjmiemy, że załoga wykonująca zadanie rozpoznawcze zna miejsce i warunki przekazania danych, a radiostacja działa poprawnie, to prawdopodobieństwo przekazania informacji praktycznie pomniejszone jest, w miarę upływu czasu lotu, przez wzrost prawdopodobieństwa zestrzelenia samolotu. Zatem może być ono uwzględniane podczas ustalania prawdopodobieństwa pokonania OPL nieprzyjaciela na trasie lotu od momentu przelotu rubieży styczności wojsk do chwili przelotu rubieży przekazania danych.

Innymi czynnikami, mogącymi mieć wpływ na przekazanie danych jest promieniowanie jądrowe, które w warunkach współczesnego pola walki trudno wykluczyć. Jak wykazały doświadczenia, małe dawki promieniowania mogą być przyczyną powstawania "szumów" w układach elektronicznych, co utrudnia przekazanie zrozumiałych informacji. Natomiast większe dawki uszkadzają

podstawowe zespoły elektroniczne. Na przykład uważa się, że dla lamp elektronicznych graniczna dawka wynosi $10^{17}$-$10^{18}$ neutronów na centymetr kwadratowy, a promieni gamma $10^{10}$-$10^{11}$ rad[1/]. Znacznie czulsze na promieniowanie są elementy o budowie krystalicznej, a więc tranzystory, diody krzemowe i germanowe, termistory, baterie słoneczne itp. Już dawka $10^{5}$-$10^{6}$ rad. wywołuje ich uszkodzenie.

Przytoczone dawki promieniowania, poza niszczącym wpływem na urządzenia elektroniczne, w pierwszej kolejności są szkodliwe dla zdrowia i życia załogi. Zatem uwzględnianie ich podczas określania prawdopodobieństwa przekazania informacji może być pominięta z przyczyn technicznych.

Przeprowadzona w poprzednich zagadnieniach /od 2.2.2. do 2.2.5./ charakterystyka wskaźników skuteczności oraz zaproponowane ich wartości liczbowe pozwalają na dalsze rozważania i kolejne przekształcenia zapisu matematycznego wskaźnika sumarycznego, jakim jest niewątpliwie prawdopodobieństwo wykonania zadania.

Podstawiając do wzoru umożliwiającego obliczenie interesującego nas wskaźnika przyjęte wartości stałe, to jest prawdopodobieństwo niezawodnego działania samolotu równe 0,98 i prawdopodobieństwo niezawodności pilota 0,99, otrzymamy w przypadku realizacji zadania przez jeden samolot następującą postać tego wzoru:

$$P_{wz} = 0{,}97\ P_w\ Q_{OPL} \qquad /69/$$

Natomiast gdy zadanie realizuje większa ilość sił z tym samym prawdopodobieństwem /$n_s > 1, P_{wz}$ = const/, sumaryczne prawdopodobieństwo wykonania zadania obliczymy ze wzoru:

---

1/ M.Ciechanowicz, Z.Folcik, Cz.Gozdecki, Ż.Rączka, J.Skibiński, A. Zoń: Wybrane metody optymalizacji decyzji. Op.cit., s.217. Rad - jednostka dawki pochłoniętej. Według układu SI 1 rad= = 0,01J/kg. J/kg - dżul na kilogram.

$$P_s = 1 - /1-P_{wz}/^{n_s} \qquad /70/$$

lub

$$P_s = 1 - /1 - 0{,}97\ P_w\ Q_{OPL}/^{n_s} . \qquad /71/$$

W przypadku gdy każdy ze środków rozpoznania wykonuje zadanie z innym prawdopodobieństwem /$n_s > 1$, $P_{wz} \neq$ const/, prawdopodobieństwo sumaryczne obliczymy ze wzoru, będącego rozwinięciem poprzedniego:

$$P_s = 1 - /1-0{,}97P_w^{/1/}Q_{OPL}//1-0{,}97P_w^{/2/}Q_{OPL}/.../1-0{,}97P_w^{/n/}Q_{OPL}/, \qquad /72/$$

czyli

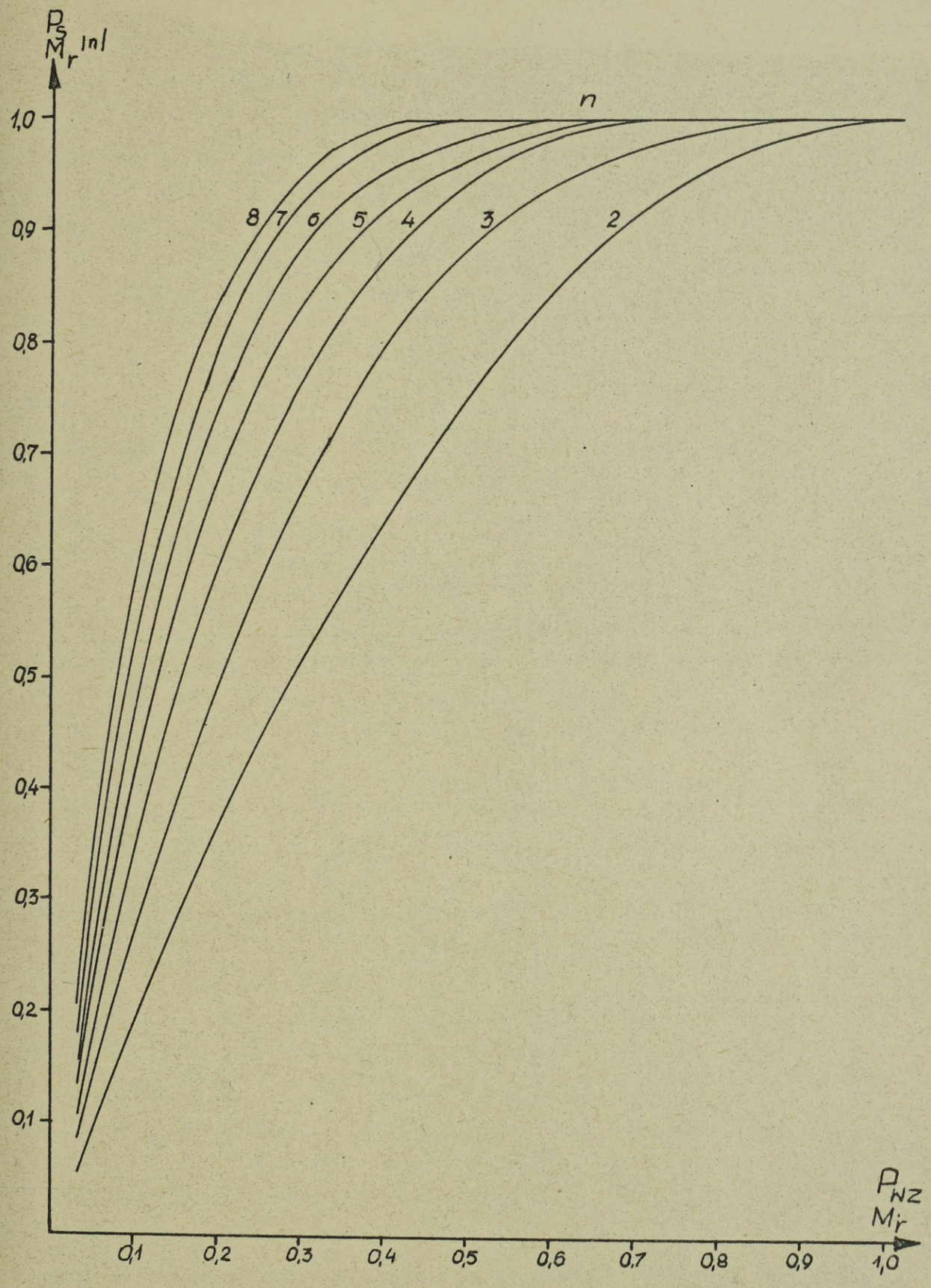
$$P_s = 1 - \prod_{i=1}^{n} /1-0{,}97P_w^{/n/}Q_{OPL}/ \qquad P_w \neq \text{const.}$$

Wartości funkcji podstawowej, zapewniającej określenie wskaźnika sumarycznego przedstawiono na wykresie rys. 35 i w załączniku 17. Natomiast wykorzystując omówione zależności opracowano nomogram /rys.36/ umożliwiający rozwiązanie dwóch zadań:

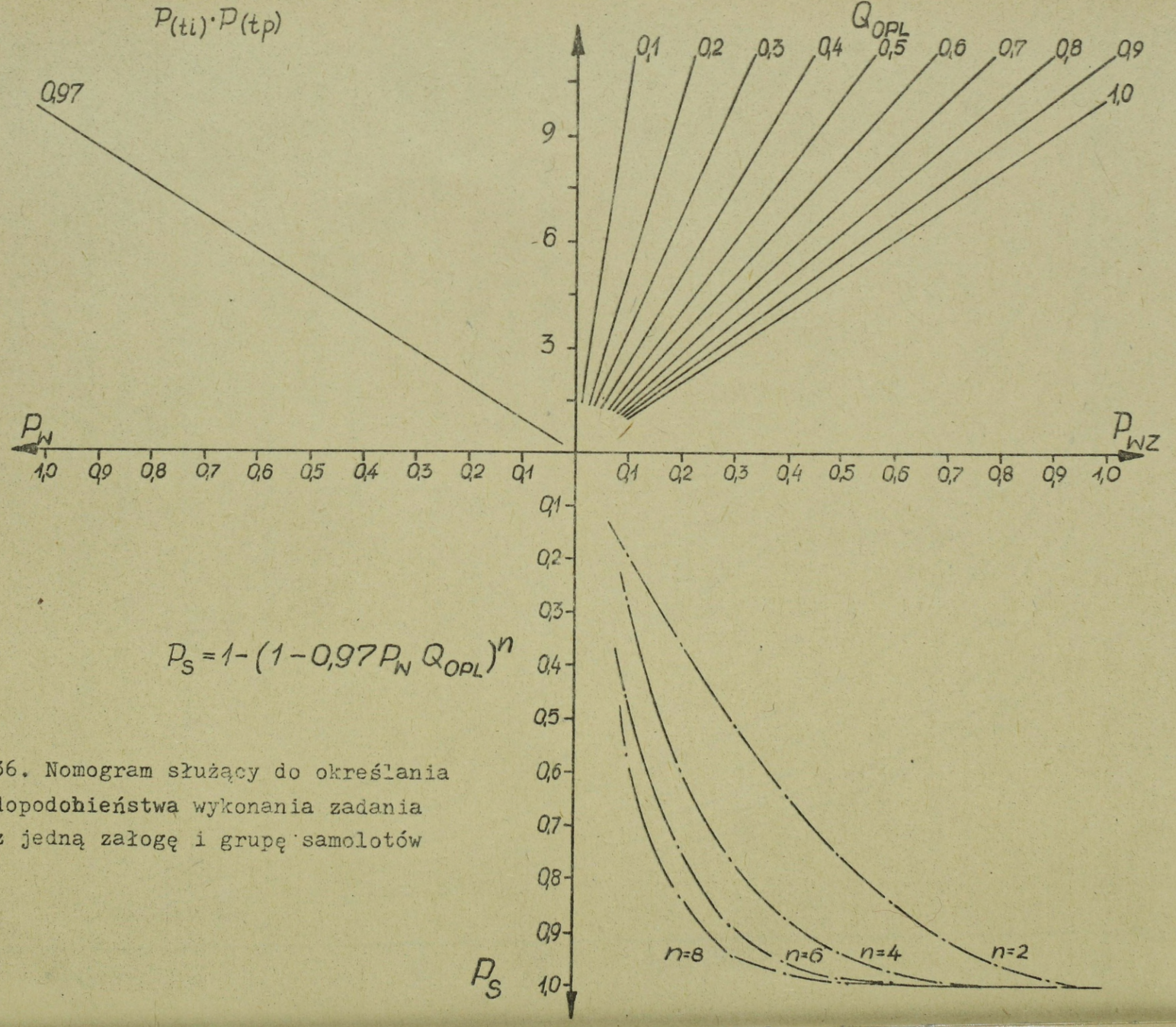
- określenie prawdopodobieństwa wykonania zadania przez jeden samolot z uwzględnieniem niezawodności pilota i samolotu,
- określenie prawdopodobieństwa sumarycznego wykonania zadania.

### 2.2.6. Oczekiwana część rozpoznanej powierzchni

Realizacja części rozpoznawczych wymaga przeszukania określonego, czasem bardzo dużego rejonu, w granicach którego mogą się znajdować obiekty rozpoznania. W takiej sytuacji zadanie rozpoznawcze sprowadza się do uzyskania możliwie dużej ilości informacji o nieprzyjacielu i o jego obiektach rozmieszczonych w tym rejonie. Wymaga to przeszukania i rozpoznania dużej powierzchni.




Rys. 35. Wykres funkcji $P_s = 1 - /1 - P_{WZ}/^n$

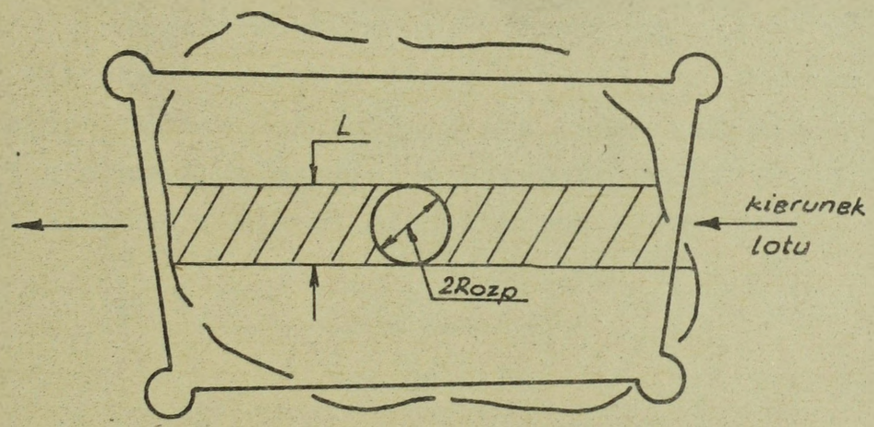



Rys.36. Nomogram służący do określania prawdopodobieństwa wykonania zadania przez jedną załogę i grupę samolotów

W charakterze wskaźnika efektywności często brana jest pod uwagę średnia rozpoznana powierzchnia M/Sr/. Jak praktyka wykazuje, interpretacja otrzymanych w ten sposób wyników bywa niejednoznaczna. W celu uniknięcia niejasności wygodniej jest rozpatrywać nie absolutną /jak poprzednio/, a względną średnią rozpoznaną powierzchnię, a właściwie udział rozpoznanej powierzchni w całości powierzchni rejonu rozpoznania. Zależność tą możemy zapisać następująco:

$$M_r = \frac{M/Sr/}{S_D}, \qquad /73/$$

gdzie: M/Sr/ - rozpoznana powierzchnia /nakazana, możliwa/,
$S_D$ - całkowita powierzchnia rejonu rozpoznania.




Rys.37. Schemat rozpoznania przez jedną załogę w jednym nalocie.

Rozwiązanie tego zadania oparto o typowy schemat rozpoznania, w którym przyjęto następujące założenia: odcinki lotu przebiegające przez rejon rozpoznania nigdzie się ze sobą nie przecinają, a każda z części rejonu jest rozpoznawana tylko raz. W tym przypadku załoga samolotu przeszukuje pas terenu o szerokości 2Rrozp = L i rozpoznaje położone w nim obiekty z prawdopodobieństwem "P".

Zatem średnia część powierzchni rejonu rozpoznana przez jedną załogę jest równa:

$$M_r = \frac{S_{pr}}{S_D} P_w, \qquad /74/$$

gdzie= $S_{pr}$ - przeszukana przez jedną załogę powierzchnia.

Podczas rozwiązywania zadań tego typu należy pamiętać o wielkościach zmiennych, jakimi są "$S_{pr}$" i "$P_w$". Przeszukana przez jedną załogę powierzchnia"$S_{pr}$" zależy od "L", a zatem od widoczności i charakteru /typu/ obiektu rozpoznania. Od tych samych czynników zależy prawdopodobieństwo wykrycia. Jak praktyka wykazuje, ustalenie przed lotem rozpoznawczym tych wielkości jest dość trudne. Dlatego też skuteczność rozpoznania wzrokowego najwygodniej jest oceniać dla najmniej sprzyjających warunków, mając na uwadze najbardziej trudne do wykrycia obiekty.

Przykład: L=4 km, długość trasy w rejonie rozpoznania 20 km, jeden nalot, średnie prawdopodobieństwo wykrycia obiektów w rejonie rozpoznania $P_w$=0,8, całkowita powierzchnia rejonu rozpoznania $S_D = 100\ km^2$.

$$S_{pr} = 4 \cdot 20 = 80\ km^2$$

$$M_r = \frac{80}{100} 0,8 = 0,64$$

Wniosek: Jeden samolot wykryje średnio 64% obiektów, znajdujących się prawdopodobnie w rejonie "D". Nie popełni się też większego błędu twierdząc, że każdy z obiektów położonych w pasie poszukiwania zostanie rozpoznany ze średnim prawdopodobieństwem 0,64.

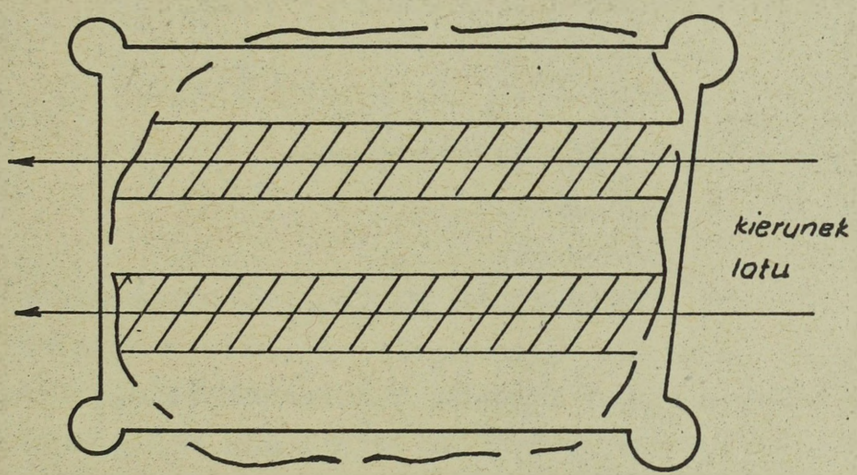
Omówiony przypadek dotyczy wykonania zadania przez jedną załogę w jednym nalocie /przelocie nad rejonem rozpoznania/. Może on mieć miejsce zawsze wtedy, gdy zasadnicza część rejonu rozpoznania mieści się w przeszukiwanej przez jedną załogę w jednym nalocie powierzchni lub jest do niej zbliżona. W każdej innej sytuacji do wykonania zadania wyznacza się kilka załóg

lub jednej załodze nakazuje się kilkakrotny przelot nad rejonem rozpoznania.

Rozwiązanie tej problematyki wymaga, jak poprzednio, przyjęcia założenia, że załogi charakteryzują się takimi samymi właściwościami, to jest rozpoznają obiekty w pasie skutecznego rozpoznania "L" i wykrywają te same obiekty z identycznym prawdopodobieństwem.

Przyjmując do wstępnych rozważań dwie załogi, zadanie może być wykonane w dwóch wariantach.

W wariancie pierwszym trasy samolotów nie przecinają się, a powierzchnie nie pokrywają się. Sytuacja taka przedstawiona jest na rysunku




Rys.38. Schemat rozpoznania po kilku trasach nie pokrywających się.

Zatem sumaryczna średnia część rozpoznanej powierzchni "M" jest równa sumie części powierzchni rozpoznanych przez obydwa samoloty /wszystkie samoloty wykonujące zadanie w podobny sposób/

$$M_r = M_r^{/1/} + M_r^{/2/} \qquad /75/$$

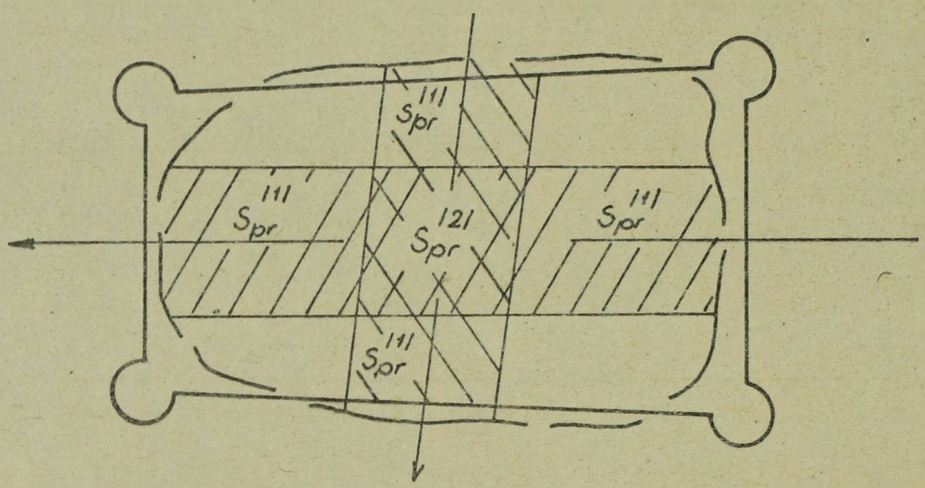
lub

$$M_r = \frac{S_{pr}^{/1/}}{S_D} P + \frac{S_{pr}^{/2/}}{S_D} P, \qquad /76/$$

gdzie:

$M_r^{/1/}$, $M_r^{/2/}$ - średnie części powierzchni rozpoznane oddzielnie przez pierwszy i drugi /kolejny/ samolot.

W wariancie drugim sytuacja jest inna. Przeszukiwane strefy pokrywają się /przecinają się/ - rys.




Rys. 39. Schemat rozpoznania po trasach przecinających się.

W tym przypadku przeszukiwana strefa składa się z dwóch różnych części. Do pierwszej zaliczyć należy te jej elementy, które przeszukiwane są tylko przez jedną załogę /jeden raz/. Są to "$S_{pr}^{/1/}$", w których wszystkie zależności pozostają jak poprzednio. Druga część strefy, jak to wynika ze schematu, przeszukiwana jest dwa razy - "$S_{pr}/2/$". W jej granicach prawdopodobieństwo wykrycia obiektu będzie większe, gdyż obiekt może być wykryty zarówno przez pierwszy, jak i drugi samolot. Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że samoloty wykrywają niezależnie jeden od drugiego, to w granicach dwukrotnie przeszukiwanej strefy prawdopodobieństwo wykrycia obiektu jest równe:

$$P_w = 1-/1-p/^2. \qquad /77/$$

Podstawiając "$P_w$" do wzoru na sumaryczną średnią część rozpoznanej powierzchni "M" otrzymamy zależność umożliwiającą obliczenie ogólnej średniej części rozpoznanej powierzchni.

$$M_r = \frac{S_{pr}/1/}{S_D} P_w + \frac{S_{pr}/2/}{S_D} [1 - /1-P_w/^2], \quad P_w = \text{const.} \quad /78/$$

Rozwijając dalej powyższą zależność o kolejne człony otrzymamy wzór mogący mieć zastosowanie w przypadku ogólnym, gdy rejon rozpoznania przeszukuje "$n_s$" samolotów. Wzór umożliwiający w tym przypadku obliczenie średniej części rozpoznanej powierzchni przyjmie postać:

$$M_r = \frac{S_{pr}/1/}{S_D} P_w + \frac{S_{pr}/2/}{S_D} [1-/1-P_w/^2] + \ldots + \frac{S_{pr}/n/}{S_D} [1-/1-P_w/^n],$$

czyli

$$M_r = \frac{1}{S_D} \sum_{n=1}^{m} S_{pr}{}^{/n/} [1-/1-P_w/^n], \qquad /79/$$

gdzie: $S_{pr}{}^{/1/}$, $S_{pr}{}^{/2/} \ldots S_{pr}{}^{/n/}$ - strefa przeszukiwania przez jeden, dwa,... wszystkie "n" samolotów.

Z doświadczeń wynika, że stosowanie powyższej zależności w praktyce jest dość kłopotliwe. Dlatego też, uwzględniając przyjęte w rozważaniach założenia /to znaczy dla załóg wykonujących zadania w tym samym rejonie L = const. i $P_w$ = const./, średnią część rozpoznanej powierzchni dla wszystkich "n" samolotów rozpoznawczych wykonujących lot w rejonie rozpoznania po przypadkowych trasach można w przybliżeniu określić wykorzystując zależność:

$$M_r{}^{/n/} = 1 - /1-M_r/^n, \qquad /80/$$

gdzie: $M_r$ - średnia część rozpoznanej powierzchni, przypadająca na jeden samolot.

Otrzymane przy użyciu powyższego wzoru wyniki są wystarczająco dokładne, aby mogły być wykorzystane w kalkulacjach. Ponadto zaletą tego wzoru jest ograniczona do dwóch ilość zmiennych, co pozwala na wcześniejsze wykonanie obliczeń, tabelaryczne ich zestawienie lub sporządzenie - na podstawie

otrzymanych prognostycznych wyników - wykresów. Do określenia średniej części rozpoznanej powierzchni dla "n" samolotów rozpoznawczych mogą być wykorzystywane wartości podstawowej funkcji, zapewniające określenie sumarycznego wskaźnika wykonania zadania $P_s$, zestawione w tabeli 17 /załączniki/ lub wspólny dla $P_s$ i $M_r/n/$ wykres rys. 35.

Oceniając skuteczność wzrokowego rozpoznania powietrznego lub planując zadania rozpoznawcze według średniej rozpoznanej powierzchni jako wskaźnika należy uwzględniać, podobnie jak w innych zadaniach, wszystkie te czynniki, które mają decydujący wpływ na wykonanie zadania rozpoznawczego. Z poprzednich rozważań wynika, że są to prawdopodobieństwa pokonania OPL nieprzyjaciela oraz sumaryczny wskaźnik niezawodności układu "pilot-samolot".

Z analizy literatury wypływa, że rozwiązanie tego zadania może być oparte o założenia, które warunkowały rozwiązanie zadań poprzednich. Oznacza to, że załogi rozpoznawcze wykonujące zadanie bojowe w tym samym rejonie charakteryzują się tymi samymi właściwościami oraz:

- mogą być rażone przez nieprzyjaciela niezależnie jedna od drugiej,
- wskaźnik skuteczności "M" wzrasta w zależności od liczby załóg "n" /dokładnie lub w przybliżeniu/ według rozkładu wykładniczego.

Wynika z tego, że przeciwdziałanie nieprzyjaciela oraz niezawodność sprzętu mają wpływ przede wszystkim na możliwości bojowe każdej z biorących udział w wykonaniu zadania bojowego załóg oddzielnie. W tych warunkach czynniki te mogą być uwzględniane podczas określania wskaźnika skuteczności dla jednej załogi, co w konsekwencji pozwoli na uwzględnienie ich podczas określania wskaźnika globalnego.

Jak wykazano wcześniej, skuteczność załogi bez uwzględnienia przeciwdziałania nieprzyjaciela oraz możliwości zaistnienia zakłóceń w pracy środka rozpoznania, jest wyrażana względną średnią rozpoznaną powierzchnią "$M_r$". Z chwilą wystąpienia tych zdarzeń skuteczność załogi maleje i w efekcie końcowym zostaje przez nie pomniejszona.

Zatem wzór zapewniający określenie średniej części rozpoznanej powierzchni w przypadku przeszukiwania rejonu przez grupę samolotów, których wymienione czynniki mają te same wartości, przyjmie postać:

$$M_r = 1 - /1-0,97\ Q_{OPL}\ M_r/^{n_s}, \qquad /81/$$

gdzie: $M_r$ - średni udział powierzchni rozpoznanej przez jeden samolot,

$Q_{OPL}$ - prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela przez jedną załogę,

0,97 - współczynnik niezawodności układu "pilot-samolot".

Przykład: Biorąc za podstawę warunki jak w poprzednim przykładzie obliczyć średnią część rozpoznanej powierzchni w przypadku, gdy zadanie wykonują trzy załogi, które pokonują OPL nieprzyjaciela z $Q_{OPL} = 0,7$

$$M_r = 0,64$$

$$M_r^{/3/} = 1 - /1-0,97 \cdot 0,7 \cdot 0,64/^3 = 0,82$$

Przedstawiony powyżej sposób uwzględniania w wyliczeniach przeciwdziałania OPL i stopnia niezawodności środka rozpoznania polegający na mnożeniu wskaźnika skuteczności każdej jednostki bojowej przez prawdopodobieństwa pokonania OPL nieprzyjaciela i niezawodnej pracy układu "pilot-samolot" tej jednostki, może być zastosowany i w przypadku, gdy skuteczność poszczególnych załóg rozpoznawczych oraz wymienione prawdopodobieństwa dla nich nie są jednakowe. Przyjmując warunek, że jednostki rozpoznawcze są rażone niezależnie od drugiej, wskaźnik skuteczności będzie mógł być wyrażony wzorem:

$$M_r^{/n/} = 1-/1-0,97\ Q_{OPL} \cdot M_r^{/1/} /\cdot/1-0,97 \cdot Q_{OPL} \cdot M_r^{/2/}/\ldots$$

$$\ldots/1 - 0,97 \cdot Q_{OPL} \cdot M_r^{/n/}/ \qquad /82/$$

gdzie: $M_r^{/1/}, M_r^{/2/}, \ldots M_r^{/n/}$ - wskaźniki efektywności poszczególnych załóg rozpoznawczych.

Należy jednak pamiętać, że otrzymane przy zastosowaniu tych wzorów wyniki są przybliżone, z reguły nieco niższe od rzeczywistych.

### 2.2.7. Oczekiwana /średnia/ liczba elementów prostych wykrytych w obiekcie złożonym

Osiągnięcie założonego /wymaganego/ celu w zadaniu rozpoznawczym zależy od dostarczenia wielu, czasem bardzo dokładnych danych zarówno o obiekcie rozpoznania jak i elementach /czynnikach/ jemu towarzyszących. Spełnienie tego warunku jeszcze w okresie planowania zadań rozpoznawczych wymaga rozwiązania taktycznego zadania prognostycznego, którego zasadniczym członem, oprócz sprecyzowanego celu, jest typ obiektu będącego przedmiotem rozpoznania.

Oczekiwana /średnia/ liczba wykrytych elementów obiektu jest wskaźnikiem skuteczności zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego zawsze wtedy, gdy w rozważaniach są brane pod uwagę obiekty głównie wieloelementowe - grupowe. W zadaniach, w których przedmiotami rozpoznania są obiekty punktowe, skuteczność rozpoznania charakteryzowana jest zazwyczaj oczekiwaną /średnią/ liczbą wykrytych parametrów obiektu. W omawianej sytuacji wybór wskaźnika powinien być podporządkowany przede wszystkim możliwemu do osiągnięcia w danych warunkach celowi zadania rozpoznawczego. Jak z praktyki wynika, najczęściej wykorzystywanym w kalkulacjach wskaźnikiem dla obiektów grupowych i punktowych jest wspólny wskaźnik - oczekiwana /średnia/ liczba wykrytych /rozpoznanych/ elementów obiektu:

$$M_r = M/X_r/, \qquad /83/$$

gdzie: $X_r$ - jest zmienną losową, liczbą wykrytych /rozpoznanych/ elementów obiektu.

Z analizy literatury i praktycznych doświadczeń wynika, że rozwiązanie tego zadania, zmierzające do określenia oczekiwanej liczby wykrytych elementów obiektów jako wskaźnika skuteczności, wymaga rozważenia dwóch podstawowych schematów zadań rozpoznawczych. Należą one do tych, które są wykorzy-

stywane w większości przypadków, w czasie planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego. Wspólnym członem tych schematów, a jednocześnie warunkiem ograniczającym, jest ogólna możliwa do rozpoznania liczba elementów obiektu - $X_r$, którą możemy przedstawić w postaci sumy "N" zmiennych losowych, czyli sumy wszystkich elementów obiektu:

$$X_r = X_1 + X_2 + \ldots + X_n = \sum_{i=1}^{n} X_i, \qquad /84/$$

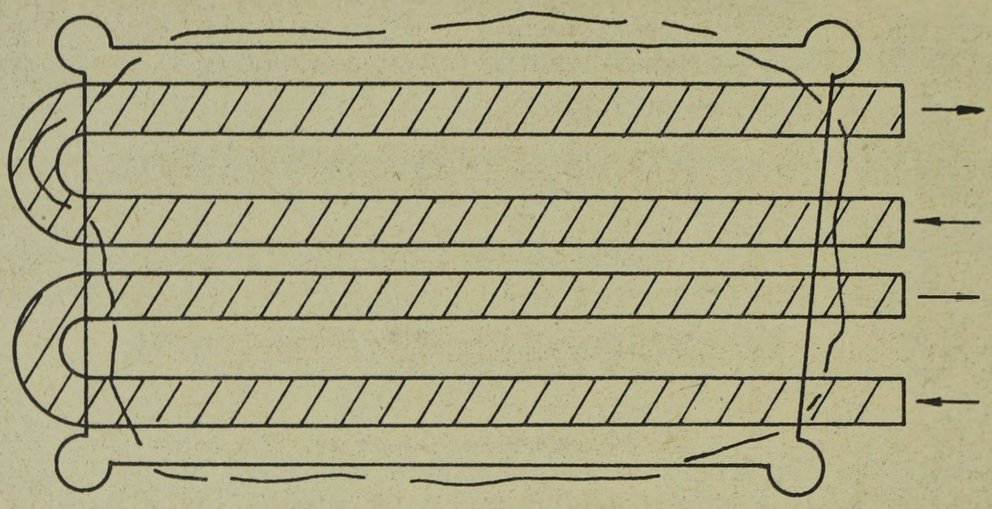
gdzie: $X_1, X_2 \ldots\ldots, X_n$ = ilość poszczególnych typów elementów obiektu.

Powyższe stwierdzenie jest prawdziwe, gdyż nie można wykryć więcej elementów obiektu niż w ogóle ich jest.

Konstrukcja powyższego schematu zadania rozpoznawczego podporządkowana jest ogólnemu sposobowi organizacji rozpoznania obiektu grupowego rozśrodkowanego. Z charakterystyk obiektów tego typu wynika, że jego elementy mogą być rozmieszczane w różnych od siebie odległościach, w wielu przypadkach - dość znacznych. Wynika z tego, że ogólna zajmowana przez obiekt powierzchnia może być dość duża, zwykle wielokrotnie przekraczająca powierzchnię przeglądaną przez załogę w czasie jednorazowego przelotu nad obiektem. Stosunek tych powierzchni uzależniony jest od wysokości lotu, która nie może być dowolnie zwiększona. Powinna ona przede wszystkim zabezpieczać dogodne warunki rozpoznania nawet najmniejszych elementów obiektu, niezbędnych do jego identyfikacji.

Z powyższych ustaleń wynika, że schemat rozpoznania obiektu grupowego rozśrodkowanego jest zbliżony do schematu rozpoznania obiektów powierzchniowych. Zatem obiekty tego typu mogą być rozpoznawane według dwóch wariantów.

W wariancie pierwszym lot samolotu /samolotów/ odbywa się po trasach nie przecinających się, a poszukiwane powierzchnie nie pokrywają się.
Schemat takiego lotu przedstawiono na rysunku 40.



Rys. 40. Rozpoznanie obiektu grupowego w locie po trasach nie przecinających się.

W celu określenia oczekiwanej liczby rozpoznanych elementów niezbędne staje się obliczenie powierzchni rozpoznawanej przez załogę w czasie jednego przelotu.

$$S_{pr}^{/1/} = L \cdot d, \qquad /85/$$

gdzie: L - szerokość pasa skutecznego rozpoznania,
d- długość trasy jednorazowego przelotu przez rejon rozpoznania.

Zatem ogólna powierzchnia rozpoznania przez jedną załogę wyniesie:

$$S_{pr} = S_{pr}^{/1/} \cdot n_t, \qquad /86/$$

gdzie: $n_t$ - ilość przelotów przez rejon rozpoznania.

Przyjmując do dalszych rozważań założenie, że elementy obiektu są względnie równomiernie rozłożone na całej powierzchni rejonu "$S_D$" i są wykrywane ze średnim prawdopodobieństwem "$P_w$", możemy stwierdzić, że średnia oczekiwana liczba rozpoznanych elementów obiektu jest równa wartości średniej rozpoznanej powierzchni. Zatem:

$$M_r = \frac{S_{pr}}{S_D} P_w \quad /\% \text{ rozpoznanych elementów obiektu rozmieszczonych na powierzchni } S_D/. \qquad /87/$$

W przypadku gdy obiekt rozpoznawany jest przez "n" załóg o tych samych właściwościach /L = const., $P_w$ = const./, wzór przyjmie postać:

$$M_r = M_r^{/1/} + M_r^{/2/} + .... + M_r^{/n/}, \qquad /88/$$

gdzie: $M_r^{/1/}$, $M_r^{/2/}$,....$M_r^{/n/}$ - średnie części powierzchni, rozpoznane przez pierwszy, drugi,... kolejny samolot.

Wyprowadzony wzór jest prawdziwy dla przyjętych założeń, a obliczone wartości $M_r^{/1/}$, $M_r^{/2/}$ itd. są równoważne średniej rozpoznanej części elementów obiektu na powierzchni "$S_{pr}$". Jeśli więc znana jest liczba elementów rozmieszczonych w rejonie rozpoznania, średnią oczekiwaną liczbą rozpoznanych elementów obiektu obliczymy ze wzoru:

$$M_r = XM_r^{/1/} + XM_r^{/2/} + ... + XM_r^{/n/}, \qquad /89/$$

gdzie: X - ilość elementów obiektu.

Przykład: Rejon o powierzchni $S_D$ = 100 km$^2$ jest przeszukiwany przez parę samolotów, która wykrywa rozmieszczone elementy z $P_w$ = 0,6. Każda z załóg przelatuje przez rejon dwukrotnie po wyznaczonych dla siebie trasach, przeszukując pas o szerokości L = 2 km i długości d = 10 km. Obliczyć średnią powierzchnię rozpoznaną przez oba samoloty oraz ilość prawdopodobnie wykrytych elementów, jeżeli obiekt składa się z 6 elementów.

$$S_{pr}^{/1/} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ km}^2$$

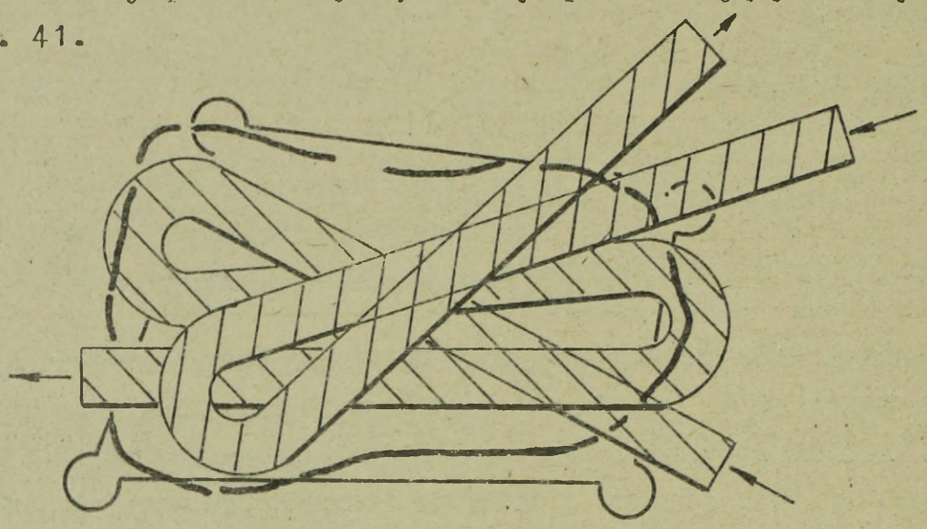
$$S_{pr}^{/2/} = 20 \cdot 2 = 40 \text{ km}^2$$

$$M_r^{/1/} = M_r^{/2/} = \frac{40}{100} \cdot 0,6 = 0,24$$

$$M_r = 0,24 + 0,24 = 0,48$$

$$M_r^{/x/} = 6 \cdot 0,48 = 2,88 = 3 \text{ elementy}$$

W wariancie drugim samoloty rozpoznają obiekt grupowy rozśrodkowany po dowolnych, a więc przecinających się trasach - rys. 41.



Rys. 41. Rozpoznanie po trasach dowolnych, przecinających się.

Do obliczenia średniej oczekiwanej liczby rozpoznanych elementów obiektu w tym przypadku możemy wykorzystać wzór służący do określania przybliżonej wartości "$M_r$", gdzie:

$$M_r/n/ = 1-/1-M_r/^{n_s} \quad /\%/, \qquad /90/$$

gdzie: $n_s$ - ilość samolotów wykonujących zadanie,

$M_r$ - średnia część powierzchni rozpoznanej przez jeden samolot.

Jeżeli znana jest liczba elementów obiektu, średnią oczekiwaną liczbę rozpoznanych elementów obiektu obliczymy z rozwiniętego poprzedniego wzoru:

$$M_r = X\left[1-/1-M_r/^{n_s}\right] . \qquad /91/$$

Przykład: Dane jak w poprzednim przykładzie.

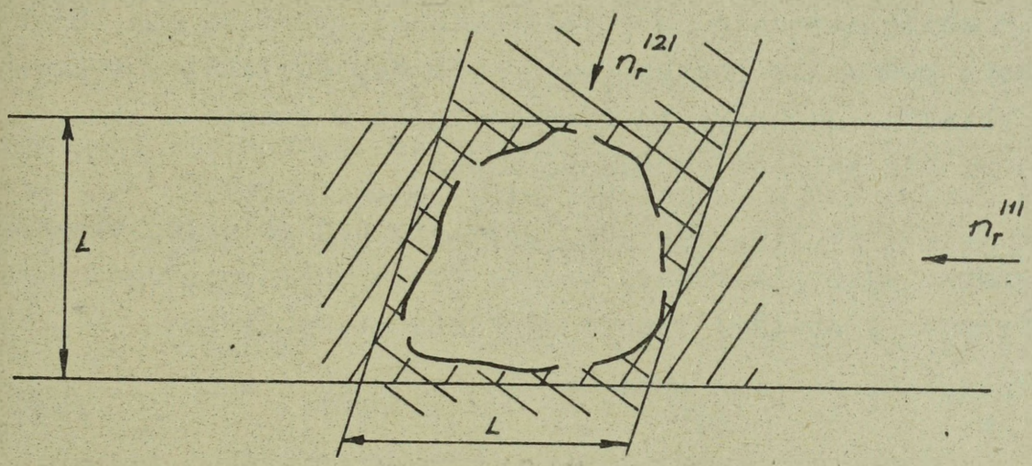
$$M_r = 6\left[1-/1-0,24/^2\right] = 2,534 = 3 \text{ elementy}$$

Drugi schemat rozpoznania dotyczy obiektów grupowych ześrodkowanych, których całkowita powierzchnia rozmieszczenia elementów może być przeglądnięta w czasie jednego przelotu. Z praktycznych doświadczeń wynika, że powierzchnia tych obiektów

mieści się w tak zwanej powierzchni obserwacji, czyli:

$$S_{pr} \leqslant \frac{\pi L^2}{4} \qquad /92/$$

$$S_{pr} \leqslant 0{,}78\ L^2. \qquad /93/$$




Rys.42. Rozpoznanie obiektu grupowego zwartego /punktowego/.

W związku z tym, że każdy z elementów obiektu może być rozpoznany już w czasie pierwszego przelotu samolotu, każdemu i - temu elementowi obiektu $E_i$ możemy podporządkować zmienną losową Xi, która może przyjmować następujące wartości:

Xi = 1, jeżeli element Xi jest rozpoznany,
Xi = 0, jeżeli element Ei nie jest rozpoznany.

Już z tego ustalenia wynika, że ogólna liczba rozpoznanych elementów obiektu X jest równa sumie wszystkich wartości $X_i$. Korzystając z definicji wartości oczekiwanych możemy stwierdzić, że:

$$M_r = X_1P_1 + X_2P_2 + \ldots + X_nP_n = \sum_{i=1}^{n} X_nP_n. \qquad /94/$$

Przyjmując do dalszych rozważań prawdopodobieństwo wykrycia i - tego elementu "$P_{wi}$" i korzystając z poprzedniej definicji możemy określić, jaka średnia część elementów obiektu zostanie rozpoznana w czasie jednego przelotu lub z

jakim średnim prawdopodobieństwem zostanie wykryty i-ty element. Zatem:

$$M/_{Xi/} = P_{wi} \cdot 1 + /1 - P_{wi}/ \cdot 0 = P_{wi} \qquad /95/$$

Możemy stwierdzić, że wartość oczekiwana ilości rozpoznanych obiektów punktowych /elementów/ przy użyciu jednego środka rozpoznawczego, w czasie jednego przelotu nad obiektem, liczbowo równa się jednostkowemu prawdopodobieństwu wykrycia tego obiektu. Zachodzi tu równość tylko w sensie liczbowym, ponieważ nie zachodzi zgodność miana.

W przypadku wielokrotnego przelotu nad obiektem prawdopodobieństwo wykrycia rośnie według prawa wykładniczego. Czyli sumaryczne /globalne/ prawdopodobieństwo wyniesie:

$$P_s = 1 - /1 - P_{wi}/^{n_r}, \qquad P_{wi} = \text{const.} \qquad /96/$$

oraz

$$P_s = 1 - /1 - P_w^{/1/} / . /1 - P_w^{/2/} / \ldots /1 - P_w^{/n/} /,$$

$$P_{wi} \neq \text{const.} \qquad /97/$$

gdzie: $n_r$ - liczba przelotów nad obiektem /rozpoznań/.

Zatem: $$M_{/Xn/} = 1 - /1 - P_{wi}/^{n_r} \qquad /98/$$

lub ostatecznie

$$M_r = X\left[1 - /1 - P_{wi}/^{n_r}\right], \qquad P_{wi} = \text{const.} \qquad /99/$$

Wyprowadzony wzór ma postać ogólną i jak to z przebiegu rozważań wynika, jest prawdziwy dla każdego obiektu grupowego, niezależnie od sposobu organizacji rozpoznania. Taktyka rozpoznania ma jednak wpływ na sposób obliczenia sumarycznego prawdopodobieństwa wykrycia /rozpoznania/.

Założenie to traci moc wtedy, gdy jest możliwe pominięcie w zadaniu elementów już rozpoznanych np. podczas pierwszego przelotu.

W praktycznych obliczeniach interesującą wielkością jest wykrycie "n" elementów przez samolot wykonujący zadanie w określonych warunkach działań bojowych. Zatem wzór przyjmie postać:

$$M_r = x\left[/1-/1 - P_{wz}/^{n_r}\right].$$

Przykład: Prowadzone jest rozpoznanie obiektu grupowego 8-elementowego, parą samolotów. Jedna załoga rozpoznaje poszczególne elementy obiektu w jednym przelocie z $P_r = 0,5$, druga z $P_r = 0,6$.
Obliczyć ilość rozpoznanych elementów obiektu, jeżeli każda z załóg wykonuje jeden przelot nad obiektem.

$M_r = 8 \cdot\left[1-/1-0,5/\cdot/1-0,6/\right] = 8 \cdot 0,8 = 6,4$ elementów

W obliczeniach średniej oczekiwanej liczby rozpoznanych elementów mają zastosowanie tabele i wykres funkcji podstawowej.

### 2.2.8. Oczekiwana /potrzebna/ do wykonania zadania liczba samolotów

Wymagany stopień realizacji zadania rozpoznawczego, jak to wykazano w poprzednich rozważaniach, może być wyrażony w postaci prawdopodobieństw zdarzeń elementarnych lub sumarycznych bądź w formie wartości oczekiwanych rozpoznanej części powierzchni lub średniej liczby rozpoznanych elementów obiektu. Stopień ten stanowi więc granicę, której osiągnięcie jest równoznaczne z wykonaniem zadania bojowego z założoną skutecznością - z przyjętym wskaźnikiem skuteczności - $W_E$.

Wychodząc z tych założeń potrzebną ilość samolotów rozpoznawczych możemy określić przyjmując za podstawę dalszych obliczeń prawdopodobieństwa wykonania zadania lub oczekiwane wartości możliwe do osiągnięcia przez jeden element rozpoznawczy. Wartościom tym powinny być podporządkowane założone,

możliwe do osiągnięcia w danych warunkach wskaźniki skuteczności, wyrażone w tych samych jednostkach wartości.

Jeżeli stopień realizacji zadania bojowego będziemy mierzyć prawdopodobieństwem jego wykonania, to aby obliczyć potrzebną ilość środków, należy ustalić dwie podstawowe wielkości. Pierwsza z nich - to wartość wskaźnika skuteczności, będącego w tym przypadku prawdopodobieństwem sumarycznym, który w zadaniu należy osiągnąć. Druga - to prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jeden element rozpoźnawczy w warunkach, dla których określono wskaźnik skuteczności. Zależność tę możemy zapisać, wykorzystując do tego celu postać funkcji podstawowej:

$$W_E = P_s = 1-/1 - P_{wz}/^{n_s}, \qquad /100/$$

gdzie: $P_{wz}$ - prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jeden element /samolot/ rozpoznawczy,

$n_s$ - liczba środków /samolotów/ rozpoznawczych.

Rozwiązując powyższe równanie wykładnicze względem "$n_s$" otrzymamy:

$$/1 - P_{wz}/^{n_s} = 1 - W_E,$$

$$n_s \log /1 - P_{wz}/ = \log /1 - W_E/,$$

$$n_s = \frac{\log /1- W_E/}{\log /1- P_{wz}/}. \qquad /101/$$

Przykład: Prawdopodobieństwo rozpoznania przez jedną załogę pocisków rakietowych wynosi $P_{wz} = 0,4$. Ile należy wydzielić załóg, aby zadanie wykonane było z prawdopodobieństwem nie mniejszym niż 0,8 ?

$$n_s = \frac{\log /1- 0,8/}{\log /1-0,4/} = 3,1506 = 4 \text{ załogi}$$

Wynik obliczenia trzeba było w tym przypadku zaokrąglić z nadmiarem, ponieważ wymagano osiągnięcie prawdopodobieństwa co najmniej 0,8, a załóg /środków rozpoznawczych/ nie można

przecież dzielić na części.

W przypadku gdy postulowany stopień realizacji zadania rozpoznawczego będzie wyrażony w formie średnich oczekiwanych liczb rozpoznanych elementów obiektu i znane są jednostkowe możliwości środków rozpoznawczych /wyrażone w tej samej postaci/, potrzebną ilość środków możemy określić wykorzystując wzór:

$$W_E = M_r^{/n/} = 1-/1-M_r/^{n_s} \qquad /102/$$

i przekształcając go w analogiczny jak poprzednio sposób w wyniku czego otrzymamy:

$$n_s = \frac{\log /1-M_r^{/n/}/}{\log /1-M_r/} \cdot \qquad /103/$$

Przykład: W rejonie rozpoznania o powierzchni 100 km$^2$ rozmieszczony jest 6-elementowy obiekt grupowy. Obliczyć potrzebną ilość załóg, które rozpoznają co najmniej 4 elementy, jeżeli każda z wydzielonych załóg wykonuje zadanie ze średnim prawdopodobieństwem $P_{wz} = 0,4$ i w jednym przelocie przeszukuje obszar o powierzchni 20 km.$^2$

Rozwiązanie:

1/ gdy załoga przelatuje nad obiektem jeden raz /przeszukuje jeden pas/:

$$M_r^{/n/} = \frac{4}{6} = 0,67$$

$$M_r^{/1/} = \frac{20}{100} \cdot 0,4 = 0,08$$

$$n_s = \frac{\log /1-0,67/}{\log /1-0,08/} = \frac{-0,4815}{-0,0362} = 13,296 = 14 \text{ załóg;}$$

2/ gdy każda załoga przeszukuje swój pas dwukrotnie:

$$M_r^{/2/} = \frac{20}{100}\left[1-/1-0,4/^2\right] = 0,2 \cdot 0,64 = 0,128$$

$$n_s = \frac{\log /1-0,67/}{\log /1-0,128/} = \frac{-0,4815}{-0,0594} = 8,106 = 8 \div 9 \text{ załóg}$$

3/ gdy każda załoga przeszukuje dwa pasy:

$$M_r = \frac{2 \cdot 20}{100} 0,4 = 0,4 \cdot 0,4 = 0,16$$

$$n_s = \frac{\log /1-0,67/}{\log /1-016/} = \frac{-0,4815}{-0,0757} = 6,3 = 7 \text{ załóg.}$$

Z powyższego wynika, że nie da się ustalić jednej ogólnej metody umożliwiającej określenie liczby środków rozpoznania, jaką należy przeznaczyć do wykonania zadania bojowego. Zależy to bowiem od sytuacji oraz charakteru wykonywanego zadania. Rozwiązując tego typu zadania taktyczne należy wyznaczyć granicę rozważań, gdyż prawdopodobieństwa 100% nie uzyska się nigdy. Granicą tą jest zazwyczaj możliwa do użycia ilość sił i ona to warunkuje sposób działania, który możemy uzasadnić wykorzystując metody metodyczne.

Wykonane wyżej obliczenia potrzebnej ilości środków rozpoznawczych umożliwiają znalezienie odpowiedzi w zasadzie na jedno pytanie: jaką ilość środków rozpoznawczych "$n_s$" należy wydzielić lub mieć w dyspozycji, aby w trakcie realizacji zadania bojowego wskaźnik skuteczności "$W_E$" osiągnął żądaną wartość. W trakcie planowania, w przypadku gdy ilość zadań jednostkowych jest większa, posługiwanie się przytoczoną metodą jest dość kłopotliwe.

Z praktycznych doświadczeń wynika, że potrzeby w większości przypadków przekraczają możliwości. Staje się więc koniecznością zbilansowanie ogólnych możliwości w stosunku do ogólnych potrzeb, a więc określenie posiadanego zapasu środków rozpoznawczych "$n_s$" i ich praktycznego, średniego wykorzystania w przekroju ogólnego zadania rozpoznawczego /np. wykonywanego w określonym czasie/.

Obliczenie średniego rzeczywistego wykorzystania środków rozpoznawczych

Zadanie to można wykonać w oparciu o następujące założenia: do wykonania zadania rozpoznawczego /jednostkowego/ wydziela się "$n_s$" środków rozpoznawczych, z których każdy roz-

poznaje obiekt punktowy z prawdopodobieństwem "P"; realizacja zadania zostaje przerwana natychmiast po stwierdzeniu, że zostało zebranych tyle danych o obiekcie, że umożliwiają one jego rozpoznanie. Należy określić średnie wykorzystanie środków rozpoznawczych "$n_s^{/n/}$".

Wystarczającą dokładność obliczeń zapewnia funkcja podstawowa, która umożliwia określenie wyników sumarycznych i rozwiązanie części zadań dotyczących ustalenia wskaźnika skuteczności.

Ogólnie przyjmuje się, że prawdopodobieństwo sumaryczne wykonania zadania przy użyciu "n" środków jest równe:

$$P_s^{/n/} = W_E^{/n/} = 1 - /1-P_{wz}/^n . \qquad /104/$$

Wynika z tego, że na wszystkie "n" użytych środków średnio przypada $W_E^{/n/} = P_s^{/n/}$ rozpoznanych obiektów /części rozpoznanej powierzchni, ilości rozpoznanych elementów obiektu/. Zatem każdy z wydzielonych środków rozpoznawczych rozpoznaje średnio $P_{wz}$ obiektów. Jeżeli zostanie wykonanych średnio $n_s^{/n/}$ uogólnionych rozpoznań, wówczas pozwalają one na rozpoznanie $P_{wz} \cdot n_s^{/n/}$ obiektów. Stąd:

$$n_s^{/n/} \cdot P_{wz} = 1-/1 - P_{wz}/^n , \qquad /105/$$

w więc średnie wykorzystanie środków wynosi:

$$n_s^{/n/} = \frac{1-/1- P_{wz}/^n}{P_{wz}} = \frac{W_E^{/n/}}{P_{wz}} . \qquad /106/$$

Przykład: Rozpoznanie obiektów punktowych prowadzi się przeciętnie parami samolotów. Każda załoga wykonuje zadanie w jednym przelocie nad obiektem z $P_{wz} = 0,6$. Zadanie przerwane zostaje natychmiast po wykryciu głównych elementów. Znaleźć średnie wykorzystanie środków rozpoznawczych.

$$n_s^{/2/} = \frac{1 -/1-0,6/^2}{0,6} = 1,4$$

Wniosek: Efektywnie zostanie wykorzystana tylko część możliwości każdej pary samolotów. Zatem każdej parze należy przydzielić dodatkowy, łatwy do rozpoznania obiekt.

W analogiczny sposób oblicza się rzeczywiste średnie wykorzystanie środków do rozpoznania obiektu grupowego lub powierzchniowego. Istotne znaczenie mają tu przyjęte warunki rozpoznania /schemat rozpoznania/.

Najprościej zadanie to wykonać, jeżeli rozpoznanie prowadzi się aż do całkowitego osiągnięcia założonego rezultatu /wskaźnika efektywności/. W tym przypadku średnie wykorzystanie w przybliżeniu można określić ze wzoru:

$$n_s/n/ = \frac{M_r}{P_{wz}}, \qquad /107/$$

gdzie: $M_r$ - średnia liczba elementów obiektu grupowego rozpoznanych przez "n" środków rozpoznania,

$P_{wz}$ - prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jedną załogę.

Przykład: Prowadzi się rozpoznanie 3-elementowego obiektu grupowego. Do realizacji tego zadania wydzielono 5 załóg. Każda załoga wykonuje zadanie z $P_{wz} = 0,7$. Określić wykorzystanie sił do chwili rozpoznania 2 elementów.

$$M_r = X\left[/1-/1-P_{wz}/^n\right]$$

$$M_r/5/ = 2\left[1-/1-0,7/^5\right] = 1,99$$

$$n_s/5/ = \frac{1,99}{0,7} = 2,84$$

Wniosek: Do rozpoznania tego typu obiektów zostanie średnio wykorzystanych 2,84 samolotu. Pozostałe załogi mogą wykonać inne zadanie.

Wzór ten może mieć i inne zastosowanie, na przykład do określenia średniej ilości sił potrzebnych do wykonania zadań

z danej grupy, w przypadku znajomości zadania ogólnego:

$$n_s/r/ = \frac{M_r}{P_{wz}} \cdot r, \qquad /108/$$

gdzie: r - ilość obiektów danej grupy.

Przykład: Treść jak w poprzednim zadaniu. Określić ilość sił potrzebną do rozpoznania 6 obiektów tego samego typu.

$$n_s = 2,84 \cdot 6 = 17,04 \text{ samolotów}$$

2.2.9. Oczekiwane straty własne

Wykonanie zadań bojowych przez lotnictwo rozpoznawcze w większości przypadków wymaga dotarcia samolotów do obiektów będących przedmiotami rozpoznania, a więc przeniknięcia przez strefy OPL i OP nieprzyjaciela. Wiąże się to ściśle z narażeniem samolotów rozpoznawczych na aktywne oddziaływanie wszystkich środków OPL i OP nieprzyjaciela, a w konsekwencji z ponoszonymi stratami. Powodują one zmniejszenie możliwości bojowych lotnictwa rozpoznawczego.

Jak z praktycznych doświadczeń wynika, ocena możliwości bojowych posiadanych w dyspozycji sił i środków jest prowadzona głównie w okresie planowania działań bojowych. Jej integralną część stanowi prognostyczna ocena strat, w ramach której można określić skuteczność wykonywanych zadań rozpoznawczych według kryterium ponoszonych kosztów.

Rozwiązanie tego zadania może być oparte, podobnie jak poprzednie, na rachunku prawdopodobieństwa. Otrzymane tą drogą wyniki będą jednak szacunkowymi, a ich wartości średnimi. Spowodowane jest to brakiem możliwości prognostycznej, a jednocześnie pełnej oceny rozwijającej się sytuacji operacyjno-taktycznej, a na jej tle - możliwości bojowych systemu OPL i OP nieprzyjaciela.

Z rozważań o możliwościach pokonania przez lotnictwo OPL i OP nieprzyjaciela wynika, że aktywne działania środków należących do tych systemów nie zawsze doprowadzają stronę przeciwną do ponoszenia strat bezpowrotnych, a więc strat, które

przede wszystkim obniżają potencjał bojowy. Stwierdzenie to w pełni potwierdzają działania bojowe lotnictwa, głównie w okresie II wojny światowej, a także w konfliktach wojennych ostatniego okresu.

Doświadczenia te pozwalają na podzielenie skutków przeciwdziałania środków OPL i OP na trzy podstawowe grupy.

Pierwsza z nich to zadanie lotnictwu przeciwnika strat bezpowrotnych w trakcie wykonywania zadań bojowych. W praktyce oznacza to, że ta część sił nie wykona zadania bojowego.

Druga - to zadanie strat częściowych, głównie technicznych, w wyniku których samoloty muszą być poddane remontowi. Mimo, że siły te powrócą, /co generalnie można przyjąć/ postawionego zadania nie wykonają. W rozwiązywanych zadaniach ta część sił uwzględniana może być podczas określania ogólnej sprawności technicznej sprzętu bojowego.

Trzecia grupa to uniemożliwienie samolotom przeciwnika dotarcia do obiektów rozpoznania i zmuszenie ich do powrotu na lotnisko własne. I ta część sił nie wykona zadania bojowego. Może ona jednak być użyta ponownie.

Uogólniając możemy stwierdzić: o ile prawdopodobieństwo niepokonania OPL nieprzyjaciela /1 - $Q_{OPL}$/ określa siły, które w wyniku przeciwdziałania tego systemu, nie wykonanją nakazanego, jednostkowego zadania bojowego, o tyle współczynnik strat bezpowrotnych określa tę część sił, która nie tylko nie wykona zadania bojowego, lecz nie będzie mogła być ponownie użyta.

Czyli:

$$Q_{OPL} > a ,$$

gdzie: a - współczynnik strat bezpowrotnych.

Przeprowadzony podział skutków przeciwdziałania OPL i OP nieprzyjaciela pozwala jednoznacznie wyodrębnić tę część sił, która jest przedmiotem dalszych rozważań. Została ona określona w pierwszej grupie. W rozwiązywanych zadaniach taktycznych i ich matematycznym zapisie oznaczana jest współczynnikiem strat bezpowrotnych "a".

Z analizy literatury i doświadczeń nabytych w trakcie ćwiczeń wynika, że wybór jednego, w pełni odzwierciedlającego określoną sytuację współczynnika strat bezpowrotnych jest przedsięwzięciem bardzo trudnym. Przyjmując jednak założenie, że środki CPL i OP oraz sposoby ich użycia doskonaliły się jednocześnie z rozwojem taktyki przenikania przez strefy ognia tych środków, ustalony na podstawie minionych działań bojowych współczynnik strat bezpowrotnych może mieć pełne zastosowanie w rozwiązywaniu współczesnych zadań taktycznych.

W porównaniu z minionymi działaniami można również stwierdzić, że w miarę rozwoju taktyki i techniki bojowej ponoszone straty bezpowrotne dotyczące ogółu użytych w walce samolotów generalnie rzecz biorąc nie powiększały się.

W celu określenia wartości współczynnika strat bezpowrotnych "a" analizie i ocenie poddano dostępną literaturę, głównie historyczną, a także dotyczące tej problematyki opracowania teoretyczne płka doc.dr A. Przenicznego[1/]. Wybrane dane statystyczne obrazujące straty w lotnictwie zestawiono w tabeli 24.

Zawarte w tabelach dane, mimo ogólnego zestawienia, nie pozwalają na wybranie interesującego wskaźnika, możliwego do uwzględnienia w rozwiązywanych zadaniach taktycznych. Z analizy działań lotnictwa w konkretnych sytuacjach wynika, że wskaźnik ten jest z zasady wyższy. Na przykład: 15.8.1940 roku Luftwaffe wykonała 1786 lotów na Wielką Brytanię tracąc 75 samolotów, co stanowi 4,2%. Natomiast średnie straty w lotnictwie amerykańskim i brytyjskim w 1943 roku wynosiły aż 4,5%. Uogólniając należy stwierdzić, że w początkach każdej operacji wskaźnik strat bezpowrotnych był stosunkowo wysoki. Największą wartość osiągnął zwłaszcza w pierwszym okresie wojny, gdy siłom walczącym chodziło o zdobycie panowania w powietrzu. Było też wiele przypadków, kiedy operacyjna wielkość strat w lotnictwie w granicach 5-6% powodowała rezygnację z prowadzenia dalszych działań o dużym rozmachu.

---

1/ A. Przeniczny: Siły i straty w dotychczasowych działaniach powietrznych. Myśl Wojskowa 1976, nr 10.

Tabela 26

Straty 8 Amerykańskiej Armii Lotniczej w roku 1943

| Miesiące | Samolotolotów LB | Straty LB i LM | % strat |
|---|---|---|---|
| Styczeń | 279 | 21 | 7,5 |
| Luty | 298 | 24 | 8,1 |
| Marzec | 716 | 23 | 3,2 |
| Kwiecień | 376 | 29 | 7,8 |
| Maj | 1340 | 73 | 5,4 |
| Czerwiec | 1447 | 93 | 6,4 |
| Lipiec | 2334 | 108 | 4,6 |
| Sierpień | 2058 | 100 | 4,9 |
| Wrzesień | 2561 | 99 | 3,9 |
| Październik | 2159 | 181 | 8,4 |
| Listopad | 2616 | 214 | 3,9 |
| Grudzień | 5618 | 200 | 3,6 |
| O g ó ł e m | 22112 | 1065 | 5,7 |

Stopa strat w lotnictwie /efektywność OP/

| Wojny | Liczba zniszczonych samolotów na 10000 lotów bojowych | Średni procent strat |
|---|---|---|
| Pierwsza wojna światowa | - | 30-45 |
| Druga wojna światowa: | | |
| - w lotnictwie amerykańskim | 100 | 1 |
| - w lotnictwie brytyjskim | 600 | 6 |
| Wojna koreańska | 44 | 0,44 |
| Wojna wietnamska | 1966 r. 35<br>1967 r. 31<br>1968 r. 18<br>1972 r. 16 | 0,35<br>0,31<br>0,18<br>0,16 |
| Wojna izraelsko-arabska | 1973 r. 93 | 0,93 |

Biorąc za podstawę doświadczenia minionych wojen oraz powyższe rozważania autor proponuje wykorzystywanie dwóch wskaźników. Jeden, o wartości 0,05, uwzględniany może być w zadaniach taktycznych, których tło operacyjno-taktyczne obejmuje początkową fazę działań bojowych, np. pierwszą operację powietrzną lub pierwszy dzień operacji zaczepnej /obronnej/. W pozostałych okresach proponuje się uwzględnianie średniego wskaźnika strat bezpowrotnych 0,03.

Znając współczynnik strat bezpowrotnych do obliczenia oczekiwanej liczby utraconych sił możemy wykorzystać typowy schemat działań lotnictwa rozpoznawczego przyjmując, że każdy ze sprawnych samolotów będzie użyty tą samą średnią ilość razy "n" równą natężeniu działań bojowych.

Wychodzimy zatem z założenia, że do pierwszego lotu mogą wystartować wszystkie sprawne technicznie samoloty.

Czyli:

$$N = n_s \cdot k \text{ /samolotów/} \qquad /109/$$

gdzie: $n_s$ - ogólna liczba samolotów,

$k$ - współczynnik sprawności technicznej samolotów.

Z pierwszego lotu wyląduje: $N^{/1/} = n_s \cdot k - n_s \cdot k \cdot a = n_s \cdot k/1-a/$,

gdzie: $n_s.k.a.$ - straty bezpowrotne w pierwszym locie,

$N$ - liczba lotów zakończonych lądowaniem.

Z drugiego lotu wyląduje:

$$N^{/2/} = N^{/1/} - N^{/1/} \cdot a,$$

$$N^{/2/} = n_s k /1-a/ - n_s k /1-a/a,$$

$$N^{/2/} = n_s k /1-a/ \cdot /1-a/ = n_s k /1-a/^2 .$$

Zatem oczekiwana /sumaryczna/ wielkość strat wyniesie:

$$n_a^{/n/} = n_s ka + n_s ka /1-a/ + n_s ka /1-a/^2 + \ldots + n_s /1-a/^n$$

lub ostatecznie

$$n_a = n_s k a \frac{1-/1-a/^n}{1-/1-a/} = n_s k a \frac{1-/1-a/^n}{a}, \qquad /110/$$

dla $a < 1$

gdzie: a- współczynnik strat bezpowrotnych.

Przykład: $n_s = 36$, $k = 0,8$, $a = 0,03$. Obliczyć straty bezpowrotne, jeżeli $n = 4$.

$$n_a/4/ = 36 \cdot 0,8 \cdot 0,03 \frac{1-/1-0,3/^4}{0,03} = 3,3 = 4 \text{ samoloty}$$

2.2.10. Oczekiwana /potrzebna/ liczba lotów rozpoznawczych

Ocena skuteczności wykonywanych zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego według kryterium wydatku niezbędnych sił i środków, jak praktyka wykazuje, rozpoczyna się od zbilansowania możliwości bojowych posiadanych sił i środków. Podstawowym wskaźnikiem umożliwiającym liczbowe wyrażenie tych możliwości jest oczekiwana /średnia/ liczba lotów możliwych do wykonania w założonym okresie lub z określonym natężeniem.

Do podstawowych wielkości, które umożliwiają obliczenie wyżej wymienionego wskaźnika, należą:

- ilość samolotów uwzględniana w kalkulacjach /etatowa, planowana/,
- natężenie działań bojowych,
- współczynniki charakteryzujące zdarzenia losowe, pomniejszające efekt końcowy działań.

Warunkiem ograniczającym rozważania jest uwzględnienie w założeniach tej ilości samolotów, która może do działań wystartować, a więc technicznie sprawnych. Zależność tą możemy zapisać następująco:

$$N = n_s k,$$

gdzie: N - maksymalna ilość samolotów, która może jednorazowo wystartować,

$n_s$ - ilość samolotów uwzględniana w obliczeniach,

k - współczynnik sprawności technicznej samolotów.

Natomiast po pierwszym locie wyląduje:

$$N^{/1/} = n_s k\ /1-a/.$$

W przypadku drugiego startu, ilość samolotów, która może wykonać loty bojowe, jest uzależniona przede wszystkim od strat poniesionych w pierwszym i drugim locie, a więc:

$$N^{/2/} = N^{/1/} - N^{/1/} a = N^{/1/}\ /1-a/,$$

$$N^{/2/} = n_s k\ /1-a/^2.$$

Jeżeli loty prowadzone są z natężeniem "n" i każdy samolot wykona "n" lotów, sumaryczną liczbę lotów bojowych obliczymy ze wzoru, będącego rozwinięciem poprzedniego:

Czyli

$$N^{/n/} = N^{/1/} + N^{/2/} + N^{/3/} + \ldots + N^{/n/},$$

$$N^{/n/} = n_s k\ /1-a/ + n_s k\ /1-a/^2 + n_s k\ /1-a/^3 + \ldots + n_s k/1-a/^n.$$

Korzystając ze wzoru na sumę malejącego ciągu geometrycznego [1] otrzymujemy:

$$N_n = n_s k\ /1-a/\ \frac{1-/1-a/^n}{a}, \qquad a<1. \qquad /111/$$

Wzór ten zapewnia ustalenie sumarycznej liczby lotów bojowych zakończonych lądowaniem. Nie umożliwia on jednak określenia liczby lotów, w których załogi dotrą do obiektów rozpoznania. Zatem koniecznością staje się uwzględnienie w obliczeniach współczynnika pokonania OPL nieprzyjaciela, w wyniku czego wzór przyjmie postać:

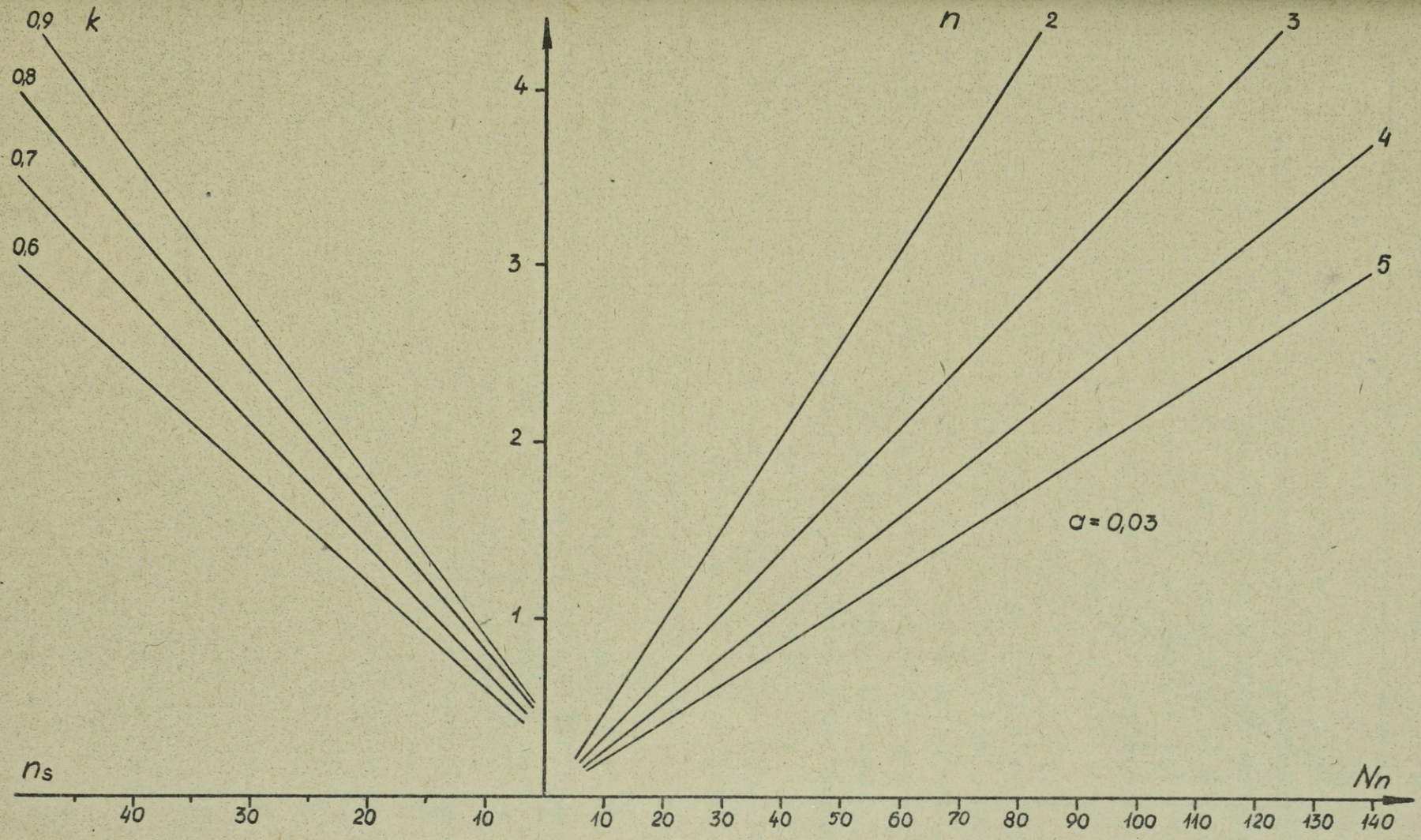
---

1/ I.W. Bronsztejn, K.A. Siemiendiajew: Matematyka. Poradnik encyklopedyczny. Warszawa 1968, s.202.

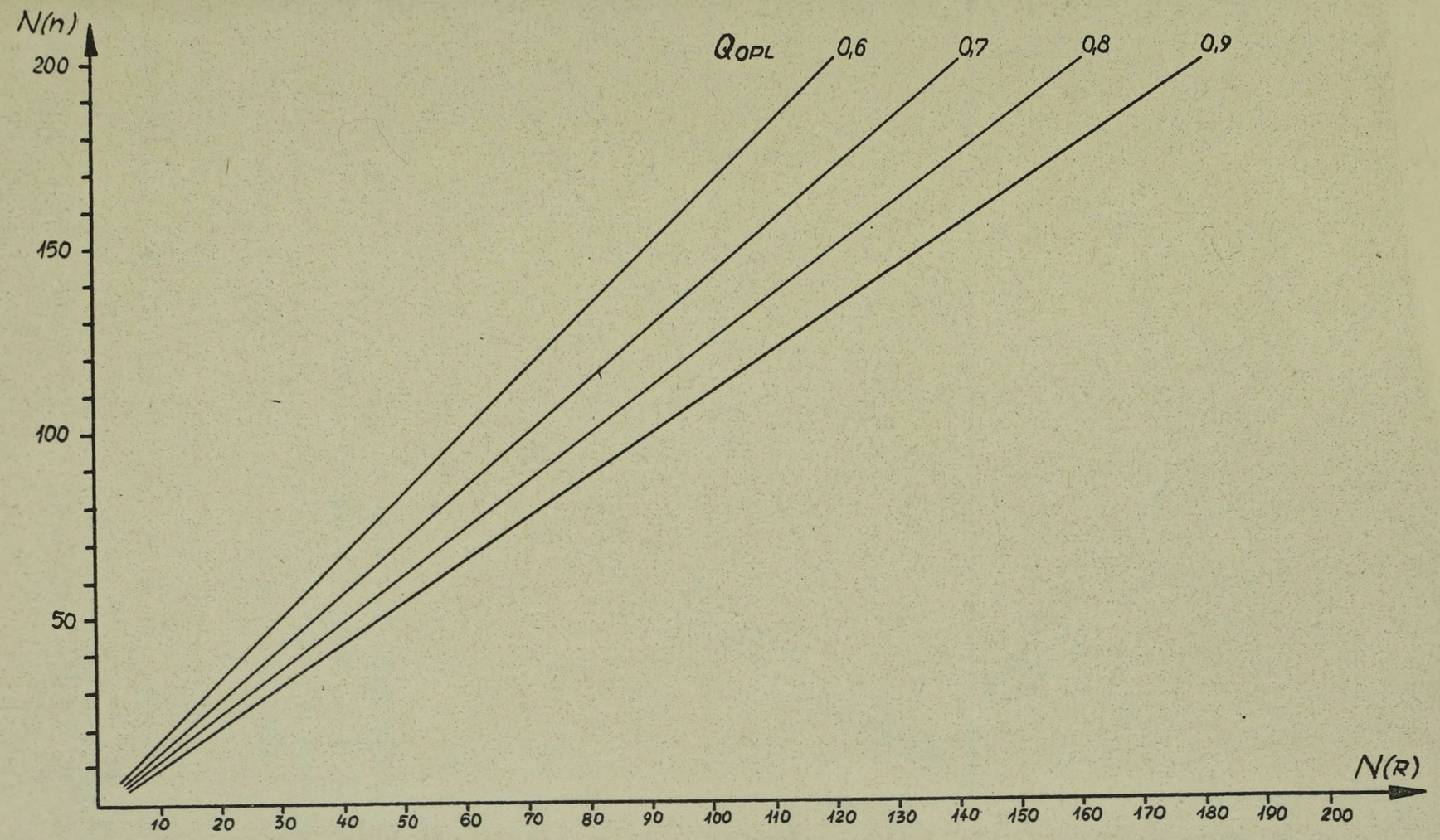
$$N_R = n_s k Q_{OPL} \frac{1-/1-a/^n}{a}, \qquad /112/$$

gdzie: $N_R$ - ilość lotów, w których załogi dotrą do rejonów rozpoznania /ilość rozpoznań/.

Wykorzystując wielkości współczynników w granicach ich prawdopodobnego występowania, wyniki obliczeń zestawiono w załącznikach 18-21 oraz opracowano nomogramy, umożliwiające określenie szukanych wielkości $N_1$ i $N_R$ - nomogram - rys.43,44.




Rys. 43. Nomogram służący do określania liczby możliwych do wykonania samolotolotów




Rys. 44. Wykres służący do określania liczby lotów, w których załogi dotrą do obiektów rozpoznania

x

x x

Jak wynika z przedstawionego opisu badań problemu kryteriów oceny skuteczności rozpoznania powietrznego, ich ilość nie ma postaci kategorycznej. Studia literatury źródłowej oraz dociekania autora doprowadziły do wysunięcia następującego wniosku: kryteria oceny powinny stanowić odzwierciedlenie obiektywnej rzeczywistości ocenianego zjawiska lub rzeczy. Zauważono, iż waga przyjmowanych kryteriów powinna być współwymierna, a ich liczba możliwie najmniejsza. Dlatego też proponuje się stosowanie tylko dwóch kryteriów: stopnia wykonania zadania bojowego i wydatku sił na wykonanie zadania bojowego. Inaczej rzecz się ma w odniesieniu do wskaźników skuteczności. Im więcej wskaźników uwzględnia się przy rozwiązywaniu zadań taktycznych, tym ocena skuteczności tych zadań jest pełniejsza. W tym przypadku maleje prawdopodobieństwo pominięcia optymalnego lub zbliżonego do niego wariantu wykonania zadania rozpoznania powietrznego. Jak wiadomo, cały wysiłek w toku planowania rozpoznania kierowany jest na wybór najkorzystniejszych wariantów działań. Spośród dziesięciu wskaźników siedem opisuje stopień wykonania zadania, a trzy wydatek sił. Jedno wydaje się nie ulegać wątpliwości: są to wskaźniki główne i w dostatecznym stopniu umożliwiają wartościowanie skuteczności rozpoznania przy różnych wariantach działań. Nie wyklucza się celowości stosowania w określonych przypadkach także innych wskaźników, zwłaszcza przy rozpatrywaniu specyficznych zadań. Biorąc pod uwagę cel pracy, autor sądzi, że przedstawione wskaźniki umożliwiają stworzenie podstaw modelowania procesu wzrokowego rozpoznania powietrznego, co praktycznie przedstawiono w kolejnym rozdziale.

# 3. MODELOWANIE PROCESU PLANOWANIA WZROKOWEGO ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO

Pojęcie modelowania może być wieloznacznie rozumiane. W rozważaniach prowadzonych przez autora terminem modelowania określa się celowe, oparte na realnych przesłankach i kalkulacjach oraz przebiegające według sprawdzonych schematów działanie dowódców i sztabów, zmierzające do zaplanowania postawionych zadań rozpoznawczych przy posiadaniu określonych sił w przewidywanych warunkach działań bojowych. Jest to zasadniczy kierunek działania. Może być i sytuacja odwrotna, kiedy zmierza się do określenia sił niezbędnych do wykonania postawionych zadań. W efekcie przeprowadzonego modelowania uzyskuje się model /plan/ przyszłego działania. Jego treścią jest decyzja dowódcy zwykle o zwięzłym charakterze oraz wszystkie szczegóły wykonania zadań w jednym locie rozpoznawczym bądź w ich większej liczbie.

Ze względów zrozumiałych autor zajmował się badaniem modelowania najważniejszych problemów wzrokowego rozpoznania powietrznego i one to są treścią poniższych zagadnień.

## 3.1. Ogólna charakterystyka procesu planowania zadań rozpoznawczych

Przygotowanie lotnictwa do wykonania zadań rozpoznania powietrznego obejmuje kompleks zabiegów planistyczno-organizacyjnych i zabezpieczających, realizowanych przez dowódcę, sztab i wojska, a obejmujących między innymi podjęcia decyzji, opracowanie planu rozpoznania, przekazanie wykonawcom zadań bojowych, organizację współdziałania, dowodzenie, zabezpieczenie działań bojowych, przygotowanie załóg oraz kontrolę ich gotowości do działań.

Planowanie działań bojowych w tym układzie przedsięwzięć jest jedną z najważniejszych funkcji dowodzenia wojskami i służy zapewnieniu najskuteczniejszego użycia posiadanych sił i środków. W toku planowania traktowanego jako proces ciągły dowódca i sztab precyzuje, co i jak zamierza osiągnąć w

określonym czasie, przestrzeni i przy użyciu konkretnych sił i środków.

Z rozważań teoretycznych i obserwacji wynika, że planowanie działań bojowych /wzrokowego rozpoznania powietrznego/ obejmuje:

- wytyczenie, na podstawie otrzymanego zadania bojowego i decyzji dowódcy, właściwego celu działań dla wykonawców /załóg/ i podległych sztabów oraz określenie, jak cel ten będzie osiągany w danym, ustalonym przez przełożonego /najczęściej najkrótszym/ czasie i przy jakim minimalnym niezbędnym użyciu sił i środków;
- sprecyzowanie treści i zakresu poszczególnych zadań bojowych, a także sposobów wykonania tych zadań oraz ich zabezpieczenia;
- ustalenie kolejności realizacji założonych przedsięwzięć i czasu wykonania postawionego zadania bojowego oraz toku pracy sztabu nad organizacją działań bojowych;
- określenie terminów /czasu/ wykonania poszczególnych zamierzeń i opracowania dokumentów bojowych.

Z analizy literatury z zakresu teorii organizacji i zarządzania oraz praktycznych doświadczeń wynika, że planowanie będące integralną częścią procesu decyzyjnego polega na przetwarzaniu informacji wejściowych /otrzymywanych meldunków, rozkazów, danych sprawozdawczych/ i informacji przechowywanych /wiedzy, doświadczenia oficerów planujących działania bojowe/ w informację wyjściową - decyzję.

W praktycznej działalności dowództw i sztabów można wyróżnić trzy zasadnicze formy planowania. Zależą one głównie od ilości i jakości posiadanych informacji. Można tu wydzielić planowanie przebiegające w warunkach pewności, to znaczy wtedy, gdy znane są zarówno informacje wejściowe, jak i warunki, w jakich plan /decyzja/ będzie realizowany. Ponadto istnieje możliwość korekty planu w trakcie jego realizacji.

Druga forma planowania ma miejsce w warunkach niepewności, czyli sytuacji, kiedy nie można stwierdzić prawdopodobieństwa określonego stanu części informacji, zazwyczaj dotyczących warunków wykonania zadań bojowych.

Planowanie typu pośredniego to kolejna i w zasadzie ostatnia forma planowania. Przebiega ona w sytuacji posiadania częściowej informacji. Mimo iż znane jest na przykład prawdopodobieństwo, jakie należy osiągnąć w zadaniu, brak jest jednak innych danych potrzebnych w procesie planowania.

Analizując strukturę procesu planowania można wydzielić trzy wyraźne fazy w jego przebiegu: przygotowanie planowania, planowanie /analiza, ocena, kalkulacja itp./ i rejestracja danych wyjściowych /opracowanie planu - pisemne, graficzne/.

Faza przygotowania planowania obejmuje zebranie odpowiedniej ilości danych, dokonanie ich selekcji /uporządkowanie zbioru informacji/ oraz określenie możliwych do wykonania wariantów zadań taktycznych /decyzji/. Sprawność realizacji tej fazy zależy głównie od kompletności materiału informacyjnego, jego wiarygodności, możliwości wykorzystania oraz - jak dowodzi praktyka trafności wyboru potrzebnych do planowania danych. Im informacje wejściowe są pełniejsze, prawdziwsze oraz im szybciej docierają do osób planujących, tym sprawniejszy jest proces planowania. Szczególne znaczenie ma jednak w tej fazie wybór /budowa/ możliwych wariantów zadań taktycznych /decyzji/, które mogą być rozwiązane /wykonane/ przy posiadaniu określonego zbioru informacji. Nieuwzględnienie wszystkich możliwych wariantów przyszłej decyzji od razu zuboża drugą fazę planowania, bowiem wybór jest dokonywany z niepełnego zbioru. Podobnie ujemny wpływ na ten etap planowania / następne/ ma niezbieżność wariantów z informacjami wejściowymi.

W fazie planowania zadań bojowych /rozwiązania zadania taktycznego/ dokonuje się optymalizacji, wybierając najlepszy wariant działania oraz ustala się /w zależności od rodzaju planowania/ zakres przewidywanych skutków /każdej z możliwych decyzji/; obecnie ułatwiają to zadanie metody logiczno-matematyczne, a głównie teoria prawdopodobieństwa. Ponadto w tej

fazie planowania ustala się kryteria oceny wariantu według przyjętych /obowiązujących/ norm operacyjno-taktycznych i skali potrzeb.

Główną rolę w wyżej wymienionych fazach planowania odgrywa dowódca. Jego zadaniem jest porządkowanie przygotowanych wariantów decyzji, eliminacja tych, które nie mieszczą się w przyjętym systemie norm, analiza pozostałych według stopnia prawdopodobieństwa realizacji oraz dokonanie wyboru.

Kolejna faza obejmuje rejestrację danych wyjściowych /opracowanie i zestawienie planu/ w obowiązujących dokumentach bojowych /mapa decyzji o działaniach, plan rozpoznania wraz z legendą oraz rozkaz bojowy, zarządzenie do rozpoznania/. W praktyce ta faza planowania w przeważającej części przebiega równolegle z omawianą wcześniej fazą drugą.

W procesie planowania /podejmowania decyzji/ istotną rolę odgrywa sposób postępowania /działania/. Z analizy literatury z zakresu teorii organizacji i zarządzania oraz doświadczeń zdobywanych w trakcie ćwiczeń wynika, że zastosowanie jednego, uniwersalnego sposobu działania jest bardzo trudne, a praktycznie niemożliwe. Czynnikiem determinującym jest tutaj głównie faza planowania i związany z nią rodzaj podejmowanej decyzji.

W pierwszej fazie planowania, dotyczącej zebrania potrzebnych danych, podejmowane są decyzje informacyjne. Celem tego procesu jest znalezienie odpowiedzi na pytania, które z posiadanych informacji są prawdziwe i które z nich będą potrzebne do rozwiązania zadania taktycznego. W tej fazie planowania w celu udzielenia odpowiedzi na przytoczone pytania z zasady posługujemy się głównie analizą czynnikową. Pozwala ona z ogromnej liczby parametrów opisujących sytuację wybrać przede wszystkim te i taką ich ilość, która odpowiada realnym możliwościom opracowania danych. Jest to tak zwany pierwszy etap analizy. Istotne parametry wybiera się zazwyczaj na podstawie zasad ustalonych drogą doświadczalną. Przeprowadza się wstępną klasyfikację wszystkich parametrów, które mogą być użyteczne, według wiarygodności, odniesienia do konkretnej sytuacji, ważności, powiązania z przewidywaną decyzją itd. Następnie gru-

puje się je według jednostek miar i wielkości. Z pozostałych parametrów, które mają być odrzucone, celowe jest wybranie kilku najbardziej zbliżonych do zasadniczych. Pozwolą one na rozwiązanie zadań kontrolnych, sprawdzających.

Drugi etap analizy czynnikowej polega na ustaleniu najistotniejszych czynników /parametrów/. Są to zazwyczaj czynniki określające stany własnych sił /bądź sił przeciwnika/, ich możliwości, rozwój wydarzeń i prawdopodobny wynik działań /rozpoznania/. Przebieg czynności właściwych dla realizacji etapu drugiego jest identyczny z opisanym wyżej. Jeśli okaże się, że w pierwszym etapie popełniono błąd i odrzucono ważny parametr, dla sprawdzenia tego wykorzystuje się parametr kontrolny i procedurę powtarza się. Jak praktyka dowodzi mimo tych zabiegów ilość parametrów wejściowych jest zawsze bardzo duża, co powoduje znaczne zwiększenie ilości możliwych wariantów zadań taktycznych, które należałoby rozwiązać. Efektywnym sposobem zmniejszenia liczby parametrów jest ich połączenie w zespoły. Kilka parametrów łączy się w jedną funkcję. Powstała w ten sposób mała ilość funkcji w poważny sposób ograniczy ilość prac kalkulacyjnych. Warunkiem łączenia parametrów w zespoły jest zależność decyzji od poszczególnych funkcji.

Druga faza planowania obejmuje rozwiązanie zadania taktycznego. Uzyskane tą drogą wnioski powinny umożliwić podjęcie decyzji organizacyjnej i operacyjnej, a tym samym udzielenie odpowiedzi na pytania: "w jaki sposób zorganizować ?" i "jak działać?"

Z analizy literatury z zakresu ogólnej teorii rozwiązywania zadań[1/] wynika, że w tej fazie planowania mogą być wykorzystywane różne sposoby działania /metody/. Wybór ich i zastosowanie w procesie rozwiązywania zadań taktycznych są uzależnione od charakteru zadania, doświadczenia dowódcy, oficerów sztabu i służb, ilości danych itd. Do najważniejszych, w praktyce wykorzystywanych metod, zaliczają się:

1. Metoda przekształceń. Zadanie przekształca się w prostą, bardziej zrozumiałą i dostępną formę, którą łatwiej rozwiązać niż zadanie w postaci wyjściowej. Zakłada się, że

1/ A.Góralski: Twórcze rozwiązywanie zadań. Warszawa 1980.

przez kolejne przekształcenia i rozwiązywanie zadań cząstkowych można osiągnąć rozwiązanie zadania głównego.

2. Metoda dekompozycji. Zadanie główne dzieli się na zadania cząstkowe, przy czym każde z nich powinno być prostsze od zadania głównego. Ze względu na to, że zadania cząstkowe są między sobą tak powiązane, iż rozwiązanie jednego z nich wpływa na pozostałe, wszystkie zadania cząstkowe powinny być rozwiązywane jednocześnie. W ten sposób rozwiązane zostanie i zadanie główne.

3. Metoda analogii. Syntezuje się zadanie podobne, którego rozwiązanie jest znane lub możliwe do uzyskania i ustala się różnice między zadaniem wyjściowym i syntezowanym. Następnie tworzy się przekształcenie, które - po zastosowaniu w jednym z zadań - zmniejsza różnicę między nimi. Przez zwiększenie analogii osiąga się rozwiązanie zadania głównego. Jest to metoda zbliżona do modelowania.

4. Metoda odwrócenia zadania. Buduje się hipotezę o możliwym /pożądanym/ wyniku zadania i szuka się drogi do uzyskania wyniku. Jeśli takiej drogi nie można znaleźć, hipotezę uznaje się za błędną i powtarza się poszukiwanie. Proces ten można zapisać inaczej: gromadzi się dane, wybiera się możliwe rozwiązanie, a następnie wyjaśnia się jego zgodność z danymi wyjściowymi.

Przedstawione metody nie wyczerpują wszystkich sposobów działań stosowanych podczas planowania. Z przeprowadzonych przez autora rozprawy badań wynika, że dowódcy i oficerowie sztabów jednostek lotnictwa podczas rozwiązywania zadań taktycznych najczęściej stosują metodę pośrednią, opartą na tak zwanej analizie uproszczonej.

Analiza uproszczona oparta jest na średnich normach[1/], elementarnych pomiarach i obliczeniach oraz na porównaniu ich z danymi uzyskiwanymi w działaniach, co stanowi podstawę do wyciągania logicznych wniosków. Metoda ta, dzięki swej

---

1/ Taktyka lotnictwa rozpoznawczego. Szt.Gen. 1978. Załączniki.

prostocie, nie wymaga jakichkolwiek skomplikowanych urządzeń obliczeniowych. Czas i doświadczenie w pracy, pewne wiadomości i zdrowy rozsądek - to chyba wszystko, co jest niezbędne do wykonania analizy uproszczonej, przygotowania danych niezbędnych w planowaniu i podejmowaniu decyzji.

W warunkach współczesnych, kiedy na stanowiska dowodzenia lotnictwem napływa coraz więcej informacji, które należy opracować w krótkim czasie, stosowanie analizy uproszczonej napotyka coraz więcej przeszkód. Trudności te potęgowane są przez gwałtowne zmiany sytuacji. Może to doprowadzić w wielu przypadkach do błędnych lub co najmniej nieoptymalnych decyzji.

Z tego też względu na plan pierwszy wysuwają się inne metody, głównie z zakresu statystyki, teorii prawdopodobieństwa, programowania matematycznego, teorii masowej obsługi i modelowania matematycznego. Dlatego też autor proponuje rozwiązywanie zadań oceny i planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego głównie przy użyciu metod logiczno-matematycznych.

Z przeprowadzonych w poprzednich rozdziałach rozważań wynika, że ilość rozwiązywanych przez sztaby zadań taktycznych i wykonywanych w ich ramach obliczeń jest bardzo duża. Te względy w zasadniczej mierze zadecydowały o opracowaniu w części drugiej podstawowych sposobów rozwiązywania typowych zadań rozpoznawczych i ujęciu ich prognostycznych wyników w formę tabel, wykresów i nomogramów, a tym samym umożliwieniu skrócenia, w miarę możliwości, czasów ich rozwiązania.

W celu uchwycenia cech charakterystycznych i zależności w działalności pionów rozpoznawczych podczas ustalania i rozwiązywania zadań taktycznych w trakcie oceny i planowania, w niniejszej części pracy na wybranym przykładzie zostanie przedstawiony przebieg precyzowania, rozwiązywania oraz oceny skuteczności tego samego zadania na kolejnych szczeblach dowodzenia.

Wybrane zadanie taktyczne oraz sposób jego rozwiązania nie są jedynymi, jednak przeprowadzone badania oraz zdobyte doświadczenia wskazują, że należy ono do najczęściej rozwiązywanych.

### 3.1.1. Podstawowe założenia modelowania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego na szczeblu frontu

Planowanie rozpoznania powietrznego na szczeblu wojsk lotniczych frontu należy do głównych zadań oddziału rozpoznawczego. Obejmuje ono bilansowanie możliwości lotnictwa rozpoznawczego, ustalanie zadań rozpoznania powietrznego /precyzowanie/, obliczanie oczekiwanych i ocenę osiągniętych rezultatów działań rozpoznawczych lotnictwa oraz ocenę wpływu wykonywanych zadań rozpoznawczych na zwiększenie skuteczności działań tych rodzajów wojsk, które wykorzystują dane rozpoznawcze.

Rozwiązywane przez oddział rozpoznawczy sztabu wojsk lotniczych frontu w ramach planowania zadania taktyczne można podzielić na dwie główne grupy. Do pierwszej z nich należą zadania dotyczące:

- określenia liczby lotów rozpoznawczych możliwych do wykonania w planowanym okresie działań bojowych;
- określenia liczby lotów rozpoznawczych możliwych do wykonania z planowanym natężeniem;
- określenia liczby strat bezpowrotnych sił i środków;
- określenia średniego wykorzystania środków rozpoznawczych.

Poza wymienionymi, rozwiązywane są i inne zadania, bardziej szczegółowe, wynikające z bieżących potrzeb planowania. Niezależnie jednak od ich treści i ilości, w większości przypadków dotyczą one możliwości lotnictwa rozpoznawczego i zmierzają w efekcie końcowym do zbilansowania potrzeb i możliwości. Otrzymane tą drogą wyniki stanowią przede wszystkim podstawę określania średniego w danych warunkach stopnia wykonania zadania rozpoznawczego, będącego jednocześnie wskaźnikiem skuteczności rozpoznania.

Dotychczasowa praktyka wskazuje, że powyższe zadania rozwiązywane są w oparciu o dane napływające ze szczebla nadrzędnego bądź wynikają z oceny własnych sił i środków. Część tych informacji należy do zmiennych decyzyjnych, a więc ich właściwy wybór zależy od inwencji wykonawców. Ponadto część ich ma charakter losowy. Dlatego też podczas sporządzania planu rozpoznania uwzględnione powinny być wartości danych w granicach ich możliwego występowania.

Metodykę rozwiązywania zadań tej grupy szczegółowo opisano w drugim rozdziale rozprawy.

Druga grupa zadań, rozwiązywana przez oddział rozpoznawczy wspólnie z oddziałem operacyjnym, dotyczy działań wykonywanych przez lotnictwo rozpoznawcze na korzyść innych rodzajów wojsk.

W prowadzonym w ramach tych zadań rozpoznaniu nie chodzi o zdobycie informacji w ogóle, to znaczy w celu uszczegółowienia obrazu sytuacji /co pozwala następnie podjąć decyzję/, lecz o uzyskanie danych niezbędnych do uściślenia decyzji już podjętej w pewnej konkretnej sytuacji.

Planowanie zadań rozpoznawczych w tej grupie przebiega według ogólnie przyjętego schematu. Natomiast skuteczność rozpoznania powinna być oceniana pośrednio według jej wpływu na efektywność zabezpieczanych przez to rozpoznanie działań bojowych. Wskaźnikiem skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego w tym przypadku może być absolutne lub względne zwiększenie wskaźnika skuteczności operacji.[1/]

Rozwiązanie tego zadania może być oparte na następującym założeniu: skuteczność operacji bez rozpoznania charakteryzuje się wskaźnikiem "$W^{/o/}$", natomiast z rozpoznaniem "$W^{/r/}$". Skuteczność rozpoznania powietrznego można ocenić wykorzystując następujący wzór:

$$E_r = W^{/r/} - W^{/o/} \qquad /113/$$

lub

$$v = \frac{W^{/r/} - W^{/o/}}{W^{/o/}}, \qquad /114/$$

---

1/ Operacja - dowolne przedsięwzięcie /układ działań/ zespolone jednym zamiarem i skierowane na osiągnięcie określonego celu.

gdzie $E_r$ - skuteczność /efektywność/ rozpoznania,

v - absolutny przyrost skuteczności operacji jako wynik działań rozpoznawczych.

Otrzymane tą drogą wyniki nie zawsze w sposób jednoznaczny charakteryzują skuteczność rozpoznania powietrznego. W wielu przypadkach wygodnym może okazać się wskaźnik skuteczności, charakteryzujący względny jej przyrost. W tej sytuacji skuteczność będzie wyrażona nie w częściach samego wskaźnika, lecz w częściach tego przyrostu, które przyniosłoby rozpoznanie, jeżeli dostarczyłoby wymaganych danych dokładnie, w sposób idealny. Zatem wzór przyjmie postać:

$$u = \frac{W^{/r/} - W^{/o/}}{W^{/e/} - W^{/o/}}, \qquad /115/$$

gdzie: $W^{/e/}$ - wskaźnik skuteczności operacji w przypadku idealnym, gdy wszystkie wymagane od rozpoznania informacje zostały dostarczone, a ich dokładność jest niewątpliwa.

Z praktycznych doświadczeń wypływa, że podczas obliczania powyższych wielkości wygodnie jest więc posługiwać się wartościami oczekiwanymi liczb, na przykład jednostek rażonych w wyniku działań rozpoznawczych. Po podstawieniu tych wartości do przytoczonych wzorów, wskaźniki skuteczności przyjmą postać:

$$E_r = M_r^{/r/} - M_r^{/o/} \qquad /116/$$

lub

$$v = \frac{M_r^{/r/} - M_r^{/o/}}{M_r^{/o/}}. \qquad /117/$$

Natomiast w przypadku wyrażenia skuteczności rozpoznania w częściach jej przyrostu, który byłby możliwy, gdyby rozpoznanie dostarczało "idealnych" danych, wzór przyjmie postać:

$$u = \frac{M_r^{/r/} - M_r^{/o/}}{M_r - M_r^{/o/}},$$

gdzie: $M_r^{/r/}$ - wartość oczekiwana liczby rażonych jednostek przy zastosowaniu rozpoznania bezpośredniego /kontrolnego/,

$M_r^{/o/}$ - wartość oczekiwana liczby rażonych jednostek bez stosowania rozpoznania,

$M_r$ - średnia liczba jednostek, które byłyby rażone, gdybyśmy przez cały czas dysponowali pełną informacją o stanie celów /strzelanie, bombardowanie z przeniesieniem ognia/.

Jak z powyższego wynika pełne rozwiązanie wymienionych zadań wymaga zastosowania metod głównie matematycznych z zakresu statystyki, teorii prawdopodobieństwa itp. Opisy szczegółowe zadań, ich schematy oraz wyniki obliczeń przedstawiono w rozdziale drugim niniejszej rozprawy.

Większość przedstawionych zadań rozwiązywana jest w warunkach polowych, a więc w sytuacji, w której użycie skomplikowanych urządzeń obliczeniowych jest bardzo trudne. Oddział rozpoznawczy wykorzystując opracowane tabele, wykresy i nomogramy może rozwiązać większość zadań /głównie obliczeniowych/ i udzielić odpowiedzi przede wszystkim na następujące pytania, które mogą powstać na wszystkich etapach przygotowania i prowadzenia działań bojowych:

1. Jaki powinien być niezbędny podział sił i środków dla osiągnięcia żądanego rezultatu przy uwzględnieniu przeciwdziałania nieprzyjaciela?
2. Jaki jest, zgodnie z planem rozpoznania, oczekiwany wynik działań ? Ponadto sporządzenie planu rozpoznania wojsk lotniczych frontu wymaga udzielenia odpowiedzi na trzecie pytanie: jaki powinien być optymalny plan użycia /przydziału/ posiadanych sił i środków ?

Udzielenie pełnej odpowiedzi na to pytanie w zasadzie wykracza poza ramy niniejszej rozprawy, aczkolwiek wykorzystując obliczone średnie wykorzystanie sił we wzrokowym rozpoznaniu powietrznym możemy w części dotyczącej tego sposobu rozpoznania

sporządzić wspomniany wyżej plan. Będzie to jednak odpowiedź na pierwsze ze sformułowanych pytań.

Prowadzona na tym szczeblu dowodzenia ocena skuteczności rozpoznania powietrznego ma spełnić jeszcze jedno ważne zadanie. Jest nim sprecyzowanie zadań zgodnie z możliwościami wykonawców. Dotyczy to zarówno zadań jednostkowych, najczęściej do natychmiastowego wykonania, jak i ogólniejszych, obejmujących okres działań związków taktycznych i oddziałów lotnictwa.

Omówione przykłady zadań rozwiązywanych na szczeblu oddziału rozpoznawczego wojsk lotniczych mogą być ponadto wykorzystane do określenia możliwości lotnictwa rozpoznawczego przeciwnika. Wyciągnięte na tej podstawie wnioski pozwolą przede wszystkim na ocenę wpływu uzyskiwanych przez rozpoznanie powietrzne danych na działalność wojsk. Ocena ta powinna objąć cały system rozpoznania powietrznego z uwypukleniem skuteczności możliwych do zastosowania przez nieprzyjaciela środków rozpoznawczych. Uzyskane w ten sposób /np. programowaniem liniowym/ wyniki pozwalają na określenie z dużym prawdopodobieństwem w danej sytuacji możliwe warianty użycia przez nieprzyjaciela lotnictwa rozpoznawczego.

### 3.1.2. Podstawowe założenia modelowania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego na szczeblu związku taktycznego lotnictwa

Ocena i planowanie wzrokowego rozpoznania powietrznego na szczeblu związku taktycznego lotnictwa /DLSzR, DLMB/ ma na celu określenie możliwości prowadzenia rozpoznania powietrznego sposobem wzrokowym przez podległe siły oraz ustalenie optymalnych sposobów ich wykorzystania przez podległe siły oraz ustalenie optymalnych sposobów ich wykorzystania w ramach postawionych zadań bojowych. Zakres tych przedsięwzięć każdorazowo zależy od charakteru zadań bojowych, ich szczegółowości oraz posiadanych informacji o tych czynnikach, które mają decydujący wpływ na wartości wskaźników uwzględnianych w rozwiązywanych zadaniach taktycznych.

Zadania rozpoznania powietrznego wykonywane przez DLSzR /DLMB/ możemy podzielić na dwie grupy. Pierwsza z nich to zadania określone przez przełożonego, a więc takie, w treści których zawarte są niezbędne elementy kalkulacyjne, zapewniające osiągnięcie w czasie realizacji tych zadań efektów zbliżonych do wartości założonego wskaźnika skuteczności /efektywności/. Ocena i planowanie zadań na tym szczeblu podyktowane są wyborem takiego sposobu działania w rejonie rozpoznania, który zapewni uzyskanie możliwie dużej ilości informacji i poniesienie stosunkowo małych strat, zwłaszcza bezpowrotnych.

Do drugiej grupy zadań rozpoznawczych należą zadania planowane przez sztab dywizji i wykonywane na korzyść głównie własnego lotnictwa uderzeniowego. Zadania te, jak z powyższego wynika, realizowane mogą być przez lotnictwo rozpoznawcze lub przez wydzielone siły lotnictwa wykonującego zadania ogniowe. Niezależnie od wykonawców, zadania taktyczne wzrokowego rozpoznania powietrznego oceniane i planowane przez wydział rozpoznawczy pozostają takie same. Natomiast różnice w wyszkoleniu rozpoznawczym wykonawców mogą być uwzględniane podczas ustalania wskaźnika skuteczności /efektywności/.

Mimo ograniczonego zakresu oceny i planowania zadań pierwszej grupy oraz nieco szerszego w przypadku zadań grupy drugiej, każdorazowo przeprowadzane są przez wydział rozpoznawczy DLSzR /DLMB/ kalkulacje, zmierzające do zbilansowania potrzeb i możliwości. Czynności te są niezbędne w celu dokonania właściwego podziału sił według zadań oraz możliwości wydzielenia odwodu do potęgowania działań lub wykonania tych zadań, które są niemożliwe do ustalenia w czasie planowania.

Wielkościami kalkulacyjnymi, charakteryzującymi możliwości rozpoznawcze dywizji, są:

- ilość lotów możliwa do wykonania w danym okresie lub z nakazanym natężeniem;
- możliwa ilość lotów rozpoznawczych, w których załogi dotrą do obiektów rozpoznania.

Sporządzenie planu rozpoznania oraz opracowanie takich dokumentów bojowych, jak rozkaz bojowy czy zarządzenie do rozpoznania, wymaga wykonania dalszych prognostycznych obliczeń. Powinny one umożliwić udzielenie odpowiedzi na dwa zasadnicze pytania:

1. Jaka ilość sił jest potrzebna do wykonania każdego z zadań rozpoznawczych ?
2. Jaki rezultat będzie możliwy do osiągnięcia wydzielonymi siłami ?

W czasie planowania zadań bieżących równolegle wykonywane są przedsięwzięcia zmierzające do ustalenia wstępnych danych, określających możliwości wykonania zadania kolejnego /następnego/. W tym przypadku na plan pierwszy wysuwają się problemy zabezpieczenia działań bojowych, głównie materiałowo-technicznego. Zatem koniecznością staje się znajomość prawdopodobnych strat, w tym bezpowrotnych, potrzeb remontowych oraz potrzeb związanych z całym kompleksem przedsięwzięć dotyczących odtwarzania gotowości bojowej.

Przeprowadzone w ramach oceny i planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego kalkulacje umożliwiają ponadto określenie skuteczności tego sposobu rozpoznania i porównanie go z innymi, np. fotografowaniem. Otrzymane tą drogą wyniki mogą stanowić podstawę wybrania takiego sposobu wykonania, który w danych warunkach zapewni największe efekty.

Istotnym elementem planowania rozpoznania na tym szczeblu jest ustalenie celów jednostkowych zadań rozpoznawczych. Jak to wykazano w pierwszej części drugiego rozdziału, cele zadań rozpoznawczych w głównej mierze zależą od struktury organizacyjnej obiektu. W przypadku rozpoznania obiektów punktowych celem zadania może być wykrycie obiektu, jego rozpoznanie, ustalenie jego stanu lub parametrów; cele rozpoznania obiektów grupowych są takie same jak dla obiektów punktowych z tym że dochodzi tu jeszcze ustalenie ilości elementów obiektu lub powierzchni, na której są rozmieszczone. Gdy przedmiotem rozpoznania jest obiekt powierzchniowy, celem rozpoznania jest

przeszukanie nakazanej lub możliwie dużej powierzchni; w przypadku podziału powierzchni na oddzielne małe rejony można postąpić jak w zadaniach rozpoznawczych, w których przedmiotami rozpoznania są obiekty grupowe. Takie podejście do tej problematyki w pełni potwierdza praktyka. Wynika to głównie z dążności do sprecyzowania /określenia/ możliwych do osiągnięcia celów.

### 3.1.2. Podstawowe założenia modelowania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego na szczeblu oddziału lotniczego

Ocena i planowanie wzrokowego rozpoznania powietrznego na szczeblu oddziału lotniczego ma na celu, podobnie jak w dywizji, określenie rzeczywistych /prawdopodobnych/ możliwości bojowych sił i środków oraz dostarczenie niezbędnych do wyboru taktyki działań załóg i grup danych kalkulacyjnych. W efekcie końcowym uzyskane wyniki powinny stać się podstawą wyboru możliwego w danych warunkach działań bojowych i w istniejącej sytuacji operacyjno-taktycznej wariantu wykorzystania sił /wariantu działań bojowych oddziału lotniczego/.

Podstawą oceny i planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego na tym szczeblu jest zadanie bojowe oraz uwzględniana w kalkulacjach ilość pilotów i samolotów /elementów rozpoznawczych/. Informacje te zapewniają rozwiązanie większości zadań taktycznych, a uzyskane tą drogą wyniki umożliwiają dowódcy podjęcie decyzji.

Z praktycznych doświadczeń wynika, że w oddziale lotniczym istnieje potrzeba udzielenia odpowiedzi na trzy zasadnicze pytania, a mianowicie:

1. Jaką liczbę samolotów należy wydzielić do wykonania jednostkowego zadania rozpoznawczego z nakazanym prawdopodobieństwem?
2. Jakie osiągnie się rezultaty zadań, wydzielając do ich wykonania nakazaną ilość sił?
3. Jakie przyjąć warunki lotów w rejonach rozpoznania i po trasach, aby osiągnąć prognostyczne wyniki przy minimalnych stratach?

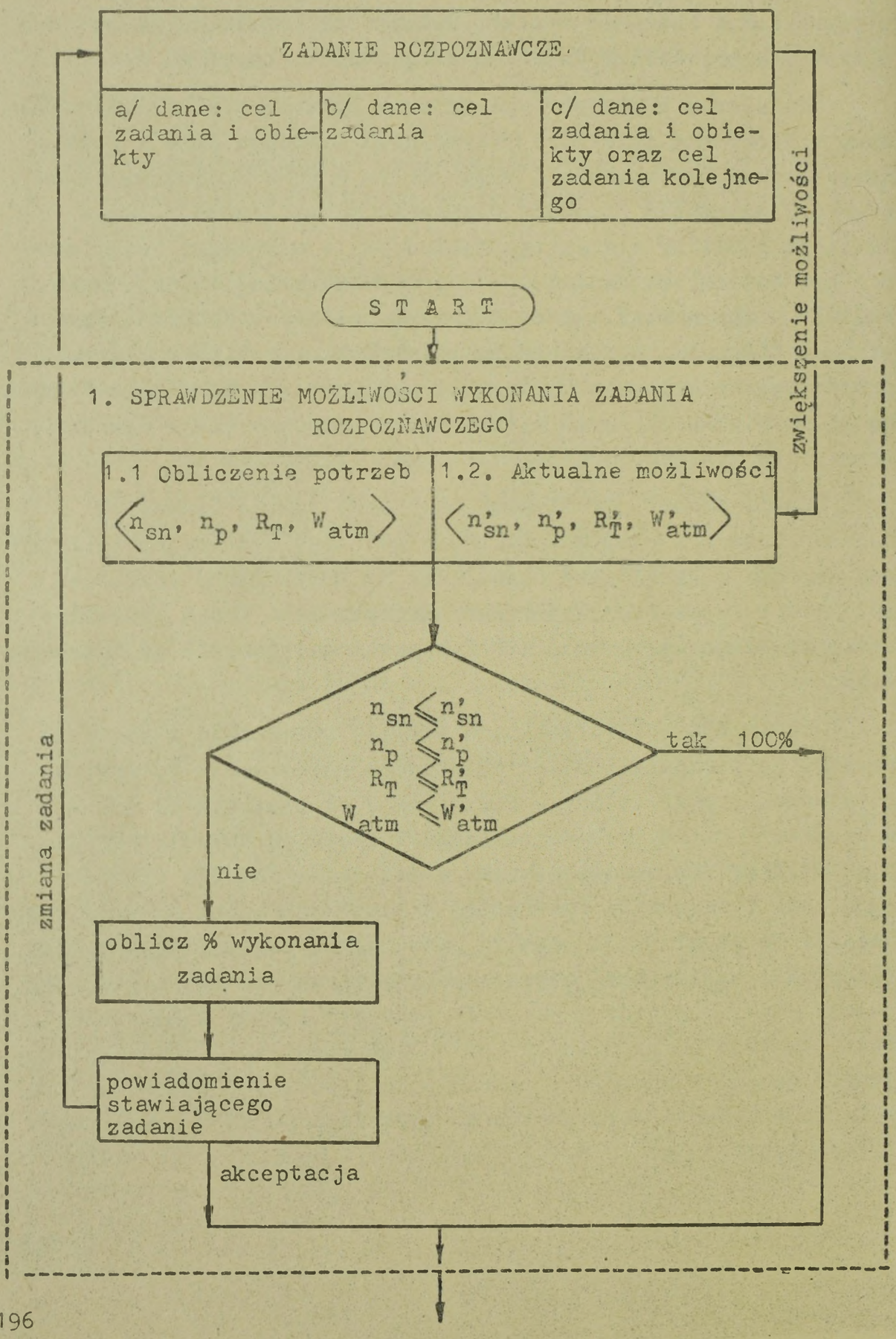
Pierwsze dwa pytania - zadania taktyczne należą do tych, które zostały sformułowane podczas ustalania założeń do wyboru kryteriów oceny skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego, a więc stanowią podstawowe zadania tej oceny. Jak z poprzednich rozważań wynika, zadania te rozwiązywane są na wszystkich szczeblach dowodzenia wojskami lotniczymi frontu.

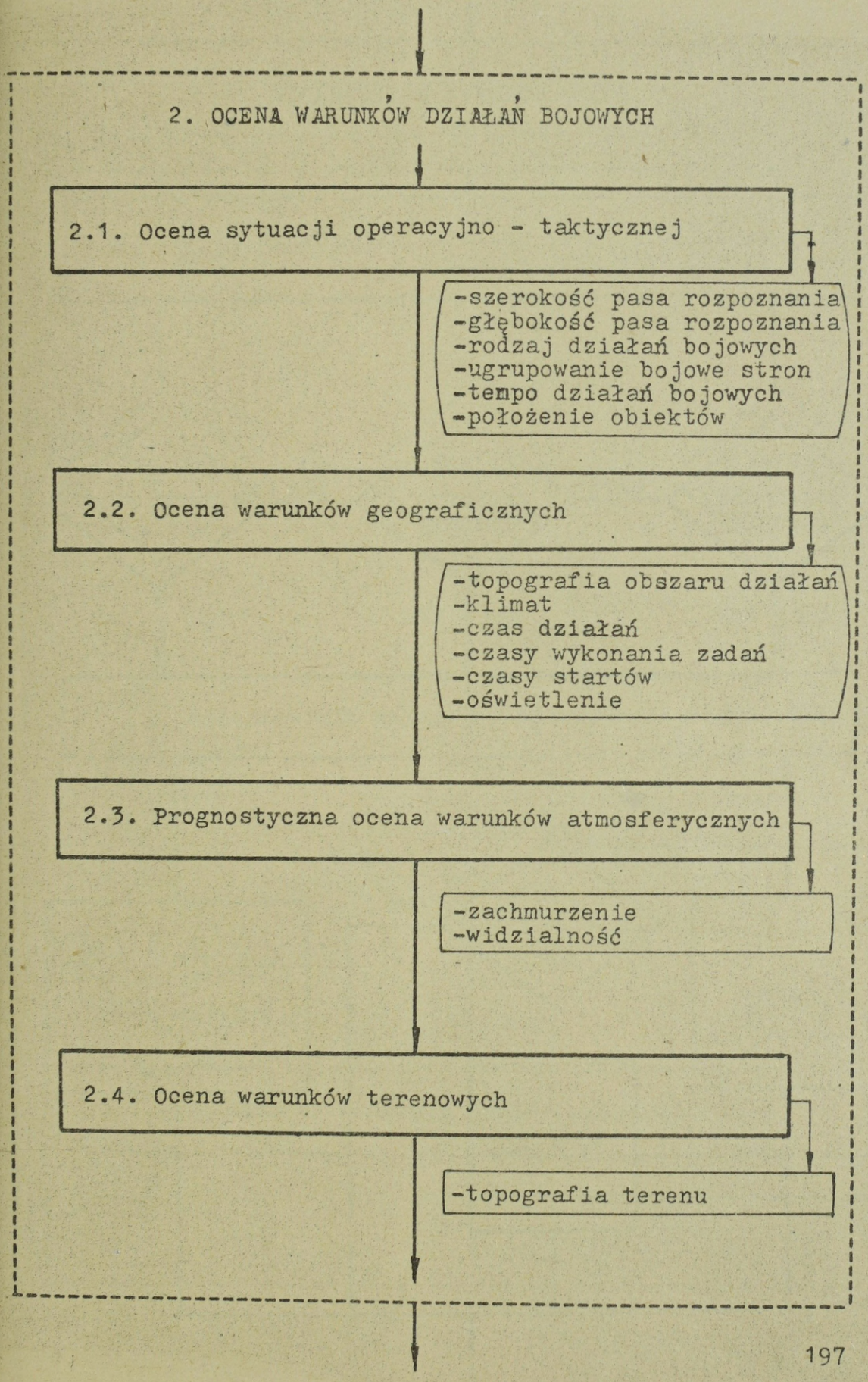
Udzielenie odpowiedzi na trzecie pytanie jest ściśle związane z dążnością do wyboru optymalnych warunków lotu w czasie poszukiwania, wykrywania i rozpoznania w prawdopodobnym rejonie rozmieszczenia obiektów rozpoznania. Zależności, jakie istnieją pomiędzy elementami terenowymi a warunkami lotu, głównie wysokością, prędkością lotu i warunkami nalotu na obiekt, zostały - jak należy sądzić - w wystarczającym zakresie omówione w pierwszym rozdziale pracy. Wykonane obliczenia oraz przedstawione w formie wykresów i nomogramów wyniki pozwalają na wykonanie niezbędnych kalkulacji z tego zakresu w sposób prosty i w stosunkowo krótkim czasie.

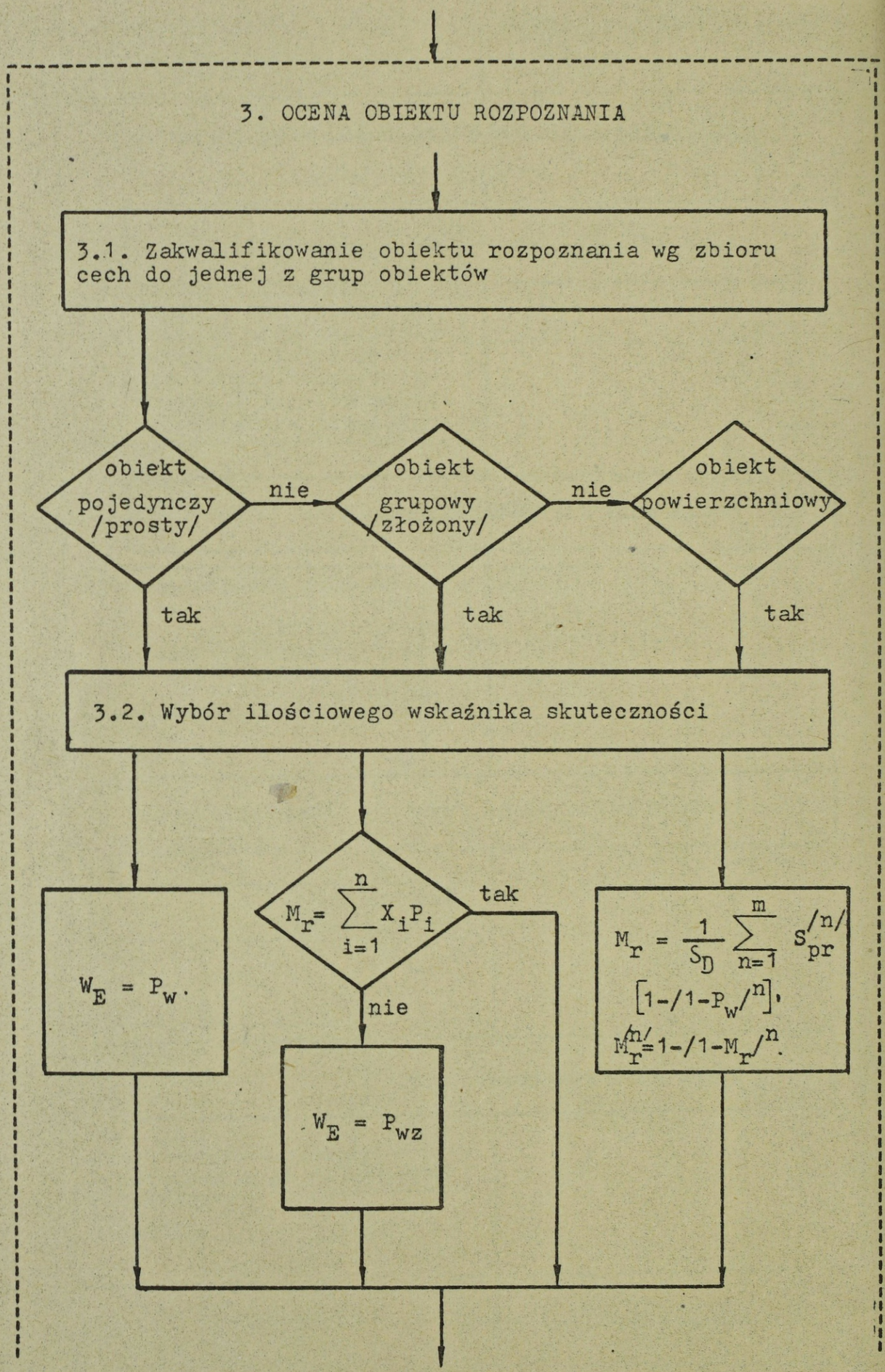
Sądzić należy, że dowódca oddziału, znając ogólny cel działań oraz w niezbędnym zakresie sytuację operacyjno-taktyczną, warunki działań oraz odpowiedzi na przytoczone wcześniej pytania, potrafi wybrać ten wariant wykonania zadań rozpoznawczych sposobem wzrokowym, który zapewni osiągnięcie najlepszych efektów.

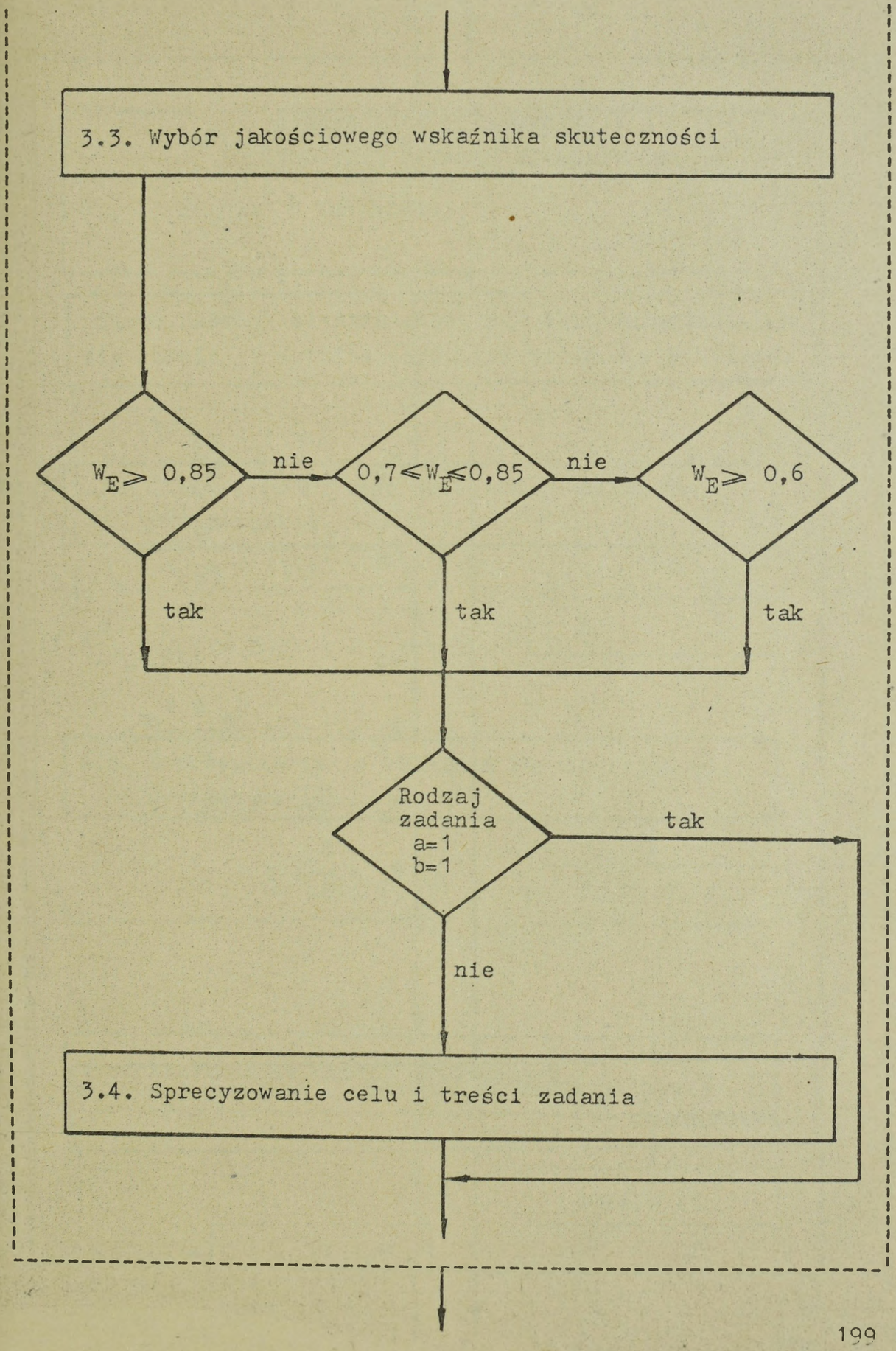
Uogólniając przeprowadzone powyżej rozważania stwierdzić należy, że planowanie zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego stanowi proces, który - niezależnie od stosowanych przez dowództwa i sztaby metod działania - obejmuje zawsze trzy podstawowe fazy: zbieranie danych, rozwiązanie zadania taktycznego oraz opracowanie dokumentów bojowych. Zdaniem autora, rozważania te umożliwiają ponadto konstrukcję uogólnionego modelu planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego. Model ten, jak należy sądzić, powinien stanowić podstawę budowy algorytmów rozwiązywania na omówionych szczeblach dowodzenia dwóch podstawowych zadań, a mianowicie określania ilości sił potrzebnej do wykonania zadania rozpoznawczego oraz oczekiwanego rezultatu wykonania zadania.

3.2. Schemat blokowy algorytmu planowania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego wraz z opisem




2. OCENA WARUNKÓW DZIAŁAŃ BOJOWYCH
2.1. Ocena sytuacji operacyjno - taktycznej
-szerokość pasa rozpoznania
-głębokość pasa rozpoznania
-rodzaj działań bojowych
-ugrupowanie bojowe stron
-tempo działań bojowych
-położenie obiektów
2.2. Ocena warunków geograficznych
-topografia obszaru działań
-klimat
-czas działań
-czasy wykonania zadań
-czasy startów
-oświetlenie
2.3. Prognostyczna ocena warunków atmosferycznych
-zachmurzenie
-widzialność
2.4. Ocena warunków terenowych
-topografia terenu


3. OCENA OBIEKTU ROZPOZNANIA
3.1. Zakwalifikowanie obiektu rozpoznania wg zbioru cech do jednej z grup obiektów
obiekt pojedynczy /prosty/
nie
obiekt grupowy /złożony/
nie
obiekt powierzchniowy
tak
tak
tak
3.2. Wybór ilościowego wskaźnika skuteczności
$W_E = P_w$.
$M_r = \sum_{i=1}^{n} X_i P_i$
tak
nie
$W_E = P_{wz}$
$M_r = \frac{1}{S_D} \sum_{n=1}^{m} S_{pr}^{/n/} \left[1-/1-P_w/^n\right]$,
$M_r^{/n/} = 1-/1-M_r/^n$.


3.3. Wybór jakościowego wskaźnika skuteczności
$W_E \geqslant 0,85$
nie
$0,7 \leqslant W_E \leqslant 0,85$
nie
$W_E \geqslant 0,6$
tak
tak
tak
Rodzaj zadania a=1 b=1
tak
nie
3.4. Sprecyzowanie celu i treści zadania

4. PLANOWANIE ROZPOZNANIA
/ROZWIAZANIE ZADANIA TAKTYCZNEGO/

4.1. Ocena stopnia wykonania zadania /oczekiwanego rezultatu wykonania zadania/, potrzebnej ilości sił

$$n_s = \frac{\log/1 - W_E^{/n/}/}{\log/1 - P_{wz}/},$$

$$n_s = \frac{\log/1 - M_r^{/n/}/}{\log/1 - M_r/}.$$

$$P_{wz} = 1-/1-0,97 P_w Q_{OPL}/^{n_s},$$

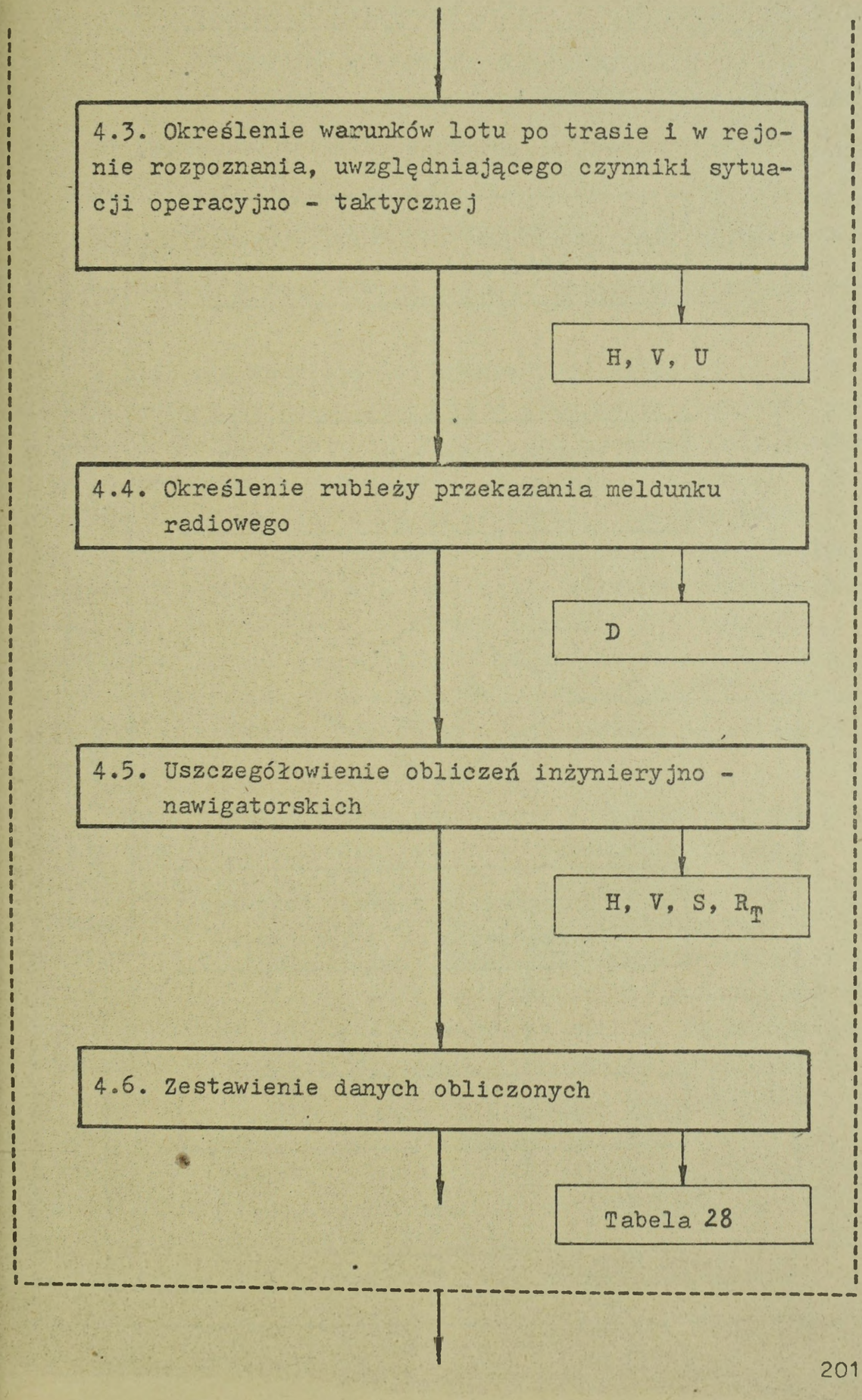
$$P_w = 1-/1-\frac{n_s\ s\ t}{F}/^{m},$$

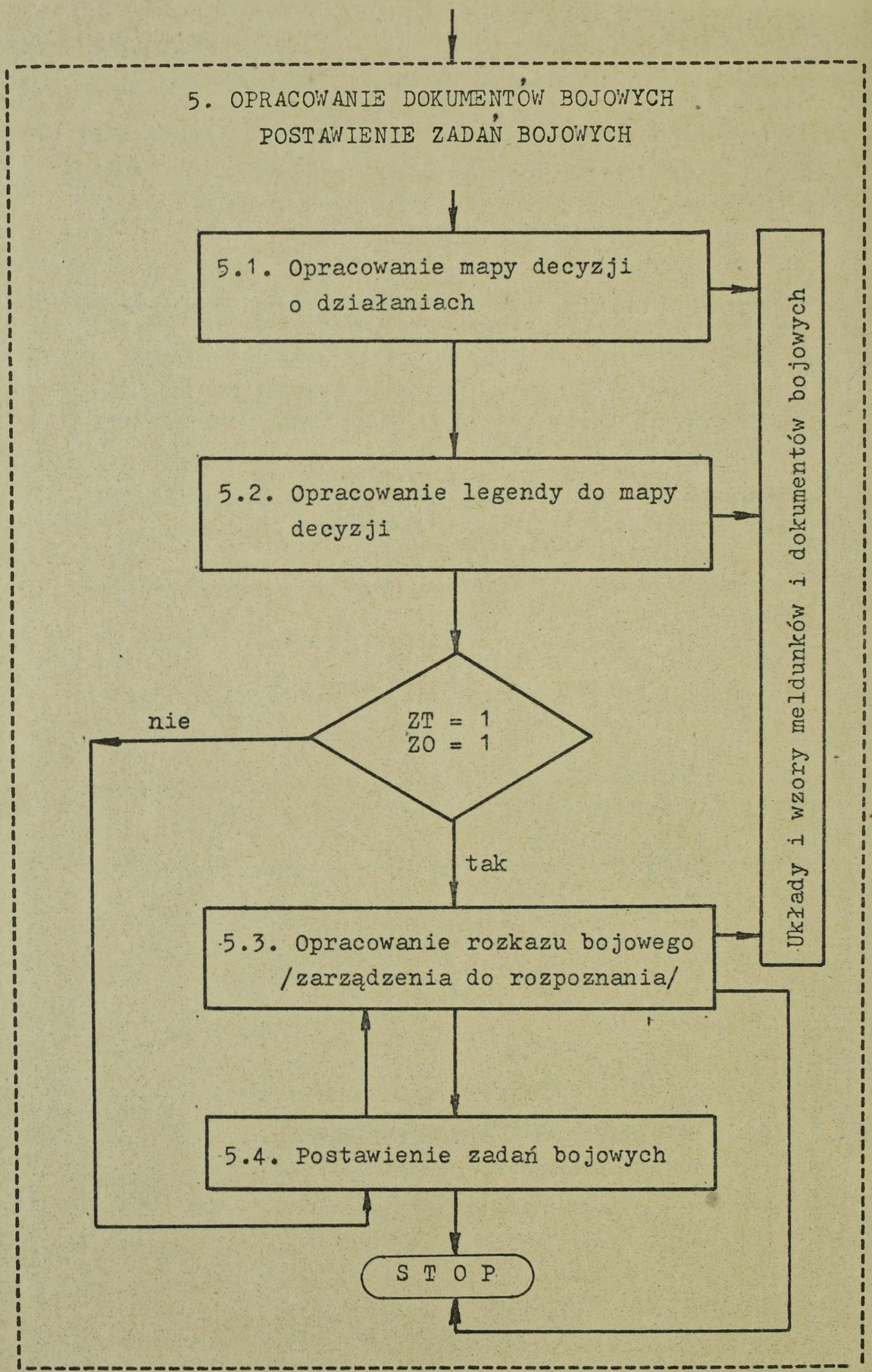
$$M_r = \sum_{i=1}^{n} X_i\ p_i,$$

$$M_r = \frac{S_{pr}}{S_D}\ p.$$

4.2. Wybór ugrupowania bojowego i manewru w rejonie rozpoznania

$n_s$, $t_i$, d


4.3. Określenie warunków lotu po trasie i w rejonie rozpoznania, uwzględniającego czynniki sytuacji operacyjno - taktycznej
H, V, U
4.4. Określenie rubieży przekazania meldunku radiowego
D
4.5. Uszczegółowienie obliczeń inżynieryjno - nawigatorskich
H, V, S, $R_T$
4.6. Zestawienie danych obliczonych
Tabela 28


5. OPRACOWANIE DOKUMENTÓW BOJOWYCH
POSTAWIENIE ZADAŃ BOJOWYCH
5.1. Opracowanie mapy decyzji o działaniach
5.2. Opracowanie legendy do mapy decyzji
ZT = 1
ZO = 1
nie
tak
5.3. Opracowanie rozkazu bojowego /zarządzenia do rozpoznania/
5.4. Postawienie zadań bojowych
S T O P
Układy i wzory meldunków i dokumentów bojowych

Przedstawiony schemat blokowy algorytmu planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego składa się z pięciu pakietów-algorytmów:

1/ Sprawdzenia możliwości wykonania zadania rozpoznawczego;

2/ Oceny warunków działań bojowych;

3/ Oceny obiektu rozpoznania;

4/ Planowania rozpoznania /rozwiązania zadania taktycznego/;

5/ Opracowania dokumentów bojowych i postawienia zadań bojowych.

Pakiet pierwszy, jak to wykazano we wstępnej części rozdziału, należy do początkowej fazy planowania /podobnie jak kolejne dwa/. Umożliwia on planującemu wzrokowe rozpoznanie powietrzne zebranie niezbędnych informacji o własnych możliwościach i porównanie ich z określonymi w zadaniu potrzebami. Porównanie to już we wstępnej fazie wszystkich czynności planistycznych zapewnia określenie z dużym prawdopodobieństwem skutków każdego z wariantów decyzji, realizowanych w przewidywanych warunkach działań bojowych. Na tym etapie sprowadza się to do uzyskania alternatywnej odpowiedzi na pytanie, czy zakładany w zadaniu cel jest możliwy do osiągnięcia /"tak - nie"/.

Sposób wykonania tych kalkulacji w głównej mierze zależy od stopnia szczegółowości zadania rozpoznawczego. On to bowiem określa dokładność wstępnych i zasadniczych czynności planistycznych, Sprawdzenie możliwości wykonania zadania rozpoczyna się od zakwalifikowania go /przyporządkowania/ do jednej z grup /a,b,c/. Pod pojęciem zadania "a" rozumie się zadanie, w którym jest sprecyzowany cel możliwy do osiągnięcia oraz obiekty rozpoznania. Zadanie "b" obejmuje tylko sprecyzowany cel, brak jest tu jednak elementów uszczegóławiających. W trakcie planowania musi być ono uzupełnione o brakujące czynniki. W zadaniu "c" znajdują się informacje, będące sumą danych zawartych w zadaniach "a" i "b", dotyczące obiektu zasadniczego i zapasowego; umożliwiają one opracowanie kilku wariantów wykonania zadania z dużym prawdopodobieństwem.

Po sprecyzowaniu i zakwalifikowaniu zadań do jednej z grup określane są potrzeby, zgodnie z punktem 1.1. /obliczenie potrzeb/. W celu stwierdzenia potrzeb stosownie do wariantu zadań /a,b,c/ należy obliczyć potrzebną ilość samolotów $n_{sn}$, pilotów $n_p$, taktyczny promień działania samolotów $R_T$ oraz określić warunki atmosferyczne, w których mogą być wykonywane zadania bojowe. Na tym etapie planowania posługujemy się średnimi normami /możliwościami rozpoznawczymi załóg/ wykonania zadań w danych warunkach atmosferycznych.

Parametry $n_{sn}$, $n_p$, $R_T$ nie wymagają wyjaśnienia. Są podstawowymi informacjami, jakie posiadają planujący zadania rozpoznawcze dowódca i sztab. Natomiast warunki atmosferyczne $W_{atm}$, a właściwie minimalne wartości czynników meteorologicznych, są określane dla danego typu samolotu i muszą być uwzględniane zgodnie z obowiązującymi dokumentami normatywnymi /"Regulamin wykonywania lotów"/, które określają minimalny poziom wyszkolenia załóg rozpoznawczych.

Po określeniu potrzeb porównujemy je z posiadanymi możliwościami. Wynik porównania określa dalsze czynności. Jeżeli możliwości wykonania przewyższają określone w zadaniu potrzeby, dalszy tok rozważań określa forma i treść kolejnych algorytmów. W przypadku gdy potrzeby /punkt 1.2./ są wyższe od posiadanych możliwości, na tym etapie rozważań musi nastąpić weryfikacja zadania. Może jej dokonać tylko stawiający zadanie. W meldunku do przełożonego o aktualnych możliwościach przedstawia się zazwyczaj możliwy do osiągnięcia stopień wykonania /procent wykonania/ zadania. W takim przypadku istnieją dwie możliwości postępowania. Jedna to akceptacja przez przełożonego przedłożonej mu propozycji wykonania zadania, druga - to zmiana przez niego zadania. Może ona dotyczyć np. zwiększenia ilości sił. W efekcie końcowym otrzymujemy zadanie mieszczące się w możliwościach jego wykonania.

Kolejny /drugi/ pakiet algorytmów umożliwia uzyskanie niezbędnych w planowaniu danych, odzwierciedlających te elementy warunków działań bojowych, które mają wpływ na wykonanie zadań powietrznego rozpoznania wzrokowego w dzień. Otrzymujemy je

w wyniku oceny aktualnej sytuacji operacyjno-taktycznej oraz warunków zewnętrznych, w których prowadzone jest rozpoznaie.

Oceniając sytuację operacyjno-taktyczną /2.1./ szczególną uwagę należy zwrócić na rodzaj działań bojowych, ugrupowanie nieprzyjaciela, system i środki OPL, obiekty rozpoznania i możliwości użycia broni masowego rażenia. Danymi otrzymanymi tą drogą są: głębokość i szerokość ugrupowania bojowego, ilość sił i środków zaangażowanych w walkę, tempo działań oraz przewidywany rozmach operacji, rodzaje środków OPL i ich możliwości bojowe, położenie obiektów rozpoznania oraz możliwe zmiany do czasu wykonania zadania rozpoznawczego, użyte środki rażenia /głównie broń jądrowa, jej ilość i rodzaje/. W trakcie oceny tych elementów warunków działań bojowych postępujemy zgodnie z "Układami i wzorami meldunków i dokumentów bojowych" np. plrt.

Ocena warunków geograficznych powinna dostarczyć informacji przede wszystkim dotyczącym właściwości fizyczno-geograficznych oraz tendencji klimatycznych obszaru, na którym są prowadzone działania bojowe /wysokość przeszkód terenowych naturalnych i sztucznych, masywy leśne, duże aglomeracje urbanistyczne, tereny bagienne itp./ oraz danych, umożliwiających określenie czasu zarówno działań bojowych, jak i wykonania zadań rozpoznawczych. Czynnikiem, który w ocenie tych warunków powinien być wyróżniony, jest oświetlenie terenu i obiektów rozpoznania. W przypadku prowadzenia wzrokowego rozpoznania powietrznego w dzień jego wartości powinny być każdorazowo określane dla rejonu i czasu prowadzenia rozpoznania.

Podczas prognostycznej oceny warunków atmosferycznych główną uwagę zwraca się na widzialność i podstawę chmur, oraz na te zjawiska atmosferyczne, które mają wpływ na wykonanie zadania rozpoznawczego. Prognostyczne wyniki oceny widzialności i podstawy chmur w każdej sytuacji powinny być porównane z minimalnymi dopuszczalnymi dla danego typu samolotu, określonymi w dokumentach normatywnych /"Regulamin wykonywania lotów"/ odnośnymi wartościami.

Kolejną grupę czynników składających się na warunki działań bojowych stanowią warunki terenowe. W trakcie planowania poza ukształtowaniem terenu szczegółowej ocenie poddawane jest jego pokrycie. Otrzymane tą drogą dane pozwalają na określenie zdolności poruszania się obiektu, jego działania oraz możliwości jego wykrycia i rozpoznania. Głównymi parametrami służącymi do opisania terenu są wysokości poszczególnych odcinków terenowych, szerokości /głębokości/ przeszkód terenowych oraz stopień maskowania obiektów rozpoznania.

Trzeci pakiet dotyczy oceny obiektów rozpoznania. Pozwala on na charakterystykę i podział obiektów pola walki pod kątem wymogów oceny skuteczności i efektywności powietrznego rozpoznania wzrokowego. Wstępną czynnością jest określenie cech i znaczenia przedmiotów rozpoznania. Na ich podstawie dokonujemy zakwalifikowania /3.1./ zawartych w zadaniu lub przewidywanych do rozpoznania obiektów do poszczególnych grup, stanowiących podstawę wyboru wskaźników skuteczności prowadzonych działań rozpoznawczych. Wybór ilościowych wskaźników skuteczności powinien być dokonany według grup obiektów /3.2./ opisanych w drugim rozdziale pracy. Natomiast jakościowy wskaźnik skuteczności wybierany jest według opisanych tam klas obiektów rozpoznania. Określona w ten sposób wartość wskaźnika skuteczności, podporządkowana danej klasie obiektów, jest granicą, której osiągnięcie lub przekroczenie jest równoznaczne z wykonaniem postawionego zadania bojowego. Wybrane wskaźniki i ich opisy mogą ponadto ułatwić sprecyzowanie celu zadania rozpoznawczego.

Cel i szczegóły zadania określane są tylko w tym przypadku, gdy w treści otrzymanego zadania brak jest tych elementów. Jeśli zadanie rozpoznawcze jest w pełni sprecyzowane, to czynność w planowaniu pomija się.

Następny, czwarty pakiet, jest zasadniczym elementem algorytmu planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego. Jego kolejne kroki określają czynności, umożliwiające w końcowej fazie planowania budowę zasadniczych wariantów decyzji, z których optymalny w danych warunkach działań bojowych i zaakceptowany przez dowódcę będzie realizowany. Wykonanie tych czynności sprowadza się do rozwiązania każdego z elementarnych zadań

rozpoznawczych.

Czynnością wstępną i jednocześnie najważniejszą w tej fazie planowania jest określenie stopnia wykonania zadania bojowego. W przypadku gdy jest on zawarty w zadaniu postawionym przez przełożonego, określany jest oczekiwany rezultat wykonania zadań. Pozwoli on w dalszym planowaniu prognostycznie ocenić rozwój sytuacji operacyjno-taktycznej, a tym samym skierować uwagę na najważniejsze zadania rozpoznawcze /obiekty rozpoznania/. Natomiast gdy w zadaniu jest już określony oczekiwany rezultat rozpoznania obliczamy stopień wykonania zadania rozpoznawczego. Znajomość jednego z tych wskaźników jest niezbędnym warunkiem ustalenia liczby samolotów potrzebnej do wykonania każdego z zadań rozpoznawczych w przewidywanych warunkach działań bojowych. Znajomość wartości obydwóch wskaźników umożliwi rozwiązanie zadań nie tylko bieżących, ale i prognostycznych, które mogą być zarówno zadaniami prostymi, jak i odwrotnymi.

Wszystkie zadania związane z oceną efektywności wzrokowego rozpoznania powietrznego odnoszą się do typu tak zwanych zadań prostych. Zadanie proste formułuje się w sposób następujący: wyznacza się środki przydzielone do rozwiązania postawionego zadania rozpoznawczego oraz określa się wskaźnik skuteczności.

Dla praktycznego planowania działań bojowych lotnictwa rozpoznawczego korzystne są nie tylko zadania proste, lecz również odwrotne. W zadaniach odwrotnych wyznacza się wskaźnik skuteczności; trzeba określić takie warunki działań bojowych, w których wartość wskaźnika skuteczności osiągnie wyznaczoną wartość. Do zadań odwrotnych zaliczyć należy wszystkie zadania związane z obliczeniem potrzebnej do wykonania postawionych zadań rozpoznawczych ilości sił.

Stopień wykonania zadania rozpoznawczego, jak to wykazano w rozdziale drugim w rozważaniach szczegółowych o tej problematyce, w większości przypadków zadań rozpoznawczych jest wyrażany oczekiwanym rezultatem wykrytych /rozpoznanych/ elementów /parametrów/ obiektu lub częścią powierzchni rejonu rozpoznania

nakazanej do przeszukiwania. W tym przypadku postać liczbowa wskaźnika odpowiada wartości procentowej tej części obiektu /powierzchni/ rozpoznania, która ma być skutecznie rozpoznana.

W przypadku gdy zadanie rozpoznawcze z różnych względów nie jest sprecyzowane, stopień jego wykonania może być utożsamiany ze wskaźnikiem skuteczności rozpoznania obiektu danej klasy. Osiągnięcie w praktycznej działalności nakazanych wartości wymienionych wskaźników lub ich przekroczenie może być uznane za wykonanie postawionego zadania bojowego.

Algorytm obliczeń oczekiwanego rezultatu wykonania zadania przedstawiono w tabeli 28, natomiast algorytm obliczeń liczby samolotów potrzebnej do wykonania zadania z nakazanym prawdopodobieństwem zestawiono w tabeli 27.

W dalszej kolejności dla wydzielonych sił określamy ugrupowanie bojowe, manewry w rejonie rozpoznania /kierunki nalotów/ zapewniające wykonanie zadania oraz warunki lotu. Wielkości te ustalane są na podstawie wnikliwej oceny i analizy aktualnej sytuacji operacyjno-taktycznej. Powinny one w pełni uwzględniać możliwości pokonania OPL nieprzyjaciela zarówno na trasie lotu, jak i w rejonie rozpoznania oraz możliwości prowadzenia rozpoznania z kabiny samolotu w danych warunkach terenu z uwzględnieniem specyfiki jego pokrycia.

Ustalone na tym etapie dane w części dotyczącej warunków lotu porównujemy z wynikami uzyskanymi podczas obliczeń inżynieryjno-nawigatorskich.

Piąty pakiet algorytmów ujmuje kolejność kroków podczas opracowywania podjętej przez dowódcę decyzji o działaniach bojowych /rozpoznawczych/ w podstawowych formach dokumentów bojowych, to jest na mapie decyzji wraz z legendą oraz w rozkazie bojowym. Podczas ich opracowywania postępujemy zgodnie z obowiązującymi dokumentami normatywnymi /Układy i wzory meldunków i dokumentów bojowych..."/

Na mapie powinny znaleźć odzwierciedlenie wszystkie elementy decyzji, które są możliwe do przedstawienia w postacji graficznej. Natomiast te, które wymagają tekstowego opracowania ujmuje się w legendzie do mapy decyzji. Kolejnym dokumentem

ujmującym sprecyzowane zadania bojowe jest rozkaz bojowy. W zależności od szczebla dowodzenia jest opracowywany bądź przed postawieniem zadań bojowych, bądź w trakcie ich stawiania. Na szczeblu rozpoznawczego oddziału lotniczego rozkaz bojowy jest spisywany w trakcie postawienia przez dowódcę zadań bojowych. Na wyższych szczeblach dowodzenia /związek taktyczny i operacyjny lotnictwa/ z zasady jest redagowany w miarę precyzowania przez dowódcę decyzji.

### 3.2.1. Algorytm obliczeń ilości sił potrzebnej do wykonania zadania rozpoznawczego

Obliczenie przydziału środków bojowych stanowi jedno z głównych zadań, które trzeba rozwiązać w trakcie organizowania działań bojowych pododdziałów, oddziałów i związków taktycznych lotnictwa, podczas planowania operacji, a także w toku prowadzonych działań bojowych.

Pełne rozwiązanie tego zadania bez wykorzystania współczesnych metod matematycznych jest trudne. Przy dużej ilości środków bojowych biorących udział w operacji obliczenia stają się skomplikowane i w chwili obecnej, odznaczającej się stałym deficytem czasu, coraz częściej są wykonywane przy użyciu elektronicznej techniki obliczeniowej.

W rozdziale drugim niniejszej pracy sformułowano typowe zadanie taktyczne /2.2.8./, którego rozwiązanie zmierza do określenia ilości sił potrzebnej do wykonania zadania rozpoznawczego sposobem wzrokowym. Rozwiązanie tego zadania podporządkowane jest ogólnemu schematowi rozwiązywania zadań odwrotnych. Odwrotność ta wynika z rozwiązywania funkcji podstawowej $W_E = 1 - /1 - P_{wz}/^{n_s}$ nie wprost, lecz względem wykładnika potęgi.

Zatem przekształcając wzór względem "$n_s$", która to wielkość jest wielkością szukaną, otrzymamy:

$$n_s = \frac{\log(1 - P_s)}{\log(1 - P_{wz})} \qquad /119/$$

lub

$$n_s = \frac{\log(1 - M_r^{/n/})}{\log(1 - M_r)} \qquad /120/$$

W zadaniu tym zmiennymi decyzyjnymi są zakładane wskaźniki skuteczności $P_s$ i $M_r^{/n/}$. Określają one stopień który podczas realizacji zadania powinien być osiągnięty lub przekroczony.

Natomiast zmiennymi losowymi, których wartości zależą od przebiegu zdarzeń elementarnych mogących zaistnieć podczas lotu rozpoznawczego, są prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jedną załogę $P_{wz}$ /jeden element rozpoznawczy/ i oczekiwana średnia liczba wykrytych obiektów /elementów obiektu, parametrów, części rozpoznawanej powierzchni/ - $M_r$.

Rozwiązanie tego zadania wymaga określenia potrzebnych w obliczeniach danych oraz zbudowania algorytmu /schematu postępowania/, pozwalającego na rozwiązywanie w logicznej kolejności zadań elementarnych i zadania finalnego, to znaczy takiego, które pozwala na uzyskanie odpowiedzi na pytanie: "Jaka ilość sił rozpoznawczych potrzebna jest do wykonania zadania z założonym wskaźnikiem skuteczności?"

Wstępną czynnością jest sformułowanie zadania, które ma być rozwiązane. W przypadku gdy zostało ono sprecyzowane na wyższym szczeblu, dokonujemy zakwalifikowania go do jednego z trzech wariantów zadań, jakie "przewiduje" model planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego. W ten sposób z jednej strony sprawdzona zostanie szczegółowość postawionego zadania /określone zostaną potrzebne w obliczeniach dane/, z drugiej - zidentyfikowany zostanie cel, jaki w trakcie realizacji zadania powinien być osiągnięty. Jak praktyka dowodzi, celem zadania rozpoznawczego najczęściej jest wykrycie, rozpoznanie, ustalenie elementów /parametrów/ obiektu, a gdy obiekt jest powierzchniowy - przeszukanie nakazanej powierzchni. Przytoczone przykłady celów zadań rozpoznawczych stanowią stopień, który w locie rozpoznawczym musi być osiągnięty, jeśli zadanie

ma być wykonane zgodnie z decyzją.

Tak sformułowane stopnie, mimo jasności samego celu, nie mogą być uwzględnione w rozwiązywanych zadaniach. W obliczeniach niezbędna jest ich postać liczbowa, wyrażona zakładanym wskaźnikiem skuteczności /efektywności/. Gdy cel zadania wyrażony jest wartością liczbową ilości elementów /parametrów/ lub powierzchni rozpoznania, wówczas wielkości te stanowią nakazany wskaźnik skuteczności /efektywności/ $W_E = M_r^{/n/}$. Natomiast gdy cel zadania sformułowany jest inaczej /wykryć, rozpoznać/, nakazany wskaźnik skuteczności może być ustalony na podstawie jego związków ze znaczeniem obiektu rozpoznania /klasą obiektu/. W tym przypadku może być wyrażony bądź w postaci prawdopodobieństwa sumarycznego $W_E = P_s$, bądź oczekiwanej wartości $W_E = M_r^{/n/}$. W celu jego ustalenia korzystamy z charakterystyk obiektów rozpoznania i przedstawionej w rozdziale drugim klasyfikacji tych obiektów.

Kolejnymi wielkościami niezbędnymi do rozwiązania podstawowej zależności są dane, określające możliwości jednego elementu rozpoznawczego /załogi/ w przewidywanych warunkach działań. Mogą one być opisane prawdopodobieństwem wykonania zadania "$P_{wz}$" lub oczekiwaną średnią liczbą wykrytych obiektów /elementów, parametrów/ częścią powierzchni rozpoznania/ - "$M_r$" - przez jedną załogę.

Wielkości te obliczamy wykorzystując zależności:

$$P_{wz} = 0{,}97\ P_w\ Q_{OPL}, \qquad /121/$$

$$M_r = \sum_{x=1}^{n} X_i\ P_i, \qquad /122/$$

a w przypadku rozpoznania obiektu powierzchniowego:

$$M_r = \frac{S_{pr}}{S_D}\ P. \qquad /123/$$

Przedstawienie powyższych zależności jako zdarzeń losowych powinno opierać się na danych wynikających z przewidywanych warunków działań bojowych. Zatem wielkości muszą być

ściśle powiązane z wszystkimi elementami lotu rozpoznawczego, w którym realizowane będzie postawione zadanie bojowe. W tej sytuacji analizie i ocenie poddany powinien być lot od startu samolotu do momentu przekazania drogą radiową danych rozpoznawczych. Do uzyskanych tą drogą danych zaliczamy: głębokość położenia obiektu rozpoznania, jego rozmieszczenie w terenie, prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela na trasie lotu i w rejonie rozpoznania, rzeczywistą przeszukiwaną część rejonu rozpoznania, odległość i prawdopodobieństwo wykrycia, realne warunki lotu oraz taktykę działania załogi. Pozostałe dane potrzebne w obliczeniach są określone w zadaniu bojowym lub stanowią rzeczywisty potencjał bojowy jednostki rozpoznawczej, to znaczy posiadane siły i środki /załogi, samoloty/.

Potrzebne w obliczeniach wskaźniki zdarzeń elementarnych /ich funkcje/ oraz ich związki z elementami lotu rozpoznawczego przedstawiono na rys. 45.

Z analizy podstawowych zależności określających możliwości bojowe jednego elementu rozpoznawczego $M_r$, $P_{wz}$ wynika, że do obliczenia ich wartości niezbędne staje się rozwiązanie następujących czterech funkcji dotyczących:

a/ określenia względnej średniej rozpoznanej powierzchni $M_r = M/U/$, a więc powierzchni, na której może być rozmieszczony obiekt rozpoznania. Wynika z tego, że interesuje nas w zasadzie wskaźnik charakteryzujący udział rozpoznanej powierzchni w całości powierzchni rejonu rozpoznania. Najczęściej jest on wyrażany procentowym stosunkiem obu tych powierzchni;

b/ obliczenia prawdopodobieństwa wykrycia obiektów w danych warunkach terenowych, które jak wykazała analiza zależy głównie od możliwości rozpoznawczych załogi i wyrunków obserwacji. Funkcję tę możemy zapisać następująco: $P_w = f/L, t_i, \bar{V}, H, V/$;

c/ obliczenia prawdopodobieństwa pokonania OPL nieprzyjaciela podczas wykonywania zadania bojowego. Funkcja ta ma postać: $Q_{OPL} = f/P_{OPL}, V, H, S/$;

d/ określenia niezawodności pracy posiadanych sił i środków $P_t = f/n/t/, n_s/$. Wskaźnik ten może być opisany jedną wielkością. Jak wykazały badania jego średnia wartość wynosi około 0,97.

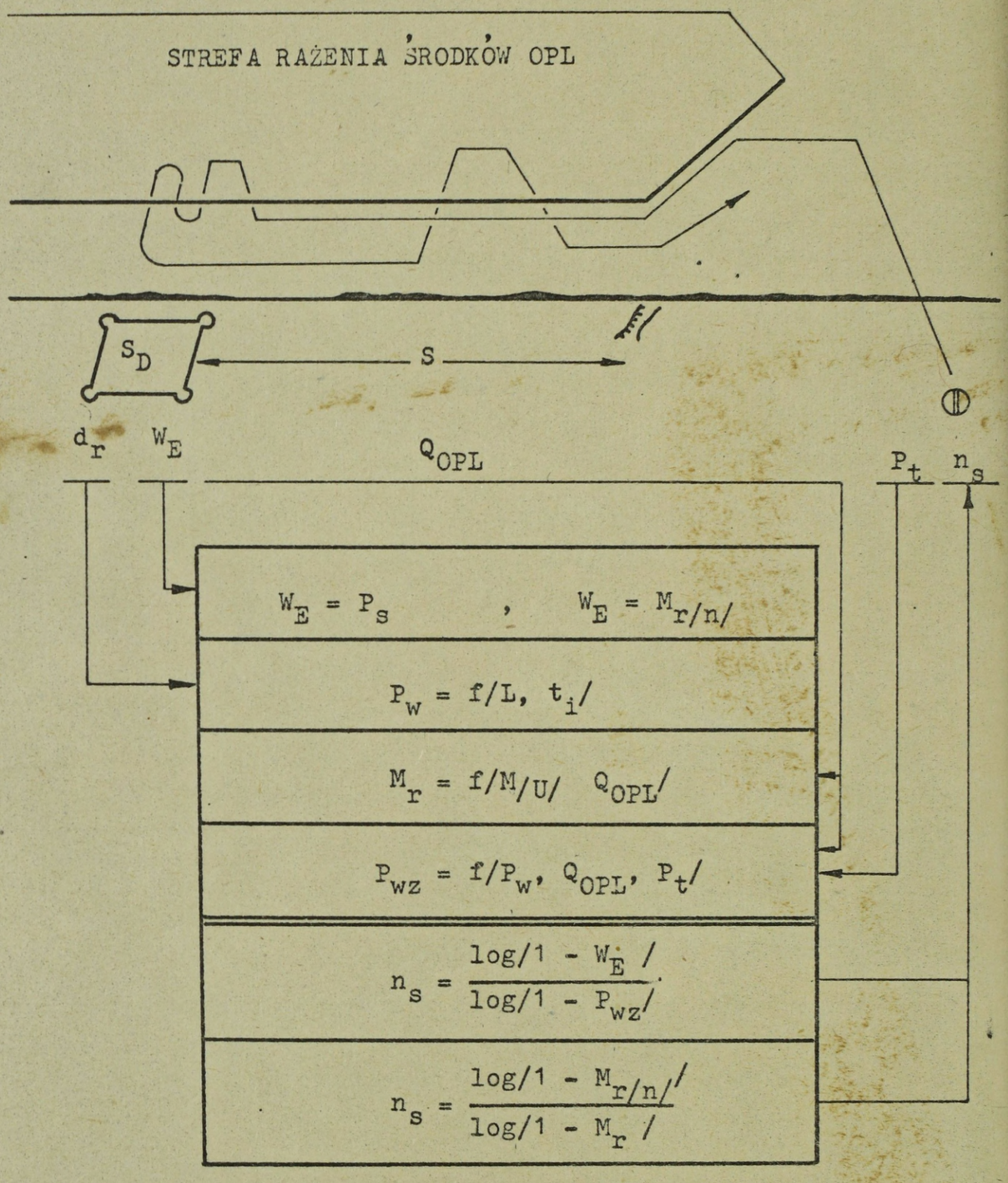
Rozwiązanie powyższych funkcji i określenie wartości liczbowych wskaźników daje podstawę do określenia dwóch poszukiwanych zmiennych losowych $P_{wz}$ i $M_r$. Po uwzględnieniu ich w wymienionych na wstępie zależnościach możemy obliczyć ilość sił potrzebną do wykonania zadania bojowego.

W praktycznej działalności, chcąc obliczyć wszystkie potrzebne wartości, konieczne byłoby wykonanie dużej ilości zadań rachunkowych. W celu skrócenia czasu wykorzystujemy w kalkulacjach opracowane i zamieszczone w rozdziale drugim tabele, wykresy i nomogramy.

Kolejność kroków podczas obliczania liczby samolotów potrzebnej do wykonania zadania rozpoznawczego sposobem wzrokowym zestawiono w algorytmie - tabela 27. Składa się on z czterech części. Pierwsza z nich określa kolejność kroków podczas pełnego rozwiązywania zadania. Druga - zawiera opis czynności, jakie należy wykonać postępując zgodnie z kolejnością kroków. W przypadku gdy znane są wyniki danego kroku, czynności jemu przypisane mogą być pominięte. W ten sposób skracamy czas rozwiązywania zadania. W trzeciej części algorytmu zamieszczone zostały wskaźniki i ich symbole uwzględniane podczas obliczeń. Ostatnia część zawiera opis źródeł informacji, z których będą pozyskiwane niezbędne w obliczeniach dane.

Proces kalkulacyjny w zasadzie kończy się z chwilą ustalenia szukanych wielkości. Dla potwierdzenia prawidłowości obliczeń niezbędne staje się sprawdzenie rozwiązania, w tym celu, posiadając wielkości charakteryzujące potrzebną ilość sił, obliczamy wskaźnik skuteczności. Może on być wyrażony oczekiwanym rezultatem, z jakim siły te wykonują postawione zadanie. Uzyskanie w wyniku wartości równej założonemu na wstępie wskaźnikowi skuteczności potwierdza prawidłowość kalkulacji. Sposób rozwiązania zadania przeciwnego zaprezentowano w kolejnej części rozdziału.

Przedstawia ona jednocześnie metodę działania podczas rozwiązywania zadań prostych.




Rys.45. Schemat lotu rozpoznawczego oraz wskaźniki zdarzeń elementarnych, niezbędne podczas obliczania ilości sił potrzebnej do wykonania zadania bojowego /rozpoznawczego/

Tabela 27

Algorytm obliczeń liczby samolotów potrzebnej do wykonania zadania sposobem wzrokowym

| Nr kroku | Czynność | Wskaźniki Symbole | Źródła informacji |
|---|---|---|---|
| 1 | Sformułowanie zadania | | Zadanie szczebla nadrzędnego |
| 2 | Zidentyfikowanie celu /celów/ zadania | | Cel działań przełożonego |
| 3 | Ustalenie wartości wskaźnika skuteczności zadań | $W_E = f/P_s/$ $W_E = f/M_r/$ | Własna decyzja |
| 4 | Ustalenie charakteru obiektu | | Zadanie, opisy obiektów |
| 5 | Ustalenie grupy /klasy/ obiektu | | Tabela 20 |
| 6 | Ustalenie głębokości położenia obiektu | S | Mapa |
| 7 | Ustalenie granicznych parametrów lotu | V H | Mapa, możliwości boj.s-tu |
| 8 | Określenie prawdopodobieństwa pokonania OPL nieprzyjaciela | $Q_{OPL}$ | Załączniki 11-16 |
| 9 | Ustalenie powierzchni rejonu rozpoznania | $S_D$ | Mapa |
| 10 | Ustalenie powierzchni przeszukiwanej przez jedną załogę | $S_{pr}$ | Tabela 23, mapa |
| 11 | Ustalenie względnej rozpoznanej części rejonu rozpoznania | $M_r = M/U/$ | Mapa |
| 12 | Określenie warunków rozpoznania | V H | Tabela 16 |
| 13 | Określenie prawdopodobieństwa wykrycia dla $n_s = 1$ | $P_w$ | Załączniki 7-10 Wykresy rys. 28-34 |
| 14 | Określenie średniej części rozpoznanej powierzchni dla $n_s = 1$ | $M_r/1/$ | |
| 15 | Określenie oczekiwanej ilości rozpoznanych elementów obiektu $x_i$ | $M_r/x/$ | Wykres rys. 35 |
| 16 | Określenie prawdopodobieństwa wykonania zadania dla $n_s = 1$ | $P_{wz}$ | Nomogram rys. 36 |
| 17 | Określenie potrzebnej liczby samolotów dla $W_E = P_s$ | $n_s$ | Nomogram rys. 36 |
| 18 | Określenie potrzebnej liczby samolotów dla $W_E = M_r$ | $n_s$ | Nomogram rys.36 |
| 19 | Sprawdzenie rozwiązania | | |

### 3.2.2. Algorytm obliczeń oczekiwanego rezultatu wykonania zadania rozpoznawczego

Zgodnie z przyjętymi założeniami /rozdział drugi pracy/ obliczenie oczekiwanego rezultatu wykonania zadania rozpoznawczego stanowi jedno z podstawowych zadań, jakie rozwiązuje się podczas ustalania możliwości bojowych posiadanych sił rozpoznawczych i skuteczności ich działania. Jednocześnie stanowi ono sprawdzian wszystkich zadań, których celem jest określenie ilości sił potrzebnej do wykonania postawionego zadania.

Wszystkie zadania związane z określeniem oczekiwanego rezultatu rozpoznania obiektów pola walki odnoszą się do tak zwanych zadań prostych. Formułowane są one w sposób następujący: wyznacza się środki do wykonania postawionego zadania rozpoznawczego, a następnie określa się wskaźnik charakteryzujący rezultat. Rozwiązanie tego zadania oparte jest na zależnościach funkcji podstawowej:

$$W_E = 1 - /1 - P_{wz}/^{n_s} .$$

Rezultat wyrażony będzie sumarycznym prawdopodobieństwem wykonania zadania "$P_s$" przez "$n_s$" środków. Dotyczy to również tych przypadków, gdy zadaniem będzie rozpoznanie obiektów złożonych /powierzchniowych/, a celem ustalenie określonej części obiektu. Mimo że rezultat może być wyrażony średnią oczekiwaną liczbą wykrytych elementów /parametrów, częścią powierzchni/ - $M_{r/n/}$ lub sumarycznym prawdopodobieństwem, rozwiązanie tego zadania zależy również od rozwiązania funkcji podstawowej, w której wyróżnić należy zmienne losowe $P_{wz}$, $M_r$/ i zmienną decyzyjną "$n_s$". Jak z tego wynika, wielkością ograniczającą rozważania jest posiadana ilość środków rozpoznawczych "$n_s$". Pozostałe, mimo zakładanych w zadaniu ograniczeń dotyczących głównie warunków lotu, mogą zmieniać swoje wartości w przyjętych granicach zapewniających osiągnięcie celu zadania rozpoznawczego.

Biorąc pod uwagę powyższe założenia oraz logiczną kolejność działań wykonywanych podczas rozwiązywania zadań prostych opartych na funkcji podstawowej, można zestawić algorytm

umożliwiający określenie oczekiwanego rezultatu wykonania zadania rozpoznawczego wydzielonymi siłami.

Wstępną czynnością jest sformułowanie zadania. Jeżeli zostało ono sprecyzowane przez przełożonego, wstępna czynność dotyczy zidentyfikowania celu /celów/ zadania rozpoznawczego. Określony cel stanowi podstawę wyboru schematu rozpoznania obiektu /zadania taktycznego/.

Ponadto, jak z przeprowadzonych w rozdziale drugim rozważań wynika, schemat ten powinien być ściśle związany z lotem rozpoznawczym. W ten sposób, drogą analizy i oceny każdego etapu lotu zostaną ustalone wskaźniki charakteryzujące zdarzenia, jakie mogą towarzyszyć zdobywaniu informacji rozpoznawczej przez załogę.

Schemat lotu rozpoznawczego, jego etapy oraz wskaźniki uwzględniane podczas określania oczekiwanego rezultatu działania jednej załogi i sumarycznego dla "$n_s$" środków rozpoznawczych przedstawiono na rys. 46.

Do danych określonych tą drogą zaliczyć należy: prawdopodobieństwo wykrycia obiektu przez jedną załogę, prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela, prawdopodobieństwo niezawodnej pracy środka rozpoznania /załoga, samolot/ oraz średnią względną część rozpoznawanej powierzchni, a więc powierzchnię, na której z dużym prawdopodobieństwem należy oczekiwać rozmieszczenia obiektu rozpoznania.

Dane te zapewniają obliczenie zmiennych losowych funkcji podstawowej, jakimi są prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jedną załogę "$P_{wz}$" i oczekiwana średnia liczba wykrytych lub rozpoznanych obiektów /elementów, parametrów, części powierzchni rejonu rozpoznania/ - "$M_r$" w przypadku rozpoznawania obiektów złożonych /powierzchniowych/. Wielkości te obliczyć możemy wykorzystując następujące zależności:

$$P_{wz} = 0{,}97\ Q_{OPL}\ P_w, \qquad /124/$$

$$M_r = \sum_{x=1}^{n} Xi\ Pi,$$

a w przypadku obiektu powierzchniowego:

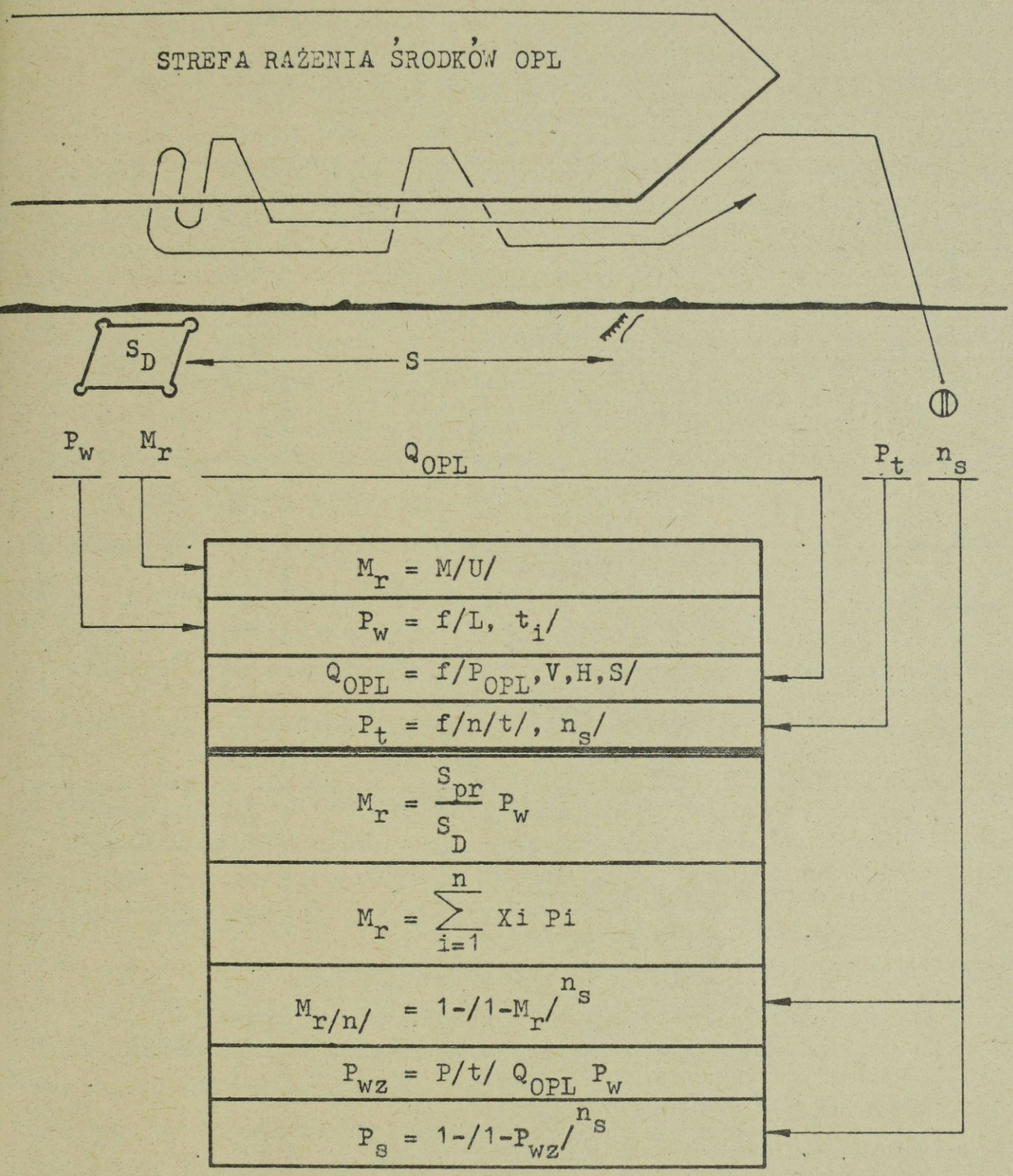
$$M_r = \frac{S_r}{S_D} P_w \qquad /125/$$

Kolejną wielkością uwzględnianą podczas rozwiązywania funkcji podstawowej jest liczba samolotów "$n_s$", które zostały wydzielone do wykonania zadania bojowego. W przypadku obliczania oczekiwanego rezultatu jest ona zmienną decyzyjną, ustaloną przez przełożonego bądź określaną przez możliwą /potrzebną/ do użycia w danych warunkach ilość sił rozpoznawczych. Dalsze czynności dotyczą już rozwiązania samej funkcji podstawowej.

Sposób działania podczas rozwiązywania zadania zmierzającego do określenia oczekiwanego rezultatu wykonania zadania rozpoznawczego zestawiono w algorytmie - tabela 28.

Układ algorytmu, wykorzystywane dane, ich symbole i źródła informacji są identyczne jak w przypadku rozwiązywania zadania odwrotnego.

Omówione zadanie jest jednocześnie sprawdzianem kalkulacji, w wyniku których otrzymujemy liczbę sił potrzebną do wykonania zadania z określonym prawdopodobieństwem. Szczegółowe opisy zadań, w ramach ujętych w algorytmach czynności, zawarte są w drugim rozdziale niniejszej rozprawy.




Rys.46. Schemat lotu rozpoznawczego oraz wskaźniki zdarzeń elementarnych niezbędne podczas obliczania oczekiwanego rezultatu wykonania zadania bojowego /rozpoznawczego/

Tabela 28

Algorytm obliczeń oczekiwanego rezultatu wykonania zadania rozpoznawczego sposobem wzrokowym

| Nr kroku | Czynność | Wskaźniki Symbole | Źródła informacji |
|---|---|---|---|
| 1 | Sformułowanie zadania | | Zadanie szczebla nadrzędnego |
| 2 | Zidentyfikowanie celu /celów/ zadania | | Cel działań przełożonego |
| 3 | Ustalenie wskaźnika skuteczności rozpoznania | $W_E=f/P_{wz}/$ $W_E=f/M_r/$ | |
| 4 | Ustalenie grupy /klasy/ obiektu rozpoznania | | Tabela 20.Charakterystyki obiektów |
| 5 | Ustalenie głębokości położenia obiektu | S | Mapa |
| 6 | Ustalenie granicznych parametrów lotu | V H | Mapa,możliwości boj.s-tu |
| 7 | Określenie prawdopodobieństwa pokonania OPL nieprzyjaciela | $Q_{OPL}$ | Załączniki 11-16 |
| 8 | Ustalenie powierzchni rejonu rozpoznania | $S_D$ | Mapa |
| 9 | Ustalenie powierzchni przeszukiwanej przez jedną załogę | $S_{pr}$ | Tabela,rys.23, mapa |
| 10 | Ustalenie względnej rozpoznanej części rejonu rozpoznania | $M_r=M/U/$ | |
| 11 | Określenie warunków rozpoznania | V H | Tabela 16 |
| 12 | Określenie prawdopodobieństwa wykrycia | $P_w$ | Załączniki 7-10,wykresy rys.28-34 |
| 13 | Określenie średniej części rozpoznanej powierzchni dla $n_s=1$ | $M_r/1/$ | |
| 14 | Określenie oczekiwanej ilości rozpoznanych elementów obiektu $x_i$ | $M_r/x/$ | |
| 15 | Określenie oczekiwanej sumarycznej średniej części rozpoznanej powierzchni dla $n_s>1$ | $M_r/n/$ | Załącznik 17 Nomogram rys.35 |
| 16 | Określenie prawdopodobieństwa wykonania zadania dla $n_s=1$ | $P_{wz}$ | Nomogram rys.36 |
| 17 | Określenie prawdopodobieństwa wykonania zadania dla $n_s>1$ | $P_s$ | Załącznik 17 Nomogram rys.35 |
| 18 | Sprawdzenie rozwiązania | | |

Wzorując się na opisanych w algorytmach czynnościach otrzymujemy informacje, które są podstawą sprecyzowania przez dowódcę decyzji. Natomiast zakres danych określanych w ramach planowania uzależniony jest od wariantu zadania rozpoznawczego i każdorazowo może być inny. Dla przyjętych w pracy wariantów zadań rozpoznawczych dane te zestawiono w tabeli 29.

Planowanie z metodologicznego punktu widzenia może być rozpatrywane jako proces przetwarzania informacji, to jest transformacji zbioru pewnych danych w zbiór innych danych - decyzję. Przyjmując takie właśnie rozumowanie planowania, autor rozprawy przedstawił próbę wyodrębnienia faz tego procesu, budowę modelu oraz jego opisu.

Złożoność przedsięwzięć planistycznych na wielu szczeblach dowodzenia lotnictwem rozpoznawczym wymaga analizy i oceny dużej liczby czynników, zwłaszcza tych, które mają decydujący wpływ na wykonanie zadań rozpoznania powietrznego.

W procesie planowania, oprócz własnych możliwości, ocenie poddaje się czynniki zewnętrzne i obiekty rozpoznania. W przyjętym do rozważań modelu czynniki zewnętrzne podzielono na trzy części: czynniki geograficzne, atmosferyczne i teren, aczkolwiek w rzeczywistych warunkach ich występowania istnieją między nimi ścisłe związki.

Celem oceny obiektów rozpoznania jest wybór schematu zadania oraz wskaźników, zwłaszcza zakładanego wskaźnika skuteczności. Jest on zasadniczym elementem rozwiązywanych zależności matematycznych.

Uzyskane tą drogą dane pozwolą w efekcie końcowym na sprecyzowanie, a następnie rozwiązanie zadania rozpoznawczego.

Istotną rolę w procesie oceny i planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego odgrywa metoda postępowania. Analiza literatury i praktyczne doświadczenia pozwoliły czynności planistyczne ująć w formy modelu i algorytmów. Stanowią one podstawowy układ kroków podczas praktycznego rozwiązywania zadań rozpoznawczych, niezależnie od szczebla dowodzenia.

Tabela 29

Tabela danych do decyzji

| Lp. | Nazwa danej | Symbol | Dane w zadaniu | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | a | b | c |
| 1 | Przewidywany rodzaj działań | | x | x | x |
| 2 | Szerokość pasa rozpoznania | Sp | x | x | x |
| 3 | Głębokość pasa rozpoznania | G | x | x | x |
| 4 | Przewidywane ugrupowanie bojowe nieprzyjaciela | | x | x | x |
| 5 | Tempo działań | G/T | x | x | x |
| 6 | Głębokość położenia obiektu | S | x | x | x |
| 7 | Topografia obszaru działań bojowych | h | x | x | x |
| 8 | Klimat - tendencje | | x | x | x |
| 9 | Czas działań | $T_{dz}$ | x | x | x |
| 10 | Czas wykonania zadania | $T_M$ | - | x | - |
| 11 | Czasy startów | $T_M$ | - | x | - |
| 12 | Oświetlenie | Lx | x | x | x |
| 13 | Zachmurzenie /podstawa chmur/ | H min | x | x | x |
| 14 | Widzialność | $\bar{V}$ | x | x | x |
| 15 | Topografia rejonu rozpoznania | h | x | x | x |
| 16 | Klasa obiektów | I,II,III | x | x | x |
| 17 | Grupa obiektów | 1,2,3 | x | x | x |
| 18 | Parametry ruchliwości obiektów | | - | x | - |
| 19 | Ilość elementów w obiekcie | x | - | x | - |
| 20 | Ilościowy wskaźnik skuteczności | $W_E$ | x | x | x |
| 21 | Jakościowy wskaźnik skuteczności | $W_E$ | x | x | x |
| 22 | Powierzchnia rejonu rozpoznania | $S_D$ | - | x | - |
| 23 | Odległość rozpoznania obiektu | $d_r$ | x | x | x |
| 24 | Czas identyfikacji obiektu | $t_i$ | x | x | x |
| 25 | Szerokość pasa rozpoznania | L | x | x | x |
| 26 | Powierzchnia rozpoznania dla $n_{s=1}$ | $S_{pr}$ | x | x | x |
| 27 | Prawdopodobieństwo wykrycia | $P_w$ | x | x | - |
| 28 | Wysokość lotu rozpoznawczego | H | - | x | - |
| 29 | Prędkość lotu rozpoznawczego | V | - | x | - |
| 30 | Prawdopodobieństwo niezawodności pracy pilota i samolotu | $P_t$ | - | x | - |
| 31 | Prawdopodobieństwa pokonania OPL | $Q_{OPL}$ | x | x | x |
| 32 | Prawdopodobieństwo podania danych | $P_i$ | - | x | - |
| 33 | Ilość samolotów wykonująca zadanie | $n_s$ | - | x | - |
| 34 | Średnia część rozpoznanej powierzchni | $M_r$ | x | x | x |
| 35 | Oczekiwana ilość wykrytych elementów obiektu | $M_r$ | x | x | x |
| 36 | Prawdopodobieństwo wykonania zadania | $P_{wz}$ | x | x | x |

## 3.3. Przykład praktycznego modelowania zadań wzrokowego rozpoznania powietrznego

### 3.3.1. Założenia do zadania rozpoznawczego /zazwyczaj informacje te ujęte są w rozkazie bojowym - zarządzeniu przełożonego/:

a/ - przedmiot rozpoznania: elementy ugrupowania bojowego 1 KA/NZ/ oraz obiekty OP rozmieszczone w terenie zakrytym,

- rejon rozpoznania: ugrupowanie bojowe 1 KA/NZ/,
- rozmieszczenie obiektów: jak na rys. 47.

b/ - podmiot rozpoznania: siły i środki plr,
- wskaźniki: $n_s = 36$; $k = 0,8$; $a=0,03$; $Q_{OPL}=0,8$;
$n = 3$; $t_i=4s$; $V_r = 500$ km/h; $H_r=300-400$ m

c/ zadanie do rozwiązania:
- określić potrzeby rozpoznawcze w złożonej sytuacji,
- ocenić możliwości wykonania przez pułk zadań rozpoznawczych,
- określić minimalne warunki lotu rozpoznawczego.

### 3.3.2. Sprawdzenie możliwości wykonania zadania rozpoznawczego

A. Określenie potrzeb.

Obiektami rozpoznania, jak z założenia wynika, mogą być wszystkie elementy ugrupowania bojowego 1 KA/NZ/. Przyjmując, że w pasie rozpoznania plr działa lotnictwo wojsk lądowych /i inne rodzaje lotnictwa/, a ściślej jego część prowadząca rozpoznanie powietrzne, z kalkulacji możemy wyłączyć pas do głębokości około 15 km, gdyż rozmieszczone w nim obiekty są przedmiotami rozpoznania ogólnowojskowych związków taktycznych pierwszego rzutu /eskadr śmigłowców rozpoznawczo-łącznikowych/. Biorąc pod uwagę konkretną sytuację operacyjno-taktyczną dokonujemy selekcji pozostałych obiektów, przedmiotów rozpoznania plr. W praktyce obiekty do rozpoznania powietrznego są wybie-

rane w zależności od zadań operacyjnych i możliwości całego systemu rozpoznania frontu.

Przykładowe zestawienie potrzeb rozpoznawczych ujęto w kolumnach 2, 3 i 4 tabeli 30. Przyjęte w nich wielkości są orientacyjne. Uzyskano je w wyniku kalkulacji opartych o średnie normy potrzeb i możliwości bojowych lotnictwa rozpoznawczego, zamieszczonych w podręczniku "Taktyka lotnictwa rozpoznawczego" /Wyd. Sztab Gen.WP 1978 r./.

Dalsze potrzeby dotyczą ilości sił rozpoznawczych. Przyjmując do kalkulacji cytowane średnie normy, ilość sił potrzebną do rozpoznania wytypowanych obiektów zestawiono w kolumnach 5 i 6 tabeli 30. Podana w podsumowaniu liczba 148 obrazuje potrzeby wykonania lotów rozpoznawczych w ciągu jednego dnia.

B. Określenie możliwości bojowych plr.

1/ Obliczenie oczekiwanej średniej liczby lotów możliwych do wykonania przez pułk w ciągu jednego dnia:

- dane wyjściowe: $n_s = 36$, $k = 0,8$, $a = 0,03$, $n = 3$ loty na samolot.

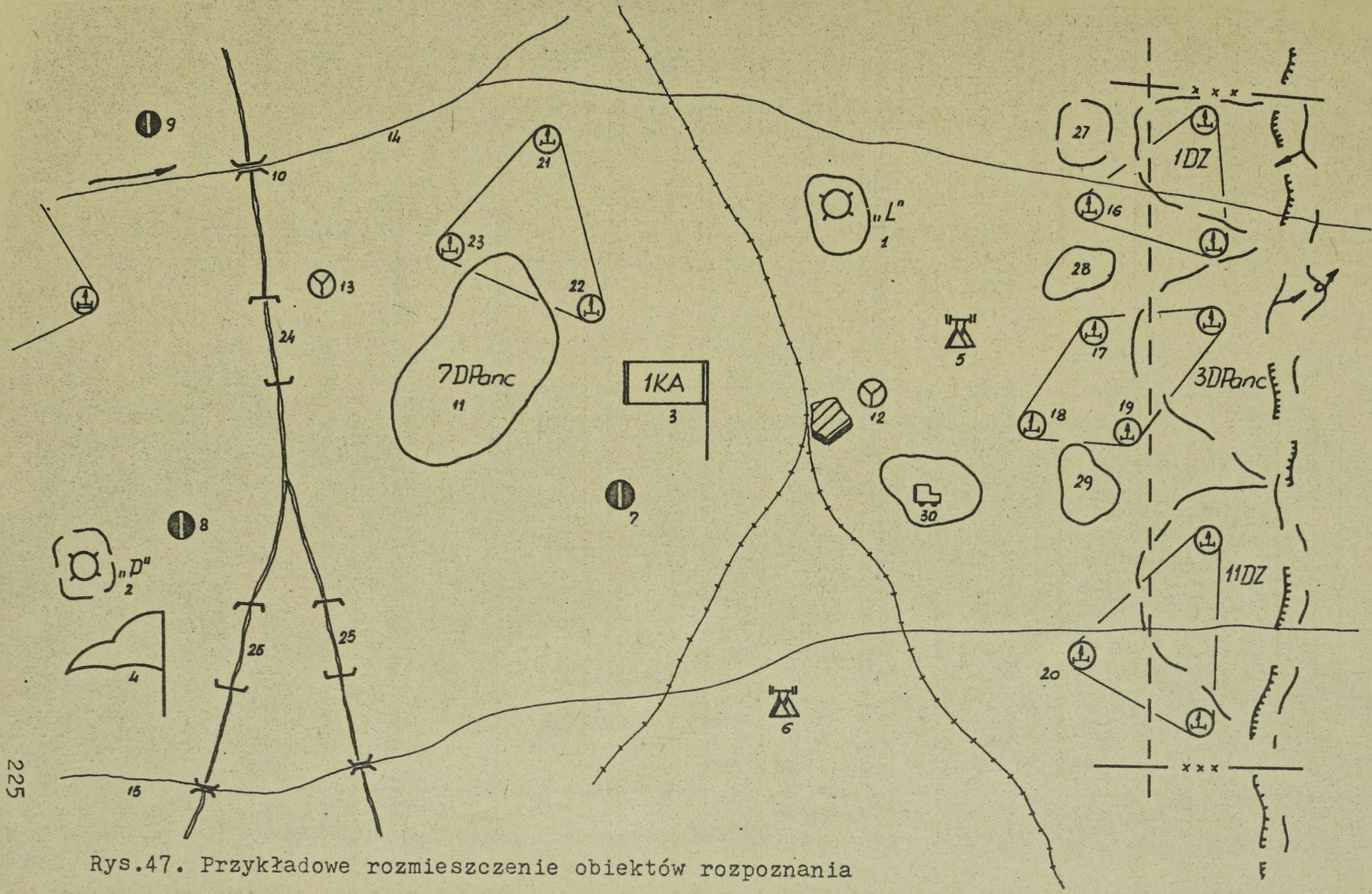
W celu obliczenia szukanej wielkości wykorzystujemy wzór:

$$N/n/ = n_s \, k \, /1 - a/ \, \frac{1 - /1 - a/^n}{a},$$

zatem

$$N/3/ = 36 \cdot 0,8 \cdot /1 - 0,03/ \, \frac{1 - /1 - 0,03/^3}{0,03} = 81,3 \text{ s/l.}$$

Zadanie to możemy rozwiązać wykorzystując nomogram przedstawiony na rys. 43.

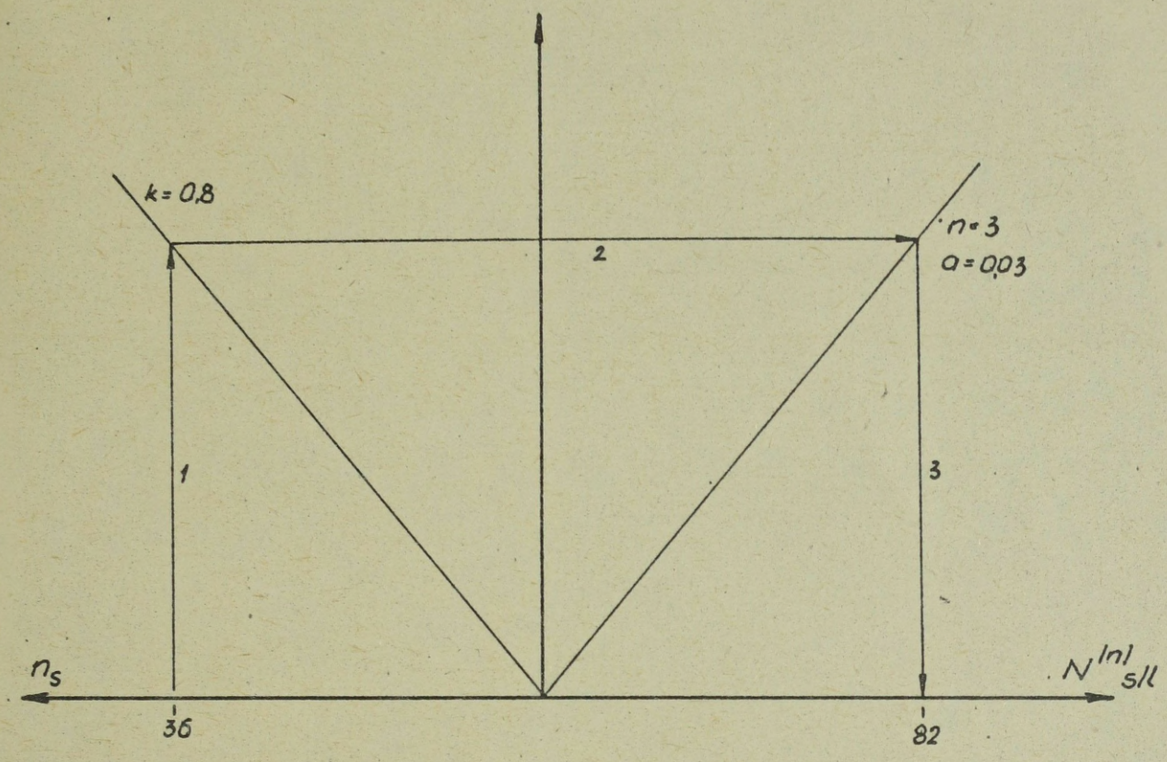



Rys.47. Przykładowe rozmieszczenie obiektów rozpoznania

Tabela 30

Zestawienie obiektów oraz potrzeb ich rozpoznania

| Nr obiektu | Nazwa obiektu | Ilość obiektów z danej grupy | Potrzebna ilość rozpoznań obiektu w ciągu dnia | Potrzebna ilość sił do jednorazowego rozpoznania jednego obiektu | Sumaryczna potrzebna ilość sił do rozpoznania s/l |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | bateria PR "Lance" | 1 | 4 | 4 | 16 |
| 2 | bateria PR "Pershing" | 1 | 4 | 4 | 16 |
| 3 | SD 1 KA/NZ/ | 1 | 3 | 2 | 6 |
| 4 | SD 2 PTSP | 1 | 3 | 2 | 6 |
| 5,6 | posterunek wykrywania | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 7,8,9 | lotniska | 3 | 2 | 2 | 12 |
| 10 | przeprawa | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 11 | 7 DPanc | 1 | 2 | 4 | 8 |
| 12,13 | lądowiska | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 14,15 | drogi | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 16,23 | baterie PRK | 8 | 2 | 2 | 32 |
| 24,25,26 | rubieże wodne | 3 | 2 | 1 | 6 |
| 27,28,29 | odwody ZT pierwszego rzutu | 3 | 3 | 2 | 18 |
| 30 | zgrupowanie wojsk | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Ogółem | | 30 | - | - | 148 s/l |




2/ Obliczenie oczekiwanej średniej liczby lotów, w których załogi dotrą do obiektów rozpoznania:

- dane wyjściowe: $n_s = 36$, $k = 0,8$, $Q_{OPL} = 0,8$, $a = 0,03$,

$n = 3$ loty na samolot.

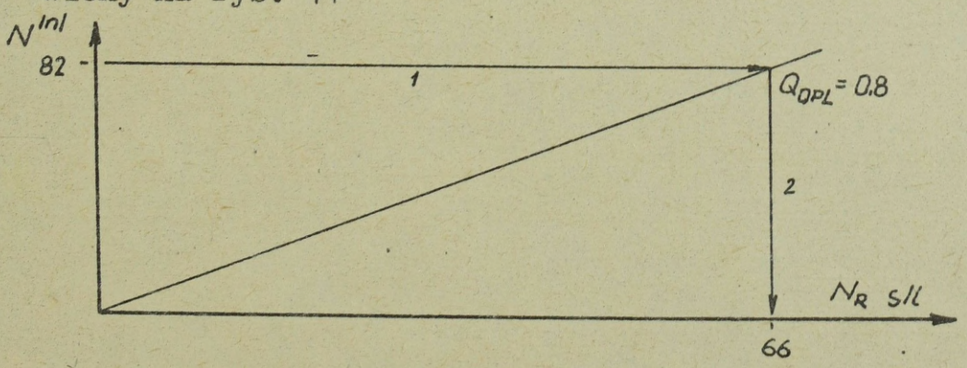
W celu obliczenia szukanej wielkości wykorzystujemy wzór:

$$N_R = n_s \, k \, Q_{OPL} \, \frac{1 - /1 - a/^n}{a},$$

zatem

$$N_R = 36 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \, \frac{1 - /1 - 0,03/^3}{0,03} = 66,95 \text{ s/l.}$$

Zadanie to możemy wykonać wykorzystując wykres przedstawiony na rys. 44



Kolejną czynnością na tym etapie kalkulacji jest porównanie potrzeb z możliwościami. Z porównania i oceny tych dwóch wielkości wniosek może być tylko jeden: wstępnie zaplanowanego zadania pułk posiadanymi siłami nie będzie mógł wykonać. Należy zatem sprecyzować nowe zadanie, mieszczące się w jego możliwościach /67 s/1/.

Sposób i kolejność dalszych kalkulacji.

3/ Obliczenie średniego wykorzystania środków rozpoznawczych. W tym celu wykorzystujemy wzór:

$$n_s/n/ = \frac{1 - /1 - P_s/^n}{P_s}.$$

Wielkościami zmiennymi są:

$P_s$ - sumaryczne prawdopodobieństwo wykonania zadania przez grupę samolotów w jednym locie /wykonujących lot w jednym ugrupowaniu bojowym/,

n - ilość samolotów, dla której obliczamy "$P_s$".

Jeżeli przyjmiemy, że średnie /uogólnione zadanie/ wykonywane będzie parami, to średnie sumaryczne prawdopodobieństwo wykonania zadania przez tą parę obliczymy ze wzoru:

$$P_s = 1 - /1 - 0,97\ P_w\ Q_{OPL}/^n,$$

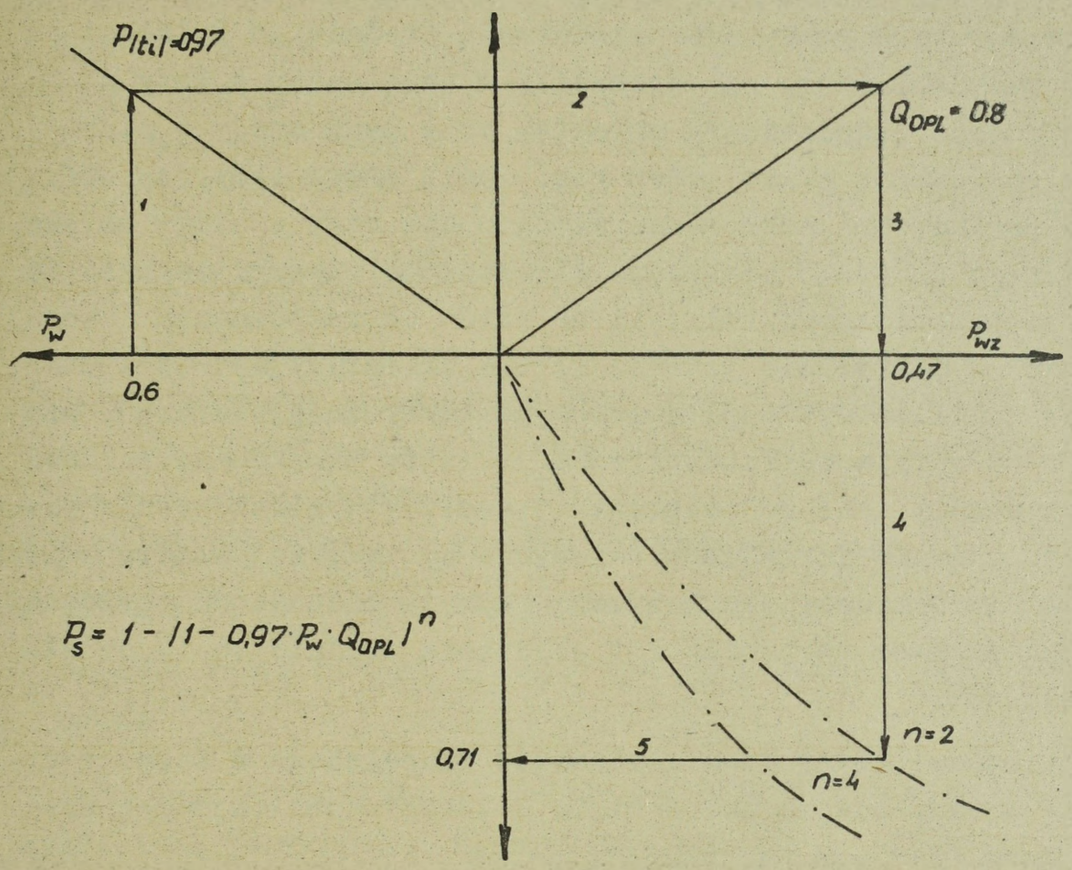
czyli

$$P_s = 1 - /1 - 0,97 \cdot 0,6 \cdot 0,8/^2 = 0,71,$$

gdzie: $P_w = 0,6$ - prawdopodobieństwo wykrycia /średnie dla wszystkich obiektów, dla których obliczamy średnie wykorzystanie środków rozpoznawczych/,

$Q_{OPL} = 0,8$ - prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela /średnie dla wszystkich lotów/.

Wartość "$P_s$" możemy określić wykorzystując nomogram przedstawiony na rys. 36




Podstawiając obliczoną wartość "$P_s$" do wzoru wyjściowego otrzymamy:

$$n_s/2/ = \frac{1 - /1 - 0,71/^2}{0,71} = 1,29 \text{ pary samolotów.}$$

Jak z obliczeń wynika, aby jednorazowo rozpoznać uogólniony /średni/ obiekt z prawdopodobieństwem jego wykrycia nie mniejszym niż $P_w = 0,6$, trzeba jednorazowo wydzielić 3 samoloty, co równa się 3 s/l.

Jeżeli przyjęty do obliczeń plr może wykonać $N_R = 67$ lotów rozpoznawczych, w których załogi dotrą do obiektów rozpoznania, to oznacza, że w przypadku wykonania wszystkich lotów rozpoznanych zostanie $N_o$ obiektów. Zależność tę możemy zapisać następująco:

$$N_o = \frac{N_R}{n_s/n/} ,$$

czyli

$$N_o = \frac{66}{3} = 22,$$

co oznacza, że w przypadku wydzielenia średnio po 3 załogi na obiekt pułk działając całością sił, z natężeniem 3 loty na samolot, może rozpoznać 22 obiekty, przy czym każdy z nich będzie rozpoznany tylko jeden raz. Jeśli przyjmiemy, że obiekty te powinny być rozpoznane średnio dwa razy w ciągu okresu, dla którego przyjęto natężenie działań, to znaczy, że pułkowi może być przekazanych tylko 11 obiektów do rozpoznania i kontrolowania. Oczywiście jest to liczba orientacyjna. Po szczegółowej analizie sytuacji operacyjno-taktycznej, terenu i wzajemnego położenia obiektów liczba obiektów przekazana pułkowi do rozpoznania może być większa. Z analizy wymienionych w pracy ćwiczeń, głównie dokumentów bojowych, wynika, że zawarte w nich zadanie rozpoznawcze przekazywane jednemu oddziałowi rozpoznawczemu obejmowało rozpoznanie i śledzenie średnio 16-17 obiektów lądowych.

Obliczone przykładowo wielkości, uzupełnione o terminy wykonania zadań, znajdą swe odbicie w dokumentach bojowych przekazywanych do DLSzR lub DLMB.

Przeprowadzone w ramach oceny i planowania kalkulacje na szczeblu DLSzR /DLMB/ podobnie jak w sztabie wojsk lotniczych, obejmują obliczenie:

- możliwej oczekiwanej liczby lotów rozpoznawczych z nakazanym natężeniem,
- możliwej oczekiwanej liczby lotów rozpoznawczych, w których załogi dotrą do obiektów rozpoznania,
- ilości sił potrzebnej do wykonania każdego z zadań rozpoznawczych,
- oczekiwanego, możliwego do osiągnięcia rezultatu każdego zadania.

Przykłady rozwiązywania dwóch pierwszych zadań pokazano powyżej. Ponadto w przypadku szczegółowych zadań postawionych przez dowódcę wojsk lotniczych, ich rozwiązywanie na szczeblu

dywizji mija się z celem.

Rozwiązanie dwóch kolejnych zadań ma na celu sprecyzowanie ilości sił potrzebnej do wykonania każdego z zadań rozpoznawczych oraz określenie celów jednostkowych zadań rozpoznawczych. Wykonanie ich jest konieczne w przypadku, gdy otrzymane zadanie jest ogólne, bez precyzyjnie ujętych poszczególnych jego elementów.

3.3.3. Rozwiązanie zadania taktycznego

Podstawą oceny i planowania zadań rozpoznawczych na szczeblu związku taktycznego lotnictwa /oddziału/ są informacje zawarte w zadaniu bojowym i możliwości rozpoznawcze posiadanych sił i środków.
Z poprzednich rozważań wynika, że ustalane są:

- możliwa do wykonania ilość lotów rozpoznawczych /66 s/l/,
- zadania rozpoznawcze - czasy ich wykonania, limity lotów, cele.

Do dalszej kalkulacji /w ramach ogólnego limitu/ zostały wydzielone przykładowo następujące obiekty i częstotliwości ich rozpoznania:

| Nr obiektu | Rodzaj obiektu | Czestętliwość rozpoznania |
|---|---|---|
| 1 | bateria PR "Lance" | 4 x w ciągu dnia |
| 2 | bateria PR "Pershing" | 4 x w ciągu dnia |
| 3 | SD 1 KA /NZ/ | 3 x w ciągu dnia |
| 4 | SD 2 PTSP | 3 x w ciągu dnia |
| 5,6 | posterunek wykrywania | 2 x w ciągu dnia |
| 7,8,9 | lotniska | 2 x w ciągu dnia |
| 10 | przeprawa | 2 x w ciągu dnia |
| 11 | 7 DPanc | 2 x w ciągu dnia |

Z charakterystyk obiektów wynika, że rozpoznanie obejmuje trzy grupy obiektów i one to narzucają schematy zadań taktycznych.

Zadania, których treścią jest rozpoznanie obiektów punktowych /przeprawa, posterunek wykrywania/, rozwiązujemy w następującej kolejności.

A. Określenie prawdopodobieństwa wykrycia obiektu przez jedną załogę.

Obliczone wartości prawdopodobieństw wykrycia zestawione są w tabelach /załączniki 7-10/ i przedstawione na wykresach /rys. 28-34/.

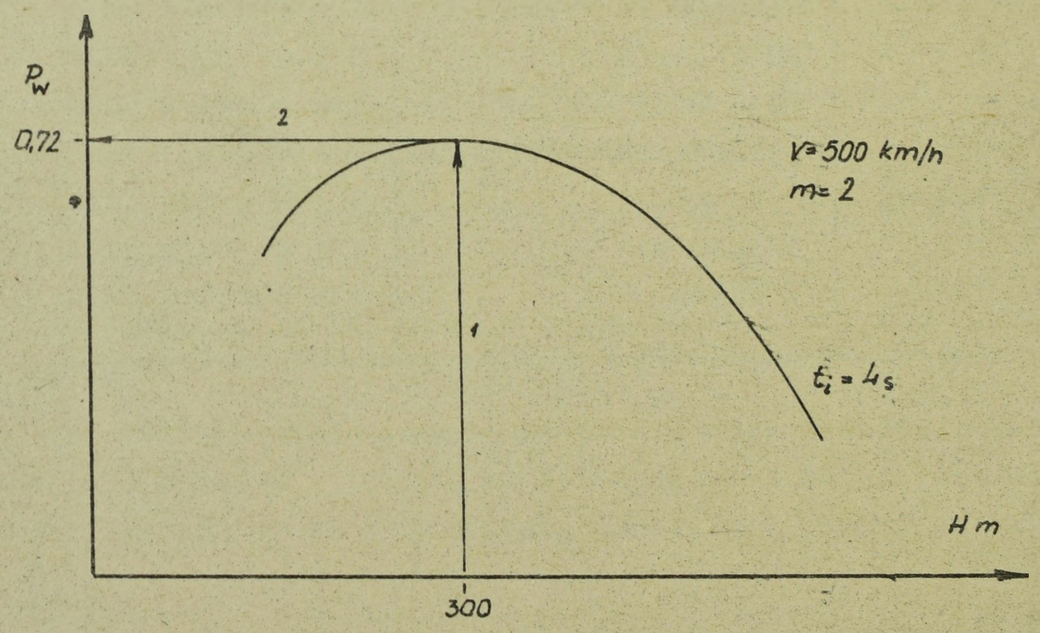
Potrzebne dane wyjściowe:

- prędkość lotu w czasie wykrywania $V = 500$ km/h,
- wysokość lotu w czasie wykrywania $H = 300$ m,
- czas identyfikacji obiektu $t_i = 4$ s,
- ilość nalotów na obiekt $m = 2$.

Dla podanych wartości i rodzaju obiektu /posterunek wykrywania - stacje radiolokacyjne, samochody/ w tabeli /załącznik 8/ odczytujemy poszukiwaną wartość:

$$P_w = 0,72$$

lub określamy z wykresu przedstawionego na rys.31.



B. Określenie zakładanego wskaźnika skuteczności.

W tym celu wykorzystujemy tabelaryczne zestawienie klas obiektów rozpoznania i przypisane im wartości wskaźników. Posterunek wykrywania należy do obiektów rozpoznania trzeciej klasy. Zatem zakładany wskaźnik skuteczności może przyjmować wartości większe od 0,6.
Podczas dokonywania oceny dojdziemy do wniosku, że posterunek wykrywania nie należy do najważniejszych obiektów w tej grupie. Możemy więc przyjąć do dalszych obliczeń mniejszą wartość wskaźnika:

$$W_E = 0,6.$$

C. Obliczenie prawdopodobieństwa wykonania zadania przez jedną załogę.

Potrzebne dane wyjściowe:
- prawdopodobieństwo wykrycia $P_w = 0,72$,
- prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela $Q_{OPL} = ?$

Wartości prawdopodobieństw pokonania OPL nieprzyjaciela zamieszczone są w załącznikach 11-16. Przyjmując, że obiekt jest położony na głębokości około 100 km w strefie osłony przez środki lufowe, /Roland 2, Redeye/ - z tabeli /załącznik 11/ odczytujemy:

$$Q_{OPL} = 0,28.$$

Prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jedną załogę obliczymy wykorzystując wzór:

$$P_{wz} = 0,97\ P_w\ Q_{OPL}$$

zatem

$$P_{wz} = 0,97 \cdot 0,72 \cdot 0,28 = 0,195.$$

D. Określenie ilości sił potrzebnej do wykonania zadania z $W_E = 0,6$.

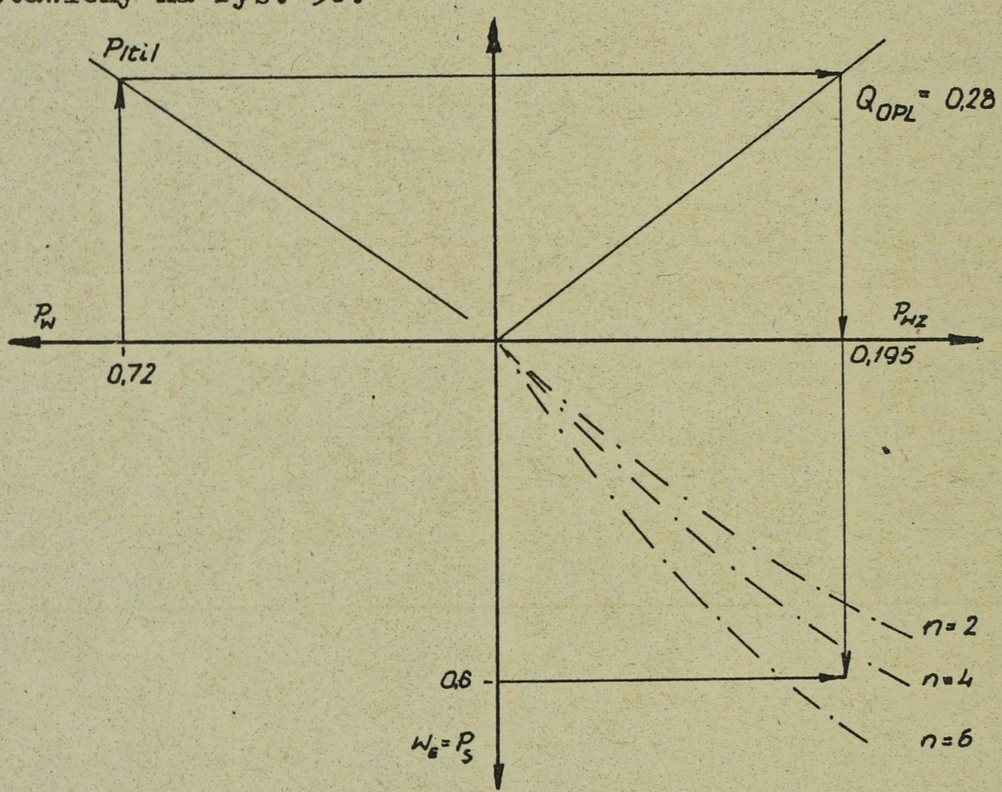
W tym celu możemy wykorzystać wzór:

$$n_s = \frac{\log /1 - W_E/}{\log /1 - P_{wz}/},$$

czyli

$$n_s = \frac{\log /1 - 0,6/}{\log /1 - 0,195/} = 4,22 \text{ s/l}.$$

Zadanie to możemy wykonać wykorzystując nomogram przedstawiony na rys. 36.




Zadania, których treścią jest rozpoznanie obiektów grupowych i powierzchniowych /bateria PR "Lance", 7 DPanc w rejonie ześrodkowania/, rozwiązujemy w następującej kolejności:

A. Rozpoznanie /ustalenie/ celu zadania.

Wykryć i ustalić współrzędne co najmniej 3 z 4 rakiet rozmieszczonych na powierzchni około 100 $km^2$ /10 x 10 km/.

Rozpoznanie prowadzone będzie parami samolotów.

B. Obliczenie średniej oczekiwanej liczby obiektów, które powinny być rozpoznane. Wykorzystujemy zależność:

$$M_r^{/n/} = \frac{3}{4} = 0,75.$$

C. Określenie szerokości powierzchni przeszukiwanej przez parę samolotów.

Obiektem rozpoznania są wyrzutnie z pociskami rakietowymi. Przy dobrej widzialności mogą być one rozpoznane podczas lotu na H = 400 m z odległości $d_r$ = 2100 m. Wielkość tę odczytujemy z tabeli 22.
W przypadku innej widzialności, np. $T$ = 0,6, rzeczywistą odległość rozpoznania odczytujemy z wykresu przedstawionego na rys. 9.
Szerokość pasa skutecznego poszukiwania dla jednego samolotu i $d_r$ = 2100 m odczytujemy z tabeli 23:

$$L = 1349 \text{ m},$$

natomiast szerokość powierzchni przeszukiwanej przez parę samolotów obliczamy ze wzoru:

$$L_1 = 1,8\ L,$$

zatem

$$L_1 = 1,8 \cdot 1348 = 2428 \text{ m}.$$

D. Obliczenie średniej powierzchni rozpoznanej przez parę samolotów.

Korzystamy ze wzoru:

$$S_{pr} = d\ L_1,$$

gdzie: d - długość trasy jednego przelotu przez rejon rozpoznania /długość rejonu rozpoznania/,

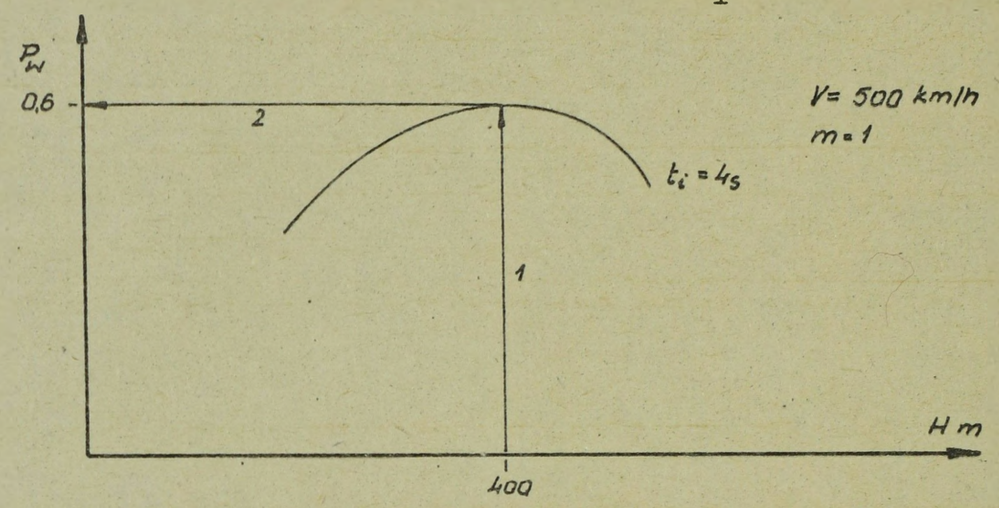
czyli

$$S_{pr} = 10 \cdot 2,428 = 24,28 \text{ km}^2.$$

E. Określenie prawdopodobieństwa wykrycia obiektu przez jeden samolot.

Postępujemy w analogiczny sposób jak w poprzednim przykładzie. W tym przypadku korzystamy z wykresu przedstawionego na rys. 29.

Dane wyjściowe: V = 500 km/h, m = 1, $t_i$ = 4 s, H = 400 m.




$$P_w = 0,6$$

F. Określenie prawdopodobieństwa pokonania OPL nieprzyjaciela.

Przyjmując, że obiekt położony jest na głębokości 100 km, a lot jest wykonywany parami na H = 100 m i V = 900 km/h, prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela odczytujemy z tabeli /załącznik 11/.

Dla przyjętej struktury OPL wskaźnik ten wynosi:

$$Q_{OPL} = 0,28.$$

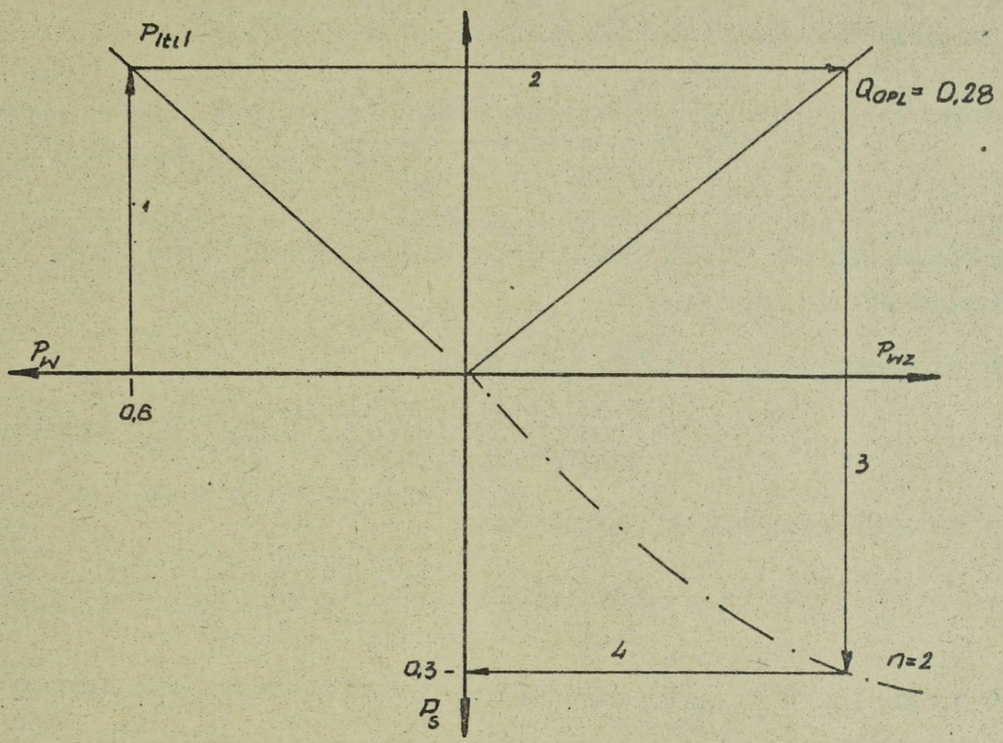
G. Określenie sumarycznego prawdopodobieństwa wykonania zadania przez parę samolotów. W tym celu wykorzystujemy wzór:

$$P_s = 1 - /1 - 0,97\ P_w\ Q_{OPL}/^n.$$

Podstawiając obliczone już wartości otrzymujemy:

$$P_s = 1 - /1 - 0,97 \cdot 0,6 \cdot 0,28/^2 = 0,299 \approx 0,3.$$

Prawdopodobieństwo wykonania zadania /sumaryczne/ możemy określić wykorzystując nomogram przedstawiony na rys. 36.




H. Obliczenie średniej oczekiwanej liczby elementów wykrytych przez parę samolotów w jednym /dwóch, trzech itd./ pasie rozpoznania.

W tym celu wykorzystujemy wzór:

$$M_r^{/n/} = \frac{S_{pr}}{S_D} P_{wz} .$$

Zadanie obliczymy dla trzech wariantów:

a/ gdy para przeszukuje jeden pas i odlatuje z rejonu rozpoznania:

$$M_r^{/1/} = \frac{24,28}{100} \; 0,3 = 0,0728,$$

b/ gdy para przeszukuje dwa pasy:

$$M_r^{/2/} = \frac{2 \cdot 24,28}{100} \; 0,3 = 0,145,$$

c/ gdy para przeszukuje trzy pasy:

$$M_r^{/3/} = \frac{3 \cdot 24,28}{100} \; 0,3 = 0,218.$$

I. Określenie ilości sił potrzebnej do wykonania zadania z nakazanym wskaźnikiem skuteczności.

W tym celu wykorzystujemy wzór:

$$n_s = \frac{\log /1 - M_r^{/n/}/}{\log /1 - M_r/} .$$

Podstawiając do wzoru obliczone wartości, w kolejnych wariantach otrzymujemy:

a/ w pierwszym przypadku potrzeba:

$$n_s = \frac{\log /1 - 0,75/}{\log /1 - 0,0728/} = 18,3 \text{ par samolotów,}$$

b/ w drugim przypadku potrzeba:

$$n_s = \frac{\log /1 - 0,75/}{\log /1 - 0,145/} = 8,85 \text{ par samolotów,}$$

c/ w trzecim przypadku potrzeba:

$$n_s = \frac{\log /1 - 0,75/}{\log /1 - 0,218/} = 5,63 \text{ par samolotów.}$$

Wnioski:
- racjonalnym wariantem działania jest wariant drugi, gdy jedna para samolotów przeszukuje połowę całego rejonu rozpoznania - dwa pasy,
- każdy z pasów powinien być przeglądnięty dwa razy - m = 2,
- zmniejszenie potrzebnej ilości sił jest możliwe w przypadku skuteczniejszego pokonania OPL nieprzyjaciela.

Dla uzasadnienia wniosków zadanie zostanie rozwiązane powtórnie, przyjmując $Q_{OPL} = 0,8$.

A. Dla m = 2 i podanych warunków lotu z wykresu zamieszczonego na rys. 29 odczytujemy:

$$P_w = 0,85.$$

B. Określenie sumarycznego prawdopodobieństwa wykonania zadania przez parę samolotów:

$$P_s = 1 - /1 - 0,97\ 0,85\ 0,8/^2 = 0,88.$$

C. Obliczenie średniej oczekiwanej liczby elementów wykrytych przez parę samolotów:

a/ gdy każda para przeszukuje jeden pas dwukrotnie nad nim przelatując:

$$M_r^{/1/} = \frac{24,28}{100}\ 0,88 = 0,21,$$

b/ gdy każda para przeszukuje dwa pasy, przelatując nad każdym z nich dwukrotnie:

$$M_r^{/2/} = \frac{2 \cdot 24,28}{100}\ 0,88 = 0,427.$$

D. Określenie potrzebnej ilości sił:

a/ w pierwszym przypadku potrzeba:

$$n_s = \frac{\log /1 - 0,75/}{\log /1 - 0,21/} = 5,88 \text{ par samolotów,}$$

b/ w drugim przypadku potrzeba:

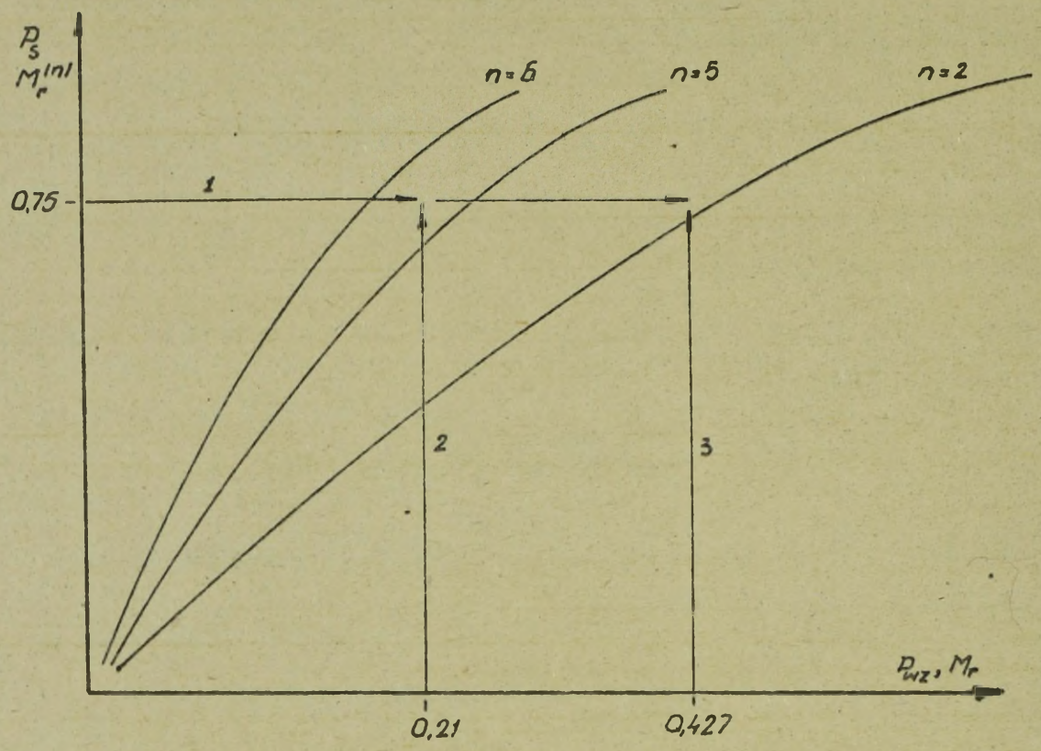
$$n_s = \frac{\log /1 - 0,75/}{\log /1 - 0,427/} = 2,49 \text{ par samolotów.}$$

Znając wartości "$M_r^{/n/}$" i "$P_{wz}$", zadanie to możemy wykonać wykorzystując wykres /lub tabelaryczne zestawienie/ funkcji podstawowej:

$$P = 1 - /1 - p/^n$$

lub

$$M_r^{/n/} = 1 - /1 - M_r/^n .$$




Z porównań uzyskanych rezultatów wynika, że w drugim przypadku do wykonania tego samego zadania potrzeba trzy razy mniej sił.

W przypadku obiektu powierzchniowego, gdy celem zadania jest przeszukanie określonej części rejonu rozpoznania, sformułowane zadanie rozwiązujemy w następującej kolejności:

A. Określenie względnej rozpoznanej powierzchni /udziału rozpoznanej powierzchni w powierzchni całego rejonu rozpoznania/.

Zależność ta określana jest wzorem:

$$M_r^{/n/} = \frac{M/S_r/}{S_D} .$$

Jeżeli na przykład przyjmiemy, że całkowity rejon rozpoznania sił 7 DPanc ma powierzchnię 200 km$^2$, a z oceny terenu wynika, iż jej elementy są rozmieszczone na powierzchni tylko 100 km$^2$, to:

$$M_r^{/n/} = \frac{100}{200} = 0,5.$$

Dalsze czynności są analogiczne jak w przypadku obiektu grupowego i mogą przebiegać w następującej kolejności:

B. Określenie szerokości powierzchni przeszukiwanej przez jeden samolot, dwa z nich bądź ich grupę w jednym locie /gdy wykonują lot w jednym ugrupowaniu bojowym/: "L" lub "$L_1$".

C. Określenie średniej powierzchni rozpoznanej przez wydzieloną grupę samolotów: "$S_{pr}$".

D. Określenie prawdopodobieństwa wykrycia /średniego dla prawdopodobnych elementów ugrupowania bojowego poszukiwanej 7 DPanc/: "$P_w$".

E. Określenie prawdopodobieństwa pokonania OPL nieprzyjaciela: "$Q_{OPL}$".

F. Określenie sumarycznego prawdopodobieństwa wykonania zadania przez grupę samolotów, dla której obliczono "L": "$P_s$".

G. Określenie średniej części rozpoznanej powierzchni:

$$M_r^{/n/} = \frac{1}{S_D} \sum_{n=1}^{m} S_{pr}^{/n/} \left[1 - /1 - P_w/^n\right]$$

lub

$$M_r^{/n/} = 1 - /1 - M_r/^n.$$

H. Określenie ilości sił potrzebnej do wykonania zadania z nakazanym prawdopodobieństwem: "$n_s$".

<u>Określenie warunków lotu w rejonie rozpoznania</u>

Ta część kalkulacji wykonywana jest najczęściej na szczeblu oddziału lotniczego. Źródłem uzyskania wstępnych danych jest analiza terenu. Wykonuje się ją na podstawie mapy o dużej skali, zdjęć lotniczych, fotoszkiców i opisów wojskowo-geograficznych. Pozwala oną uzyskać informacje o terenie w rejonie rozpoznania oraz możliwościach rozmieszczenia i maskowania obiektów rozpoznania.

Określenie warunków lotu rozpoznawczego nad terenem otwartym nie nastręcza większych trudności. Są one uzależnione głównie

od bezpośredniej odległości rozpoznania w danych warunkach atmosferycznych, a więc odległości samolotu od obiektu "$d_r$", z której jest możliwe jego rozpoznanie. W odległości tej ponadto powinien się "zmieścić" poziomy manewr samolotu, wykonywany w celu przeniknięcia przez ewentualną strefę OPL nieprzyjaciela.

Wybór warunków lotu w terenie zakrytym, jak to wykazano w pierwszym rozdziale, podporządkowany jest konieczności zapewnienia widoczności obiektu i minimalnego niezbędnego czasu jego obserwacji w czasie lotu - "$t_i$".

Kolejność kalkulacji

A. Określenie wstępnych danych.

Założenie: wojska 7 DPanc są rozmieszczone w terenie zalesionym, poprzecinanym drogami i duktami leśnymi. Na podstawie analizy map o dużej skali ustalamy:

- odległość między drzewami najbliżej położonymi wzdłuż dróg liczy 40 m,
- średnia wysokość drzew wynosi 30 m,
- obiekty rozpoznania mogą być rozmieszczane głównie na drogach.

B. Określenie odległości między obiektem rozpoznania a przeszkodą /drzewami rosnącymi przy drodze/ - "$d_c$".

Jeżeli odległość między drzewami rosnącymi wzdłuż drogi wynosi 40 m, to odległość pomiędzy obiektami poruszającymi się po drodze a przeszkodą stanowi połowę tego odcinka, czyli 20 m. A więc:

$$d_c = 20 \text{ m}.$$

C. Określenie warunków lotu /gdy nalot odbywa się pod kątem do drogi/.
W tym przypadku należy ustalić:
- maksymalną prędkość poszukiwania - V km/h, /W km/h/,
- maksymalną wysokość lotu w czasie poszukiwania - H m,
- kąt, pod jakim należy przelatywać drogę .

Szukane wielkości możemy obliczyć na podstawie następujących zależności:

$$W = \frac{2d_{wyk}}{t_{obs} \sin\alpha} \quad /km/h/,$$

$$H_{min} = \frac{h_{prz}}{d_c} \; /d_{prz} + d_c/.$$

Zadanie to możemy wykonać wykorzystując dane zestawione w tabeli 16.

Dane wyjściowe /przykładowe/:

- odległość między obiektem a przeszkodą $d_c = 20$ m,
- wysokość przeszkody $h_{prz} = 30$ m,
- czas obserwacji /identyfikacji/ $t_{obs} = 4$ s.

| Warunki lotu | | | $t_{obs}$/s/ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $d_c$=20 m | | | |
| W | $\alpha^o$ | H m | $h_{prz}$=10m | 20m | 30m | 40m |
| 600 km/h | $10^o$ | 100 | | | 4,5 | |
| | | 200 | | | 9,2 | |
| | | 300 | | | 13,8 | |
| | | 400 | | | 18,4 | |
| | | 500 | | | 23,0 | |
| 600 km/h | $20^o$ | 100 | | | 2,3 | |
| | | 200 | | | 4,6 | |
| | | 300 | | | 7,0 | |
| | | 400 | | | 9,3 | |
| | | 500 | | | 11,6 | |

a/ w pierwszym przypadku

$H > 100$ m, $\alpha \approx 10^{\circ}$ $W < 600$ km/h,

b/ w drugim przypadku

$H > 200$ m, $\alpha \approx 20^{\circ}$ $W < 600$ km/h.

Dla wydłużenia czasu obserwacji lot może być wykonywany ze zmienną wysokością na obserwowanym odcinku drogi.

W przypadku lotu prostopadłego do granicy przeszkody, za którą może się znajdować obiekt rozpoznania, warunki lotu określamy w następującej kolejności:

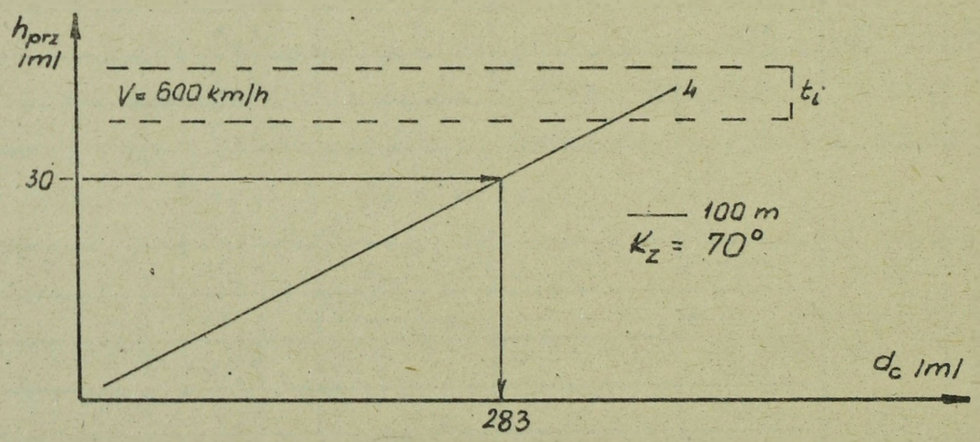
A. Określenie $d_c$ min., przy której jest możliwe wykonanie rozpoznania.

W tym celu wykorzystujemy zależność:

$$d_c \text{ min.} > h_{prz} \operatorname{tg} K_z + \frac{h_{prz}}{H} W t_{obs.}$$

Obliczone wartości $d_c$ min. zamieszczone są w tabeli /załącznik 5/. Ponadto $d_c$ min. możemy określić wykorzystując wykres przedstawiony na rys. 14.

Dane: $V = 6000$ km/h, $H_{min} = 100$ m, $h_{prz} = 30$ m, $K_z = 70^{\circ}$, $t_i = 4$ s.




W warunkach lotu prostopadłego do przeszkody zadanie byłoby możliwe do wykonania, gdyby obiekt był oddalony od przeszkody o ponad 283 m.

B. Określenie minimalnej wysokości lotu w czasie poszukiwania.

Wielkość tę określamy w warunkach, gdy podczas planowania manewru pod uwagę musi być brana odległość wykrycia obiektu, np. w celu pełnego wykorzystania możliwości obserwacji obiektu w odległości rozpoznania "$d_r$".
Aby to osiągnąć wykorzystujemy zależność:

$$H_{min} = \frac{h_{prz}}{d_c} \; d_{wykr.}$$

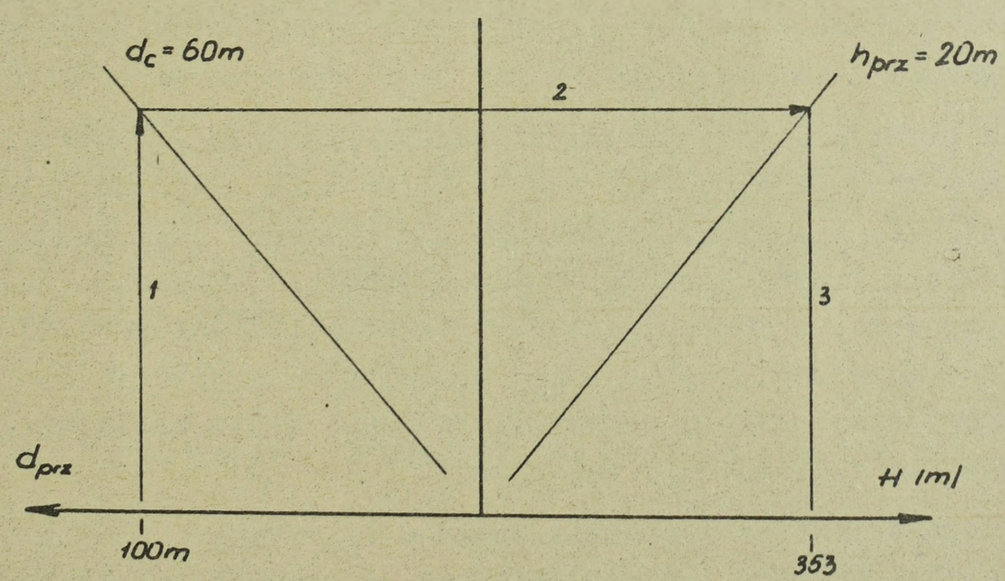
Potrzebne dane:

- odległość rozpoznania obiektu $d_r = 1060$ m /przykładowo/,
- odległość obiektu od przeszkody $d_c = 60$ m,
- wysokość przeszkody $h_{prz} = 20$ m.

Zatem

$$H_{min} = \frac{20}{60} \; 1060 = 353 \text{ m.}$$

Ponadto wielkość tę możemy określić wykorzystując wykres zamieszczony na rys. 18.




gdzie: $d_{prz} = d_r - d_c = 1060 - 60 = 1000$ m

Zestawiając wszystkie uzyskane dane otrzymujemy zbiór informacji opisujących warunki wykonania zadania bojowego. Są to:

- obiekt rozpoznania,
- cel rozpoznania,
- czasy rozpoznania,
- ilość sił potrzebna do wykonania zadania bojowego,
- warunki lotu po trasie i w rejonie rozpoznania,
- sposób działania w rejonie rozpoznania.

Informacje te, uzupełnione o dane charakteryzujące sytuację operacyjno-taktyczną, mogą stanowić podstawę do sprecyzowania zadania bojowego.
W podobny sposób określa się dane dla każdego obiektu rozpoznania.
Znajdą one odbicie w dwóch podstawowych dokumentach, to jest w planie rozpoznania /w decyzji dowódcy o działaniach w dniu .../ oraz rozkazie bojowym dowódcy, stanowiąc podstawę do kompleksowego przygotowania się załóg do wykonania zadania bojowego.

Rozwiązane powyżej w ramach planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego zadania taktyczne należą do tzw. zadań odwrotnych. Jak wykazano, posiadają one duże znaczenie praktyczne dla planowania działań bojowych lotnictwa. Ich rozwiązania pozwalają na określenie liczby środków potrzebnych do wykonania zadań bojowych.

Dla praktycznego planowania działań bojowych lotnictwa rozpoznawczego są korzystne nie tylko zadania odwrotne, ale i proste. Zadania proste formułuje się w sposób następujący. Wyznacza się liczbę środków przydzielonych do wykonania zadania bojowego, a następnie określa wskaźnik skuteczności, z jakim zostanie ono zrealizowane /oczekiwany rezultat/. Do podstawowych wskaźników charakteryzujących skuteczność wykonanego zadania bojowego zaliczamy:

- prawdopodobieństwo wykonania zadania bojowego,
- oczekiwaną średnią liczbę wykrytych /rozpoznanych/ elementów lub parametrów obiektu grupowego /złożonego/,

- oczekiwaną średnią część rozpoznanej powierzchni obiektu powierzchniowego.

Zadania te rozwiązujemy w analogiczny sposób jak zadania odwrotne, wykorzystując podstawowe wzory służące do obliczania prawdopodobieństwa wykonania zadania przez jeden samolot lub ich grupę oraz do określania oczekiwanej średniej wartości /liczby/.

Przykład rozwiązania zadania prostego

W przypadku gdy przedmiotem rozpoznania jest obiekt punktowy /prosty/.

Zadaniem jest rozpoznanie stacji radiolokacyjnej. Obliczyć prawdopodobieństwo wykonania zadania przez parę samolotów, jeżeli załoga jednego samolotu wykrywa obiekt z $P_w = 0,7$, druga z $P_w = 0,8$, a obydwie pokonują OPL nieprzyjaciela z $Q_{OPL} = 0,8$.

Rozwiązując zadania wykorzystujemy zależność:

$$P_{wz} = 1 - /1 - 0,97 P_w^{/1/} Q_{OPL} // 1 - 0,97\ P_w^{/2/} Q_{OPL}/,$$

zatem

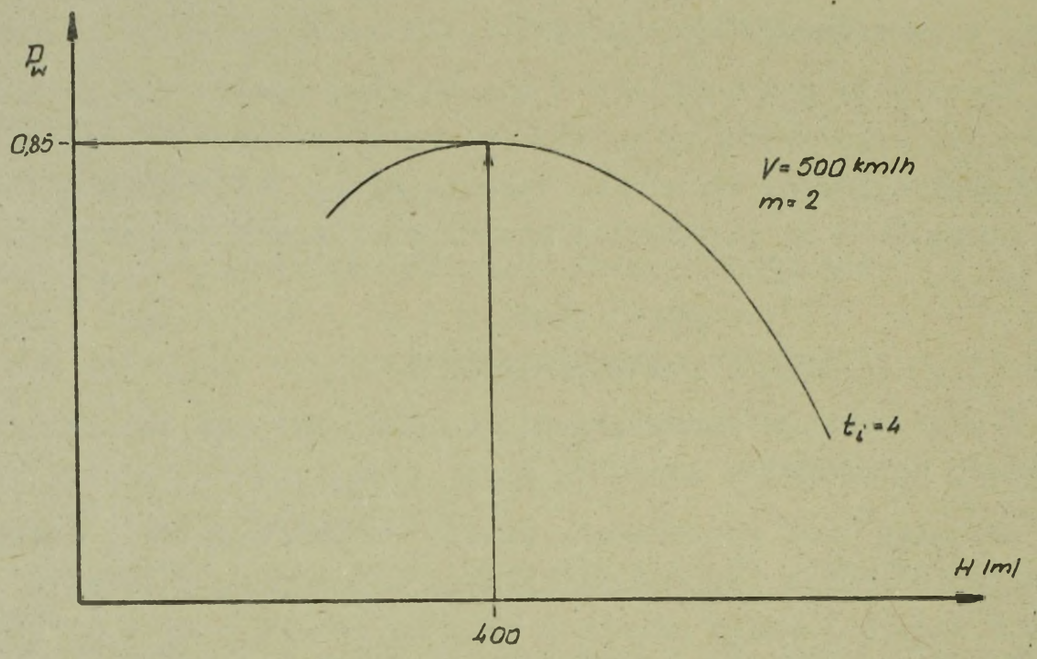
$$P_{wz} = 1 - /1 - 0,97 \cdot 0,7 \cdot 0,8 // 1 - 0,97 \cdot 0,8 \cdot 0,8/ = 0,826.$$

W przypadku gdy przedmiotem rozpoznania jest obiekt grupowy /powierzchniowy/ - złożony.

Rejon o powierzchni $S_D = 100\ km^2$ /10 x 10 km/ przeszukać parą samolotów. Każda z załóg wykonuje dwa przeloty przez rejon rozpoznania po wyznaczonych trasach. Obliczyć średnią powierzchnię rozpoznaną przez obydwa samoloty oraz ilość prawdopodobnie wykrytych elementów, jeżeli obiekt składa się z 6 elementów /rakiet taktycznych/.

A. Określenie prawdopodobieństwa wykrycia przez jedną załogę.

Wykorzystujemy w tym celu wykres zamieszczony na rys. 31.




B. Określenie odległości rozpoznania "$d_r$".

Aby to osiągnąć posługujemy się danymi zawartymi w tabeli 22

dla H = 400 m /największe $P_w$/

$d_r$ = 2100 m.

C. Określenie szerokości pasa skutecznego poszukiwania w jednym nalocie.
Dane w tabeli 23 ;

dla $d_r$ = 2100 m

L = 1349 m.

D. Obliczenie powierzchni przeszukiwanej przez jeden samolot w dwóch nalotach:

- w jednym nalocie, dla długości rejonu rozpoznania 10 km

$$S_{pr}^{/1/} = L \cdot d = 1{,}349 \; 10 = 13{,}49 \text{ km}^2,$$

- w dwóch nalotach

$$S_{pr}^{/2/} = 2 \cdot 13{,}49 = 26{,}98 \text{ km}^2.$$

E. Obliczenie średniej powierzchni rozpoznanej przez dwa samoloty.

$$M_r^{/1/} = M_r^{/2/} = \frac{S_{pr}}{S_D} \cdot P_w = \frac{26,98}{100} 0,85 = 0,23,$$

$$M_r^{/n/} = M_r^{/1/} + M_r^{/2/} = 0,23 + 0,23 = 0,46.$$

F. Obliczenie oczekiwanej liczby rozpoznanych /wykrytych/ elementów obiektu.

$$M_r^{/x/} = X \cdot M_r^{/n/} = 6 \cdot 0,46 = 2,76 = 3 \text{ elementy}$$

lub obliczając dla każdej załogi:

$$M_r^{/1/} = M_r^{/2/} = 0,23,$$

zatem

$$M_r = 6 \cdot 0,23 = 1,38 \text{ elementów;}$$

zaś obliczając dla dwóch załóg:

$$M_r^{/x/} = 2 \cdot M_r = 2 \cdot 1,38 = 2,76 = 3 \text{ elementy.}$$

x x x

Zadania taktyczne, rozwiązywane na poszczególnych szczeblach dowodzenia lotnictwem w ramach planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego stanowią tylko część kalkulacji zmierzających do oceny możliwości bojowych lotnictwa. Należy ona do oceny ilościowej. Wynika to z charakteru uwzględnianych w niej czynników; wzrost ich liczebności powoduje wzrost wyników. Takie kalkulacje są wystarczające na wyższych szczeblach dowodzenia, zwłaszcza podczas opracowywania prognoz, chociaż i tutaj powinien być uwzględniany jakościowy wskaźnik wyszkolenia. Niezależnie od sposobu podejścia do problemu oceny możliwości bojowych, a więc skuteczności działania, wskaźnik ten jest czynnikiem, który w określonych warunkach, zwłaszcza atmosferycznych, determinuje możliwości użycia posiadanych sił. Im niższy szczebel dowodzenia,

tym planowanie staje się bardziej szczegółowe. Ogólne zadanie zostaje "rozdrobnione", stanowiąc podstawę wyboru tych wykonawców, którzy w danych warunkach zrealizują je najlepiej. Jak z tego wynika, im bliżej wykonawców, tym znajomość ich wskaźników jakościowych staje się bardziej potrzebna. Dowódca oddziału lotniczego wraz ze swym sztabem jest tym organem, który musi połączyć wyniki rozwiązywanych zadań taktycznych i jakościowe wskaźniki pilotów. Dopiero taka kompleksowa ocena i planowanie mogą stanowić podstawę wszelkich kalkulacji w ramach oceny i planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego.

# ZAKOŃCZENIE

Przedstawione w rozprawie wyniki badań, zwłaszcza w tych jej częściach, w których formułuje się propozycje metodyki planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego na różnych szczeblach dowodzenia, zdaniem autora, mogą stanowić kolejny krok, zmierzający do zwiększenia skuteczności rozpoznania. Mimo że rozpoznanie wzrokowe jest niewątpliwie "najstarszym" sposobem zdobywania informacji, okazuje się jednak, iż stosowane w przeszłości metody jego organizowania i prowadzenia nie zawsze pozwalały wykorzystać w pełni jego możliwości. Nie bez podstaw autor sądzi, że organizatorzy działań bojowych planując wzrokowe rozpoznanie powietrzne w wielu przypadkach kierowali się zawodową intuicją i doświadczeniem, pomijając w kalkulacjach wiele czynników, które decydowały o ostatecznym wyniku wykonania zadania.

Przeprowadzone w pracy rozważania ukazują, że ocena i planowanie wzrokowego rozpoznania powietrznego jest problemem złożonym, wymagającym dalszych studiów i badań. Będzie to możliwe w przypadku ściślej ukierunkowanego zbierania danych o działalności dowództw, sztabów i załóg rozpoznawczych. W tym przypadku głównie chodzi o dane określające procesy planistyczne oraz efekty rozpoznawcze uzyskiwane w różnych warunkach. Na to jednak potrzebny jest odpowiednio długi czas oraz zaangażowanie dużej ilości sił.

Zgodnie z przyjętymi założeniami przeprowadzono w pracy charakterystykę podstawowych czynników stanowiących warunki prowadzenia wzrokowego rozpoznania powietrznego oraz dokonano systematyzacji obiektów pola walki. Uwzględniając uzyskane tą drogą dane sprecyzowano zadania taktyczne opisując je matematycznie, a ich prognostyczne wyniki przedstawiono w formie tabel, wykresów i nomogramów. W praktyce czynności te należą do najtrudniejszych i bardzo pracochłonnych. Ich ujęcie w logiczny ciąg pozwoliło na opracowanie algorytmów rozwiązywania dwóch podstawowych zadań. Mogą one stanowić podstawę opracowania odpowiednich programów na elektroniczne maszyny cyfrowe.

Budowę modelu planowania wzrokowego rozpoznania powietrznego oparto na podstawowym układzie procesu decyzyjnego. W ten sposób uzyskano jego dużą niezależność, powodując tym samym zwiększenie zakresu jego wykorzystania. Dotyczy to zarówno modelu w całości, jak i jego poszczególnych elementów. Prezentowana w rozprawie metoda rozwiązywania zadań zmierza do usprawnienia procesów planistycznych i ułatwienia wykonywania niezbędnych kalkulacji. Nie można też było w sprawozdaniu z badań pominąć takich problemów, jak istota zadań rozpoznawczych, kryteria oceny i wskaźniki skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego, czy też interpretacji niektórych pojęć powszechnie używanych, lecz nie zawsze jednakowo rozumianych. To wszystko przesądziło o ostatecznej treści i formie prezentowanej rozprawy. Zamieszczenie szeregu objaśnień w części teoretycznej pracy ma na celu ułatwienie korzystania z proponowanej metodyki planowania rozpoznania szerokiemu kręgowi ludzi zainteresowanych tymi zagadnieniami. W części "użytkowej" pracy przedstawiono algorytm zapewniający rozwiązywanie w logicznej kolejności zadań taktycznych, z uwzględnieniem podstawowych czynników warunkujących skuteczność wzrokowego rozpoznania powietrznego. W tym też zakresie rozprawa ma charakter użytkowy, co stanowi skromny wkład jej autora w dalszy rozwój teorii i praktyki w omawianej dziedzinie.

## ZESTAWIENIE STOSOWANYCH SYMBOLI

$\delta$ - deklinacja Słońca,

$d_c$ - pozioma odległość od celu do granicy przeszkody,

$d_n$ - normatywna widzialność obiektu,

$d_{prz}$ - pozioma odległość od samolotu do granicy przeszkody,

$d_s$ - pozioma odległość od trasy lotu do linii drogi obiektu,

$d_{wykr}$ - pozioma odległość od samolotu do celu,

$\varphi$ - szerokość geograficzna,

H - wysokość lotu samolotu,

$h^o$ - wysokość Słońca poza kulminacją,

$h_{prz}$ - wysokość przeszkody,

$K_z$ - kąt zakrycia terenu z pokładu samolotu,

L - szerokość pasa skutecznego poszukiwania,

$M_{dz}$ - oczekiwana ilość lotów w okresie działań,

$M_r$ - oczekiwana /średnia/ część rozpoznanej powierzchni lub liczba rozpoznanych elementów /parametrów/ obiektu,

N - maksymalna ilość samolotów, która może wystartować,

$n_a$ - oczekiwane straty własne,

$N_n$ - oczekiwana /średnia/ liczba lotów możliwych do wykonania,

$n_s$ - ilość samolotów uwzględniana w obliczeniach /ewidencyjna/,

$n_{an}$ - ilość samolotów wydzielona /potrzebna/ do wykonania zadania bojowego,

$N_R$ - oczekiwana /średnia/ liczba lotów, w których załogi dotrą do obiektów rozpoznania,

$P_i$ - prawdopodobieństwo przekazania informacji,

$P_r$ - prawdopodobieństwo rozpoznania,

$P_t$ - prawdopodobieństwo niezawodnej pracy środka rozpoznania,

$P_w$ - prawdopodobieństwo wykrycia,

$P_{wz}$ - prawdopodobieństwo wykonania zadania,

$Q_{OPL}$ - prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela,

$S_D$ - całkowita powierzchnia rejonu rozpoznania,

$S_r$ - powierzchnia rozpoznana przez jedną załogę,

$t^o$ - kąt godzinny Słońca,

$T_{dz}$ - czas działań,

$t_{gb}$ - czas odtwarzania gotowości bojowej,
$T_M$ - czas miejscowy,
$t_z$ - czas lotu rozpoznawczego /wykonania zadania/,
$\tau$ - współczynnik przejrzystości powietrza,
$-V-$ - odległość widzialności,
$W_E$ - wskaźnik skuteczności /efektywności/,
$X$ - ilość elementów prostych w obiekcie złożonym.

BIBLIOGRAFIA


1. Andruszkiewicz S., Borgoń J., Stukonis M.: System zbierania i analizy informacji o uszkodzeniach sprzętu lotniczego i jego znaczenie w eksploatacji. "Przegląd Wojsk Lotniczych i Wojsk Obrony Powietrznej Kraju" 1978, nr 10, s. 27-32.
2. Adler F.H.: Fizjologia oka. PZWL, Warszawa 1963.
3. Bartocha W., Lachiewicz J.: Podstawy taktyki działań lotnictwa rozpoznawczego. Wyd. ASG WP 1977.
4. Błoszczyński R.: Psychologia lotnicza. Wyd.MON, Warszawa 1977.
5. Boring E.G.: Psychologia. Wyd. MON, Warszawa 1960.
6. Ciechanowicz M., Folcik Z., Gozdecki Cz.,Rączka Z., Skibiński J., Zoń A.: Wybrane metody optymalizacji decyzji. Podręcznik. Wyd.MON,ASG WP 1969.
7. Charakterystyka obiektów jako przedmiotów rozpoznania. Podręcznik. Wyd.Szt.Gen. 1972.
8. Charakterystyka wojsk lądowych państw NATO jako obiektów rozpoznania. Wyd. DWL 1978.
9. Chromow S.P.: Meteorologia i klimatologia. PWN, Warszawa 1977.
10. Czepan N.: Problem czasu i dokładności w rozpoznaniu powietrznym środków rakietowo-jądrowych nieprzyjaciela na korzyść wojsk rakietowych i artylerii. Rozprawa doktorska. Wyd. ASG WP 1967.
11. Czujew J.: Badania operacji w wojsku. Wyd.MON, Warszawa 1972.
12. Denisow W., Oniszczenko W.: Psichofizjołogiczeskoje wozmożnosti kosmonawtow po uprawleniju korablom i jego sistiemami. Moskwa 1966.
13. Drużynin W., Kontorow D.: Idea, algorytm, decyzja. Wyd.MON, Warszawa 1975.
14. Ergonomia w służbie wojska. Wyd. MON, Warszawa 1972.

15. Fiedczyn S.S.: Nawigacja lotnicza. WKiŁ, Warszawa 1974.

16. Flanek Cz.: Metodologia oceny efektywności wykorzystania sił i środków w systemie OPL wojsk operacyjnych. Rozprawa doktorska. Wyd. ASG WP 1977.

17. Gasparski W.: Projektowanie. Koncepcyjne przygotowanie działań. PWN, Warszawa 1978.

18. Gozdecki Cz., Zawadzki E.T.: Wybrane metody statystyczne w prognozowaniu wojskowym. Wyd. MON, Warszawa 1978.

19. Góralski A.: Twórcze rozwiązywanie zadań. PWN, Warszawa 1980.

20. Grysiewicz E.: Naprowadzanie lotnictwa na cele naziemne. Wyd. ASG WP 1974.

21. Instrukcja działań lotnictwa rozpoznawczego, Wyd.Szt.Gen. 1963.

22. Karbowiak S.: Rozpoznanie powietrzne obiektów punktowych z samolotu Mig - 21 w warunkach przeciwdziałania środków OPL. Zbiór materiałów do szkolenia lotniczego. Część VII. Wyd. DWL 1977, s. 73-150.

23. Kozłow K.W.: Czynnik właściwości geograficzno-fizycznych TDW w sztuce wojennej. "Wojennaja Myśl", nr 7, 1977.

24. Kubiaczyk Cz.: Obliczanie wskaźników niezawodności urządzeń technicznych. "Wojskowy Przegląd Techniczny" 1973, nr 11, s. 28-33.

25. Kuroczkin P.A.: Metodyka wojskowych badań naukowych. Wyd. ASG WP 1960.

26. Ledóchowski A.: Astronawigacja. Wyd. Morskie, Gdynia 1966.

27. Legut J.: Zadania i sposoby prowadzenia taktycznego rozpoznania powietrznego. "Przegląd Wojsk Lotniczych i Wojsk Obrony Powietrznej Kraju" 1978, nr 1, s. 13-15.

28. Legut J.: Operacyjne rozpoznanie powietrzne na współczesnym polu walki "Przegląd Wojsk Lotniczych i Wojsk Obrony Powietrznej Kraju" 1980, nr 8, s.17-19.

29. Legut J.: Wzrok a rozpoznania powietrzne. "Przegląd Wojsk Lotniczych i Wojsk Obrony Powietrznej Kraju" 1981, nr 6, s. 51-58.

30. Łepkowski W.: Samodzielne poszukiwanie i zwalczanie broni rakietowo-jądrowej przez LMSz i rozpoznawcze we współczesnych warunkach działań bojowych. Rozprawa doktorska. Wyd. ASG WP 1974.

31. Minnaert M.: Światło i barwa w przyrodzie. PWN, Warszawa 1961.

32. Metodyka oceny efektywności rozpoznania radioelektronicznego. Wyd. Szt.Gen. 1980.

33. Morse Ph.M., Kimbal G.E.: Metody badania operacji. Wyd. ASG WP 1962.

34. Nowak J.: O istocie i znaczeniu oraz zastosowaniu badań operacyjnych w wojsku. "Myśl Wojskowa" 1976, nr 10.

35. Nożko K.: Założenia i zasady współczesnej sztuki wojennej. Wyd. ASG WP 1977.

36. Ocena efektywności rozpoznania powietrznego. Materiały z narady środowiskowej. Wyd. ASG WP 1979.

37. Organizacja i prowadzenie rozpoznania powietrznego siłami armii lotniczej. "Biuletyn Informacyjny" Wyd. Szt.Gen.1979, /nr 4/131/, s. 125-150.

38. Organizacja rozpoznania powietrznego siłami armii lotniczej. "Biuletyn Informacyjny" Wyd. Szt.Gen. 1977, nr 1/124, s. 44-69.

39. Płatonow K.: Człowiek w locie. Wyd. MON, Warszawa 1954.

40. Pokonywanie obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela przez lotnictwo frontowe. Wyd. Szt.Gen, DWL 1978

41. Pol W.: Wpływ gwałtownych zmian natężenia światła na receptory wzrokowe. "Medycyna Lotnicza" 1954, nr 9, s. 34-42.

42. Pol W.: Zagadnienia okulistyki lotniczej. Wyd. MON, Warszawa 1962.

43. Przeniczny A.: Siły i straty w dotychczasowych działaniach powietrznych. "Myśl Wojskowa" 1976, nr 10, s. 74-83.

44. Przeniczny A.: Siły i straty w dotychczasowych działaniach powietrznych. "Myśl Wojskowa" 1976, nr 11, s. 66-78.

45. Przeniczny A.: Siły i straty w dotychczasowych działaniach powietrznych. "Myśl Wojskowa" 1976, nr 12, s. 74-85.

46. Prowadzenie rozpoznania powietrznego z samolotu Mig-21R. Wyd.MON, DWL 1972.

47. Puławski Z.: Chrońmy oczy. Wyd. CRZZ, Warszawa 1966.

48. Rudnicki K.: Astronomia. Wyd.Szk.i Pedagog.,Warszawa 1975.

49. Siedlecki R.: Zbiór danych taktyczno-technicznych, tabel i wykresów z zastosowania bojowego uzbrojenia bombardierskiego samolotów. Wyd. ASG WP 1971, s. 65-76.

50. Skibiński J.: Wstęp do teorii poszukiwania. Cz.I i II. Wyd. ASG WP 1964.

51. Świszczew W.: Warunki poszukiwania celów naziemnych, zasłoniętych naturalnymi przeszkodami terenowymi. "Wojskowy Przegląd Lotniczy" 1966, nr 6, s. 25-36.

52. Szaronow W.: Obserwacja i widzialność. Wyd. MON, Warszawa 1956.

53. Szczeciński Cz.: Meteorologia na usługach lotnictwa. Wyd. Komunikacyjne, Warszawa 1952.

54. Tablice matematyczno-fizyczne.PWSzZ, Warszawa 1970.

55. Taktyka lotnictwa rozpoznawczego. Podręcznik. Wyd.Szt.Gen. 1978.

56. Taktyka LMSz i działań szturmowych LM. Wyd. Szt.Gen.1961.

57. Wąsowski J.: Efektywność rozpoznania powietrznego. "Przegląd Wojsk Lotniczych i Wojsk Obrony Powietrznej Kraju" 1981, nr 6.

58. Wąsowski J., Charkiewicz M.: Podział celów dla lotnictwa podczas wsparcia wojsk lądowych. "Myśl Wojskowa" 1979, nr 8.

59. Wentcel E.S.: Wstęp do badań operacyjnych. Wyd.MON, Warszawa 1968.

60. Wyburn G.M., Pickford R.W.: Zmysły i odbiór wrażeń przez człowieka. PWN, Warszawa 1970.

61. Zabłocki E., Adamczyk A.: Metoda oceny efektywności wykorzystania LM KOPK. Rozprawa doktorska. Wyd. ASG WP 1978.

62. Zastosowanie badań operacyjnych w lotnictwie. Wyd. MON DLO 1967.

63. Zastosowanie metod matematycznych w wojsku. Wyd. MON, Warszawa 1969.

64. Zastosowanie współczesnych metod logiczno-matematycznych w rozpoznaniu. Wyd. Szt.Gen. 1977.

Wydrukowano w 15 egz.

Egz.nr 1-15 Bibl.Nauk.OZS
Wyk.: ppłk Legut
Druk ASG WP nr pf 1897/WW

Załącznik 1

Wysokości Słońca w zależności od czasu miejscowego

| Miesiąc | $\delta^o$ | $h^o$ | $t^o$ | Czas miejscowy, $\varphi = 52^o$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Przed południem | Po południu |
| Styczeń | - 21 | 15 | 17 | $11^o$ | $13^o$ |
| | | 10 | 36 | $9^{30}$ | $14^{30}$ |
| Luty | - 14 | 20 | 29 | $10^{00}$ | $14^{00}$ |
| | | 15 | 43 | $9^{30}$ | $15^{00}$ |
| | | 10 | 54 | $8^{30}$ | $15^{30}$ |
| Marzec | -5 | 30 | 21 | $11^{00}$ | $13^{00}$ |
| | | 20 | 48 | $9^{00}$ | $15^{00}$ |
| | | 15 | 58 | $8^{00}$ | $16^{00}$ |
| | | 10 | 67 | $7^{30}$ | $16^{30}$ |
| Kwiecień | +8 | 40 | 30 | $10^{00}$ | $14^{00}$ |
| | | 30 | 49 | $8^{30}$ | $15^{30}$ |
| | | 20 | 67 | $7^{30}$ | $16^{30}$ |
| | | 15 | 75 | $7^{00}$ | $17^{00}$ |
| | | 10 | 83 | $6^{30}$ | $17^{30}$ |
| Maj | +18 | 50 | 24 | $10^{30}$ | $13^{30}$ |
| | | 40 | 46 | $9^{00}$ | $15^{00}$ |
| | | 30 | 63 | $8^{00}$ | $16^{00}$ |
| | | 20 | 79 | $7^{30}$ | $16^{30}$ |
| | | 15 | 88 | $7^{00}$ | $17^{00}$ |
| | | 10 | 96 | $6^{30}$ | $17^{30}$ |
| Czerwiec | +22 | 50 | 26 | $10^{00}$ | $14^{00}$ |
| | | 40 | 48 | $9^{00}$ | $15^{00}$ |
| | | 30 | 65 | $7^{30}$ | $16^{30}$ |
| | | 20 | 79 | $7^{00}$ | $17^{00}$ |
| | | 15 | 91 | $6^{00}$ | $18^{00}$ |
| | | 10 | 100 | $5^{00}$ | $19^{00}$ |
| Lipiec | +23 | 50 | 34 | $9^{30}$ | $14^{30}$ |
| | | 40 | 52 | $8^{30}$ | $15^{30}$ |
| | | 30 | 69 | $7^{30}$ | $16^{30}$ |
| | | 20 | 86 | $6^{30}$ | $17^{30}$ |
| | | 15 | 94 | $5^{30}$ | $18^{30}$ |
| | | 10 | 103 | $5^{00}$ | $19^{00}$ |

| Miesiąc | $\delta^o$ | $h^o$ | $t^o$ | Czas miejscowy, $\varphi = 52^o$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Przed południem | Po południu |
| Sierpień | +15 | 50 | 16 | $11^{00}$ | $13^{00}$ |
| | | 40 | 41 | $9^{00}$ | $15^{00}$ |
| | | 30 | 59 | $8^{00}$ | $16^{00}$ |
| | | 20 | 76 | $7^{00}$ | $17^{00}$ |
| | | 15 | 84 | $6^{30}$ | $17^{30}$ |
| | | 10 | 93 | $6^{00}$ | $18^{00}$ |
| Wrzesień | +5 | 40 | 13 | $11^{00}$ | $13^{00}$ |
| | | 30 | 43 | $9^{00}$ | $15^{00}$ |
| | | 20 | 62 | $8^{00}$ | $16^{00}$ |
| | | 15 | 71 | $7^{00}$ | $17^{00}$ |
| | | 10 | 79 | $6^{30}$ | $17^{30}$ |
| Październik | -7 | 30 | 11 | $11^{00}$ | $13^{00}$ |
| | | 20 | 43 | $9^{00}$ | $15^{00}$ |
| | | 15 | 54 | $8^{30}$ | $15^{30}$ |
| | | 10 | 63 | $8^{00}$ | $16^{00}$ |
| Listopad | -18 | 20 | 1 | $11^{59}$ | $12^{01}$ |
| | | 15 | 31 | $10^{00}$ | $14^{00}$ |
| | | 10 | 49 | $9^{30}$ | $15^{30}$ |
| Grudzień | -23 | 15 | 16 | $11^{00}$ | $13^{00}$ |
| | | 10 | 36 | $9^{30}$ | $14^{30}$ |

Załącznik 2

Długości dni na ZE TDW dla $\varphi = 45^{\circ}, 50^{\circ}$ i $55^{\circ}$

| Miesiąc | Dekada | $\delta^{\circ}$ | Długości dni | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | $\varphi = 45^{\circ}$ | $\varphi = 50^{\circ}$ | $\varphi = 55^{\circ}$ |
| Styczeń | 1 | -23 | $8^h\ 39^m$ | $7^h\ 56^m$ | $7^h\ 02^m$ |
| | 2 | -21 | 8 59 | 8 22 | 7 33 |
| | 3 | -19 | 9 19 | 8 45 | 8 04 |
| Luty | 1 | -17 | 9 37 | 9 09 | 8 32 |
| | 2 | -14 | 10 04 | 9 41 | 9 12 |
| | 3 | -11 | 10 30 | 10 12 | 9 51 |
| Marzec | 1 | - 7 | 11 03 | 10 52 | 10 39 |
| | 2 | - 4 | 11 28 | 11 21 | 11 13 |
| | 3 | 0 | 12 00 | 12 00 | 12 00 |
| Kwiecień | 1 | + 4 | 12 30 | 12 37 | 12 45 |
| | 2 | + 8 | 13 04 | 13 16 | 13 32 |
| | 3 | +13 | 13 46 | 14 07 | 14 33 |
| Maj | 1 | +15 | 14 04 | 14 28 | 14 59 |
| | 2 | +18 | 14 31 | 15 02 | 15 40 |
| | 3 | +21 | 15 00 | 15 32 | 16 25 |
| Czerwiec | 1 | +22 | 15 10 | 15 52 | 16 41 |
| | 2 | +23 | 15 20 | 16 39 | 16 58 |
| | 3 | +23 | 15 20 | 16 39 | 16 58 |
| Lipiec | 1 | +23 | 15 20 | 16 39 | 16 58 |
| | 2 | +22 | 15 10 | 15 52 | 16 41 |
| | 3 | +20 | 14 50 | 15 25 | 16 10 |
| Sierpień | 1 | +18 | 14 31 | 15 02 | 15 40 |
| | 2 | +15 | 14 04 | 14 28 | 14 59 |
| | 3 | +11 | 13 29 | 13 46 | 14 08 |
| Wrzesień | 1 | +8 | 13 04 | 13 16 | 13 32 |
| | 2 | +5 | 12 39 | 12 47 | 12 57 |
| | 3 | 0 | 12 00 | 12 00 | 12 00 |
| Październik | 1 | -3 | 11 35 | 11 31 | 11 25 |
| | 2 | -7 | 11 03 | 10 52 | 10 39 |
| | 3 | -11 | 10 30 | 10 12 | 9 51 |
| Listopad | 1 | -14 | 10 04 | 9 41 | 9 12 |
| | 2 | -18 | 9 39 | 8 57 | 8 17 |
| | 3 | -21 | 8 59 | 8 22 | 7 33 |
| Grudzień | 1 | -22 | 8 49 | 8 10 | 7 18 |
| | 2 | -23 | 8 39 | 5 56 | 7 02 |
| | 3 | -23 | 8 39 | 7 56 | 7 02 |

Załącznik 3

Zależność widzialności obiektów naziemnych i nawodnych od wartości współczynnika przejrzystości powietrza

| $d_n$ /km/ | $d_{rz}$ /km/ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\gamma$=0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 2 | 1,18 | 1,29 | 1,41 | 1,54 | 1,68 | 1,83 | 2,00 | 2,18 |
| 3 | 1,31 | 1,50 | 1,73 | 1,98 | 2,27 | 2,61 | 3,00 | 3,33 |
| 4 | 1,41 | 1,68 | 2,00 | 2,37 | 2,82 | 3,36 | 4,00 | 4,75 |
| 5 | 1,49 | 1,82 | 2,23 | 2,73 | 3,34 | 4,08 | 5,00 | 6,10 |
| 6 | 1,56 | 1,95 | 2,44 | 3,06 | 3,83 | 4,79 | 6,00 | 7,50 |
| 7 | 1,62 | 2,07 | 2,64 | 3,37 | 4,30 | 5,47 | 7,00 | 8,92 |
| 8 | 1,68 | 2,18 | 2,82 | 3,66 | 4,75 | 6,18 | 8,00 | 10.30 |
| 9 | 1,73 | 2,27 | 3,00 | 3,94 | 5,19 | 6,83 | 9,00 | 11,80 |
| 10 | 1,77 | 2,37 | 3,16 | 4,21 | 5,62 | 7,49 | 10,00 | 13,30 |
| 11 | 1,82 | 2,45 | 3,31 | 4,47 | 6,04 | 8,15 | 11,00 | 14,80 |
| 12 | 1,86 | 2,53 | 3,46 | 4,72 | 6,47 | 8,79 | 12,00 | 16,37 |
| 13 | 1,89 | 2,61 | 3,60 | 4,96 | 6,84 | 9,43 | 13,00 | 17,90 |
| 14 | 1,93 | 2,69 | 3,74 | 5,20 | 7,73 | 10,06 | 14,00 | 19,47 |
| 15 | 1,96 | 2,76 | 3,87 | 5,43 | 7,62 | 10,69 | 15,00 | 21,00 |
| 16 | 2,00 | 2,82 | 4,00 | 5,65 | 8,00 | 11,31 | 16,00 | 22,62 |
| 17 | 2,03 | 2,89 | 4,12 | 5,87 | 8,37 | 11,93 | 17,00 | 24,22 |
| 18 | 2,06 | 2,95 | 4,24 | 6,08 | 8,73 | 12,54 | 18,00 | 25,83 |
| 19 | 2,08 | 3,01 | 4,35 | 6,29 | 9,10 | 13,14 | 19,00 | 27,45 |
| 20 | 2,11 | 3,07 | 4,47 | 6,50 | 9,45 | 13,75 | 20,00 | 29,08 |
| 21 | 2,14 | 3,13 | 4,58 | 6,70 | 9,80 | 14,35 | 21,00 | 30,72 |
| 22 | 2,16 | 3,18 | 4,69 | 6,90 | 10,15 | 14,99 | 22,00 | 32,37 |
| 23 | 2,18 | 3,24 | 4,79 | 7,09 | 10,50 | 15,54 | 23,00 | 34,00 |
| 24 | 2,21 | 3,29 | 4,89 | 7,28 | 10,84 | 16,13 | 24,00 | 35,70 |
| 25 | 2,23 | 3,34 | 5,00 | 7,47 | 11,18 | 16,71 | 25,00 | 37,38 |

Załącznik 4

Odległości wykrycia obiektów rozpoznania w zależności od jego położenia, wysokości lotu i przeszkód terenowych

| H /m/ | $h_{prz}$ /m/ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| | $d_{wykr}$ przy $d_c$ = 20 m | | | | | | | | | |
| 50 | 100 | 50 | 33 | 25 | | | | | | |
| 100 | 200 | 100 | 66 | 50 | | | | | | |
| 150 | 300 | 150 | 100 | 75 | 60 | 50 | | | | |
| 200 | 400 | 200 | 133 | 100 | 80 | 66 | 57 | 50 | | |
| 300 | 600 | 300 | 200 | 150 | 120 | 100 | 86 | 75 | 67 | 60 |
| 400 | 800 | 400 | 267 | 200 | 160 | 133 | 114 | 100 | 89 | 80 |
| 500 | 1000 | 500 | 333 | 250 | 200 | 166 | 142 | 125 | 111 | 100 |
| | $d_{wykr}$ przy $d_c$ = 30 m | | | | | | | | | |
| 50 | 150 | 75 | 50 | | | | | | | |
| 100 | 300 | 150 | 100 | 75 | 60 | 50 | | | | |
| 150 | 450 | 225 | 150 | 112 | 90 | 75 | 64 | 56 | 50 | |
| 200 | 600 | 300 | 200 | 150 | 120 | 100 | 86 | 75 | 67 | 60 |
| 300 | 900 | 450 | 300 | 225 | 180 | 150 | 128 | 112 | 100 | 90 |
| 400 | 1200 | 600 | 400 | 300 | 240 | 200 | 171 | 150 | 133 | 120 |
| 500 | 1500 | 750 | 500 | 375 | 300 | 250 | 214 | 187 | 167 | 150 |

| H /m/ | $d_{wykr}$ przy $d_c$ = 40 m | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 200 | 100 | 66 | 50 | 40 | | | | | |
| 100 | 400 | 200 | 133 | 100 | 80 | 66 | 57 | | | |
| 150 | 600 | 300 | 200 | 150 | 120 | 100 | 85 | 75 | 66 | 60 |
| 200 | 800 | 400 | 266 | 200 | 160 | 133 | 114 | 100 | 88 | 80 |
| 300 | 1200 | 600 | 400 | 300 | 240 | 200 | 171 | 150 | 133 | 120 |
| 400 | 1600 | 800 | 533 | 400 | 320 | 266 | 228 | 200 | 177 | 160 |
| 500 | 2000 | 1000 | 666 | 500 | 400 | 333 | 285 | 250 | 222 | 200 |
| | $d_{wykr}$ przy $d_c$ = 50 m | | | | | | | | | |
| 50 | 250 | 125 | 83 | 62 | 50 | | | | | |
| 100 | 500 | 250 | 166 | 125 | 100 | 83 | 71 | 62 | 55 | |
| 150 | 750 | 375 | 250 | 187 | 150 | 125 | 107 | 93 | 83 | 75 |
| 200 | 1000 | 500 | 333 | 250 | 200 | 166 | 142 | 125 | 111 | 100 |
| 300 | 1500 | 750 | 500 | 375 | 300 | 250 | 214 | 187 | 166 | 150 |
| 400 | 2000 | 1000 | 666 | 500 | 400 | 333 | 285 | 250 | 222 | 200 |
| 500 | 2500 | 1250 | 833 | 625 | 500 | 416 | 357 | 312 | 277 | 250 |

| H /m/ | $d_{wykr}$ przy $d_c$ = 60 m | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 300 | 150 | 100 | 75 | 60 | 50 | | | | |
| 100 | 600 | 300 | 200 | 150 | 120 | 100 | 85 | 75 | 66 | 60 |
| 150 | 900 | 450 | 300 | 225 | 180 | 150 | 128 | 112 | 100 | 90 |
| 200 | 1200 | 600 | 400 | 300 | 240 | 200 | 171 | 150 | 133 | 120 |
| 300 | 1800 | 900 | 600 | 450 | 360 | 300 | 257 | 225 | 200 | 180 |
| 400 | 2400 | 1200 | 800 | 600 | 480 | 400 | 342 | 300 | 266 | 240 |
| 500 | 3000 | 1500 | 1000 | 750 | 600 | 500 | 428 | 375 | 333 | 300 |
| | $d_{wykr}$ przy $d_c$ = 70 m | | | | | | | | | |
| 50 | 350 | 175 | 116 | 87 | 70 | 58 | 50 | | | |
| 100 | 700 | 350 | 233 | 175 | 140 | 116 | 100 | 87 | 77 | 70 |
| 150 | 1050 | 525 | 350 | 262 | 210 | 175 | 150 | 131 | 116 | 105 |
| 200 | 1400 | 700 | 466 | 350 | 280 | 233 | 200 | 175 | 155 | 140 |
| 300 | 2100 | 1050 | 700 | 525 | 420 | 350 | 300 | 262 | 233 | 210 |
| 400 | 2800 | 1400 | 933 | 700 | 560 | 466 | 400 | 350 | 311 | 280 |
| 500 | 3500 | 1750 | 1166 | 875 | 700 | 583 | 500 | 437 | 388 | 350 |

| H /m/ | $d_{wykr}$ przy $d_c$ = 80 m | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 400 | 200 | 133 | 100 | 80 | 66 | 57 | 50 | | |
| 100 | 800 | 400 | 266 | 200 | 160 | 133 | 114 | 100 | 88 | 80 |
| 150 | 1200 | 600 | 400 | 300 | 240 | 200 | 171 | 150 | 133 | 120 |
| 200 | 1600 | 800 | 533 | 400 | 320 | 266 | 228 | 200 | 177 | 160 |
| 300 | 2400 | 1200 | 800 | 600 | 480 | 400 | 342 | 300 | 266 | 240 |
| 400 | 3200 | 1600 | 1067 | 800 | 640 | 533 | 457 | 400 | 355 | 320 |
| 500 | 4000 | 2000 | 1333 | 1000 | 800 | 666 | 571 | 500 | 444 | 400 |
| | $d_{wykr}$ przy $d_c$ = 90 m | | | | | | | | | |
| 50 | 450 | 225 | 150 | 112 | 90 | 75 | 64 | 56 | 50 | |
| 100 | 900 | 450 | 300 | 225 | 180 | 150 | 129 | 112 | 100 | 90 |
| 150 | 1350 | 675 | 450 | 337 | 270 | 225 | 193 | 169 | 150 | 135 |
| 200 | 1800 | 900 | 600 | 450 | 360 | 300 | 257 | 225 | 200 | 180 |
| 300 | 2700 | 1350 | 900 | 675 | 540 | 450 | 386 | 337 | 300 | 270 |
| 400 | 3600 | 1800 | 1200 | 900 | 720 | 600 | 514 | 450 | 400 | 360 |
| 500 | 4500 | 2250 | 1500 | 1125 | 900 | 750 | 643 | 562 | 500 | 450 |

| H /m/ | $d_{wykr}$ przy $d_c$ = 100 m | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 500 | 250 | 167 | 125 | 100 | 83 | 71 | 62 | 55 | 50 |
| 100 | 1000 | 500 | 333 | 250 | 200 | 167 | 143 | 125 | 111 | 100 |
| 150 | 1500 | 750 | 500 | 375 | 300 | 250 | 214 | 187 | 167 | 150 |
| 200 | 2000 | 1000 | 667 | 500 | 400 | 333 | 287 | 250 | 222 | 200 |
| 300 | 3000 | 1500 | 1000 | 750 | 600 | 500 | 428 | 375 | 333 | 300 |
| 400 | 4000 | 2000 | 1333 | 1000 | 800 | 667 | 571 | 500 | 444 | 400 |
| 500 | 5000 | 2500 | 1667 | 1250 | 1000 | 833 | 714 | 625 | 555 | 500 |

Załącznik 5

Wartości $d_{c\ min}$ dla różnych przeszkód terenowych, wysokości lotu i czasu obserwacji przy $K_z = 70^o$

| $h_{prz}$ | $K_z^o$ | H /m/ | 600 km/h | | | | 700 km/h | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1s | 2s | 3s | 4 s | 1s | 2s | 3s | 4s |
| 10 | 70 | 100 | 44,0 | 60,7 | 77,4 | 94,0 | 46,8 | 66,2 | 85,7 | 105,1 |
| | | 200 | 35,7 | 44,1 | 52,4 | 60,7 | 37,1 | 46,8 | 56,5 | 66,2 |
| | | 300 | 32,9 | 38,5 | 44,1 | 49,6 | 33,8 | 40,3 | 46,8 | 53,3 |
| | | 400 | 31,5 | 35,7 | 40,0 | 44,1 | 32,2 | 37,1 | 41,9 | 46,8 |
| | | 500 | 30,7 | 34,1 | 37,4 | 40,7 | 31,2 | 35,1 | 39,0 | 42,9 |
| 20 | 70 | 100 | 88,3 | 121,6 | 154,9 | 188,2 | 93,8 | 132,7 | 171,5 | 210,4 |
| | | 200 | 71,6 | 88,3 | 104,9 | 121,6 | 74,3 | 93,8 | 113,2 | 132,7 |
| | | 300 | 66,0 | 77,1 | 88,3 | 99,4 | 67,9 | 80,8 | 93,8 | 106,7 |
| | | 400 | 63,3 | 71,6 | 79,9 | 88,3 | 64,6 | 74,3 | 84,1 | 93,8 |
| | | 500 | 61,6 | 68,3 | 74,9 | 81,6 | 62,7 | 70,5 | 78,2 | 86,0 |
| 30 | 70 | 100 | 132,4 | 182,4 | 232,4 | 282,3 | 140,7 | 199,0 | 257,3 | 315,7 |
| | | 200 | 107,4 | 132,4 | 157,4 | 182,4 | 111,4 | 140,7 | 169,9 | 199,0 |
| | | 300 | 99,1 | 115,7 | 132,4 | 149,1 | 101,8 | 121,3 | 140,7 | 160,1 |
| | | 400 | 94,9 | 107,4 | 119,9 | 132,4 | 97,0 | 111,5 | 126,1 | 140,7 |
| | | 500 | 92,4 | 102,4 | 112,4 | 122,4 | 82,4 | 105,7 | 117,4 | 129,0 |
| 40 | 70 | 100 | 176,5 | 243,1 | 309,8 | 376,4 | 187,5 | 265,3 | 343,0 | 420,8 |
| | | 200 | 143,2 | 176,5 | 209,8 | 243,1 | 148,6 | 187,5 | 226,4 | 265,3 |
| | | 300 | 132,1 | 154,3 | 176,5 | 198,7 | 135,7 | 161,6 | 187,5 | 213,4 |
| | | 400 | 126,5 | 142,2 | 158,9 | 176,5 | 129,2 | 148,6 | 168,1 | 187,5 |
| | | 500 | 123,2 | 136,5 | 149,8 | 163,2 | 125,3 | 140,9 | 156,4 | 172,0 |
| 50 | 70 | 100 | 220,7 | 304,0 | 387,3 | 470,6 | 234,5 | 331,7 | 428,9 | 526,1 |
| | | 200 | 179,0 | 220,7 | 262,3 | 30,40 | 185,9 | 234,5 | 283,1 | 331,7 |
| | | 300 | 165,1 | 192,9 | 220,7 | 248,4 | 163,2 | 202,1 | 234,9 | 266,9 |
| | | 400 | 158,2 | 179,0 | 199,8 | 220,7 | 156,7 | 185,9 | 210,3 | 234,5 |
| | | 500 | 154,1 | 170,7 | 187,4 | 204,0 | 152,8 | 176,1 | 195,6 | 215,0 |

| $h_{prz}$ | $K_z^o$ | H /m/ | 800 km/h | | | | 900 km/h | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1s | 2s | 3s | 4s | 1s | 2s | 3s | 4s |
| 10 | 70 | 100 | 49,6 | 71,8 | 94,0 | 116,2 | 52,4 | 77,4 | 10,24 | 127,4 |
| | | 200 | 38,5 | 49,6 | 60,7 | 78,8 | 39,9 | 52,4 | 64,9 | 77,4 |
| | | 300 | 34,8 | 42,2 | 49,6 | 57,0 | 35,7 | 44,0 | 52,4 | 60,7 |
| | | 400 | 32,9 | 38,5 | 44,0 | 49,6 | 33,6 | 39,9 | 46,1 | 52,4 |
| | | 500 | 31,8 | 36,2 | 40,7 | 45,1 | 32,4 | 37,4 | 42,4 | 47,4 |
| 20 | 70 | 100 | 99,3 | 143,8 | 188,2 | 232,7 | 104,9 | 154,9 | 204,9 | 254,9 |
| | | 200 | 77,1 | 99,3 | 121,6 | 143,8 | 79,9 | 104,9 | 129,9 | 154,9 |
| | | 300 | 69,7 | 84,5 | 99,3 | 114,2 | 71,6 | 88,2 | 104,9 | 121,6 |
| | | 400 | 66,0 | 77,1 | 88,2 | 99,3 | 67,4 | 79,9 | 92,4 | 104,9 |
| | | 500 | 63,8 | 72,7 | 81,6 | 90,5 | 64,9 | 74,9 | 84,9 | 94,9 |
| 30 | 70 | 100 | 149,0 | 215,7 | 282,4 | 349,0 | 157,4 | 232,4 | 307,4 | 382,4 |
| | | 200 | 115,7 | 149,0 | 182,4 | 215,7 | 119,9 | 157,4 | 194,9 | 232,4 |
| | | 300 | 104,6 | 126,8 | 149,0 | 171,3 | 107,4 | 132,4 | 157,4 | 182,4 |
| | | 400 | 99,0 | 115,7 | 132,4 | 149,0 | 101,1 | 119,9 | 138,6 | 157,4 |
| | | 500 | 95,7 | 109,0 | 122,4 | 135,7 | 97,4 | 112,4 | 127,4 | 142,4 |
| 40 | 70 | 100 | 198,6 | 278,5 | 376,4 | 465,3 | 209,8 | 309,8 | 409,8 | 509,8 |
| | | 200 | 154,2 | 198,6 | 243,1 | 287,5 | 158,8 | 209,8 | 258,8 | 309,8 |
| | | 300 | 139,4 | 169,0 | 198,6 | 228,3 | 143,1 | 176,4 | 209,8 | 243,1 |
| | | 400 | 132,0 | 154,2 | 176,4 | 198,6 | 134,8 | 159,8 | 184,8 | 209,8 |
| | | 500 | 127,5 | 145,3 | 163,1 | 180,9 | 129,8 | 149,8 | 169,8 | 189,8 |
| 50 | 70 | 100 | 248,4 | 359,5 | 470,6 | 581,7 | 262,3 | 387,3 | 512,3 | 637,3 |
| | | 200 | 192,8 | 248,4 | 303,9 | 359,5 | 199,8 | 262,3 | 324,8 | 387,3 |
| | | 300 | 174,3 | 211,3 | 248,4 | 285,4 | 178,9 | 220,6 | 262,3 | 303,9 |
| | | 400 | 165,0 | 192,8 | 220,6 | 284,4 | 168,5 | 199,8 | 231,0 | 262,3 |
| | | 500 | 159,5 | 181,7 | 203,9 | 226,1 | 162,3 | 187,3 | 212,3 | 237,3 |

Załącznik 6

Wartości $d_{c\ min}$ dla różnych przeszkód terenowych, wysokości lotu i czasu obserwacji przy $K_z = 80^o$

| $h_{prz}$ | $K_z^o$ | H /m/ | 600 km/h | | | | 700 km/h | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1s | 2s | 3s | 4s | 1s | 2s | 3s | 4s |
| 10 | $80^o$ | 100 | 73,3 | 90,0 | 106,6 | 123,3 | 76,3 | 95,5 | 115,0 | 134,4 |
| | | 200 | 65,0 | 73,3 | 81,6 | 90,0 | 66,4 | 76,1 | 85,8 | 95,5 |
| | | 300 | 62,0 | 67,8 | 73,3 | 78,9 | 63,1 | 69,6 | 76,1 | 82,6 |
| | | 400 | 60,8 | 65,0 | 69,1 | 73,3 | 61,5 | 66,4 | 71,2 | 76,1 |
| | | 500 | 60,0 | 63,3 | 66,6 | 70,0 | 60,5 | 64,4 | 68,3 | 72,2 |
| 20 | $80^o$ | 100 | 146,7 | 180,0 | 213,3 | 246,7 | 152,3 | 191,1 | 230,0 | 268,9 |
| | | 200 | 130,0 | 146,7 | 163,4 | 180,0 | 132,8 | 152,3 | 171,7 | 191,1 |
| | | 300 | 124,5 | 135,6 | 143,7 | 157,8 | 126,3 | 139,3 | 152,3 | 165,2 |
| | | 400 | 121,7 | 130,0 | 138,4 | 146,7 | 123,1 | 132,8 | 142,5 | 152,3 |
| | | 500 | 120,0 | 126,7 | 133,4 | 140,0 | 121,2 | 128,9 | 136,7 | 144,5 |
| 30 | $80^o$ | 100 | 220,0 | 270,0 | 320,0 | 370,0 | 228,1 | 286,7 | 345,0 | 403,3 |
| | | 200 | 195,0 | 220,0 | 245,0 | 270,0 | 199,2 | 228,4 | 257,5 | 286,7 |
| | | 300 | 186,7 | 203,4 | 220,0 | 236,7 | 189,5 | 208,9 | 228,4 | 247,8 |
| | | 400 | 182,5 | 195,0 | 207,5 | 220,0 | 184,6 | 199,2 | 213,8 | 228,4 |
| | | 500 | 180,0 | 190,0 | 200,0 | 210,0 | 181,7 | 193,4 | 205,0 | 216,7 |
| 40 | $80^o$ | 100 | 293,4 | 360,0 | 426,7 | 493,3 | 304,5 | 382,3 | 460,0 | 537,8 |
| | | 200 | 260,1 | 293,4 | 326,8 | 360,0 | 265,6 | 304,5 | 343,4 | 382,3 |
| | | 300 | 249,0 | 271,2 | 293,4 | 315,6 | 252,7 | 278,6 | 304,5 | 330,4 |
| | | 400 | 243,4 | 260,1 | 276,7 | 293,4 | 246,2 | 265,6 | 285,1 | 304,5 |
| | | 500 | 240,1 | 253,4 | 266,7 | 280,1 | 242,3 | 257,9 | 273,4 | 289,0 |
| 50 | $80^o$ | 100 | 366,8 | 450,1 | 533,4 | 616,7 | 380,7 | 477,9 | 575,1 | 672,3 |
| | | 200 | 325,1 | 366,8 | 408,4 | 450,1 | 332,1 | 380,7 | 429,3 | 477,9 |
| | | 300 | 311,2 | 339,0 | 366,8 | 394,5 | 315,9 | 348,3 | 380,7 | 413,1 |
| | | 400 | 304,3 | 325,1 | 345,9 | 366,8 | 307,8 | 332,1 | 356,4 | 380,7 |
| | | 500 | 300,1 | 316,8 | 333,4 | 350,1 | 302,9 | 322,3 | 341,8 | 361,2 |

| $h_{prz}$ | $K_z^o$ | H /m/ | 800 km/h | | | | 900 km/h | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1s | 2s | 3s | 4s | 1s | 2s | 3s | 4s |
| 10 | 80° | 100 | 72,9 | 101,1 | 123,3 | 145,5 | 81,7 | 106,7 | 131,7 | 156,7 |
| | | 200 | 67,8 | 78,9 | 90,0 | 101,1 | 69,2 | 81,7 | 94,2 | 106,7 |
| | | 300 | 64,1 | 71,5 | 78,9 | 86,3 | 65,0 | 73,3 | 81,7 | 90,0 |
| | | 400 | 62,2 | 67,8 | 73,3 | 78,9 | 62,9 | 69,2 | 75,4 | 81,7 |
| | | 500 | 61,1 | 65,5 | 70,0 | 74,4 | 61,7 | 66,7 | 71,7 | 76,7 |
| 20 | 80° | 100 | 157,8 | 202,3 | 246,7 | 291,1 | 163,4 | 213,4 | 263,4 | 313,4 |
| | | 200 | 135,6 | 157,8 | 180,0 | 202,3 | 138,4 | 163,4 | 188,4 | 213,4 |
| | | 300 | 129,2 | 143,0 | 157,8 | 172,6 | 130,0 | 146,7 | 163,4 | 180,0 |
| | | 400 | 124,5 | 135,6 | 146,7 | 157,8 | 125,9 | 138,4 | 150,9 | 163,4 |
| | | 500 | 122,3 | 131,2 | 140,0 | 148,9 | 123,4 | 133,4 | 143,3 | 153,4 |
| 30 | 80° | 100 | 236,7 | 303,4 | 370,0 | 436,7 | 245,1 | 320,1 | 395,1 | 470,1 |
| | | 200 | 203,4 | 236,7 | 270,0 | 303,4 | 207,6 | 245,1 | 282,6 | 320,1 |
| | | 300 | 192,3 | 214,5 | 236,0 | 258,9 | 195,1 | 220,1 | 245,1 | 270,1 |
| | | 400 | 186,7 | 203,4 | 220,0 | 236,7 | 188,8 | 207,6 | 226,3 | 245,1 |
| | | 500 | 183,4 | 196,7 | 210,0 | 223,4 | 185,1 | 200,1 | 215,1 | 230,1 |
| 40 | 80° | 100 | 315,6 | 404,5 | 493,4 | 582,3 | 326,8 | 426,8 | 526,8 | 626,8 |
| | | 200 | 271,2 | 315,6 | 360,1 | 404,5 | 276,8 | 326,8 | 376,8 | 426,8 |
| | | 300 | 256,4 | 286,0 | 315,6 | 345,3 | 260,1 | 293,4 | 326,8 | 360,1 |
| | | 400 | 249,0 | 271,2 | 293,4 | 315,6 | 251,8 | 276,8 | 301,8 | 326,8 |
| | | 500 | 244,5 | 262,3 | 280,1 | 297,9 | 246,8 | 266,8 | 286,8 | 306,8 |
| 50 | 80° | 100 | 394,6 | 505,7 | 616,8 | 727,9 | 408,5 | 535,5 | 658,5 | 783,5 |
| | | 200 | 339,0 | 394,6 | 450,1 | 505,7 | 346,0 | 408,5 | 471,0 | 533,5 |
| | | 300 | 320,5 | 357,5 | 394,6 | 431,6 | 325,1 | 366,8 | 408,5 | 459,1 |
| | | 400 | 311,2 | 339,0 | 366,8 | 394,6 | 314,7 | 346,0 | 377,2 | 408,5 |
| | | 500 | 305,7 | 327,9 | 359,1 | 372,3 | 308,5 | 333,5 | 358,5 | 383,5 |

Wartości prawdopodobieństw wykrycia dla V = 500 km/h, m = 1. Załącznik 7

| Rodzaj obiektu | ti /s/ | Wysokość lotu /m/ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| Operacyjne pociski rakietowe na SS w terenie zakrytym | 4 | 0,57 | 0,65 | 0,70 | 0,78 | 0,83 | 0,84 | 0,82 | 0,73 | 0,64 |
| | 6 | 0,25 | 0,30 | 0,34 | 0,39 | 0,43 | 0,43 | 0,42 | 0,36 | 0,30 |
| | 8 | 0,09 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,17 | 0,13 |
| Taktyczne pociski rakietowe na SS w terenie zakrytym | 4 | 0,29 | 0,40 | 0,55 | 0,62 | 0,53 | 0,44 | 0,26 | 0,09 | - |
| | 6 | 0,04 | 0,14 | 0,24 | 0,28 | 0,22 | 0,16 | 0,05 | - | - |
| | 8 | - | 0,03 | 0,08 | 0,12 | 0,07 | 0,02 | - | - | - |
| Punkty dowodzenia | 4 | 0,29 | 0,31 | 0,38 | 0,45 | 0,45 | 0,35 | 0,26 | 0,17 | 0,08 |
| | 6 | 0,04 | 0,08 | 0,13 | 0,17 | 0,17 | 0,11 | 0,05 | - | - |
| | 8 | - | - | - | 0,03 | 0,03 | - | - | - | - |
| Działa, czołgi, samochody, stacje radiolokacyjne w terenie zakrytym /okopane/ | 4 | 0,57 | 0,56 | 0,47 | 0,37 | 0,25 | 0,07 | - | - | - |
| | 6 | 0,25 | 0,24 | 0,18 | 0,12 | 0,03 | - | - | - | - |
| | 8 | 0,09 | 0,09 | 0,04 | - | - | - | - | - | - |
| Działa, czołgi, samochody, stacje radiolokacyjne w terenie odkrytym | 4 | 0,65 | 0,96 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,73 | 0,48 |
| | 6 | 0,31 | 0,51 | 0,66 | 0,66 | 0,64 | 0,59 | 0,47 | 0,36 | 0,19 |
| | 8 | 0,13 | 0,35 | 0,40 | 0,40 | 0,39 | 0,34 | 0,26 | 0,17 | 0,05 |
| Przeciwlotnicze rakiety kierowane na SS | 4 | 0,57 | 0,65 | 0,70 | 0,70 | 0,61 | 0,52 | 0,40 | 0,17 | - |
| | 6 | 0,25 | 0,30 | 0,34 | 0,34 | 0,28 | 0,21 | 0,13 | - | - |
| | 8 | 0,09 | 0,13 | 0,16 | 0,15 | 0,11 | 0,06 | - | - | - |
| Samoloty na lotniskach /odkryte/ | 4 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 6 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 8 | 0,73 | 0,88 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,93 | 0,85 |

Wartości prawdopodobieństw wykrycia dla V = 500 km/h, m = 2.

Załącznik 8

| Rodzaj obiektu | ti /s/ | Wysokość lotu /m/ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| Operacyjne pociski rakietowe na SS w terenie zakrytym | 4 | 0,81 | 0,87 | 0,91 | 0,95 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,93 | 0,87 |
| | 6 | 0,43 | 0,51 | 0,56 | 0,63 | 0,67 | 0,67 | 0,66 | 0,59 | 0,51 |
| | 8 | 0,17 | 0,24 | 0,29 | 0,34 | 0,39 | 0,41 | 0,39 | 0,31 | 0,24 |
| Taktyczne pociski rakietowe na SS w terenie zakrytym | 4 | 0,49 | 0,64 | 0,79 | 0,85 | 0,78 | 0,69 | 0,45 | 0,17 | - |
| | 6 | 0,08 | 0,26 | 0,42 | 0,48 | 0,39 | 0,29 | 0,09 | - | - |
| | 8 | - | - | 0,15 | 0,22 | 0,13 | 0,04 | - | - | - |
| Punkty dowodzenia | 4 | 0,49 | 0,52 | 0,61 | 0,69 | 0,69 | 0,58 | 0,45 | 0,31 | 0,15 |
| | 6 | 0,08 | 0,15 | 0,24 | 0,31 | 0,31 | 0,21 | 0,09 | - | - |
| | 8 | - | - | - | 0,06 | 0,06 | - | - | - | - |
| Działa, czołgi, samochody, stacje radiolokacyjne w terenie zakrytym /okopane/ | 4 | 0,81 | 0,81 | 0,72 | 0,60 | 0,44 | 0,14 | - | - | - |
| | 6 | 0,43 | 0,43 | 0,33 | 0,22 | 0,06 | - | - | - | - |
| | 8 | 0,17 | 0,17 | 0,08 | - | - | - | - | - | - |
| Działa, czołgi, samochody, stacje radiolokacyjne w terenie otwartym | 4 | 0,87 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,93 | 0,73 |
| | 6 | 0,52 | 0,76 | 0,88 | 0,88 | 0,87 | 0,83 | 0,72 | 0,59 | 0,34 |
| | 8 | 0,24 | 0,57 | 0,64 | 0,64 | 0,63 | 0,56 | 0,45 | 0,31 | 0,09 |
| Przeciwlotnicze rakiety kierowane na SS | 4 | 0,81 | 0,87 | 0,91 | 0,91 | 0,85 | 0,77 | 0,64 | 0,31 | - |
| | 6 | 0,43 | 0,51 | 0,56 | 0,56 | 0,48 | 0,37 | 0,24 | - | - |
| | 8 | 0,17 | 0,24 | 0,29 | 0,28 | 0,21 | 0,12 | - | - | - |
| Samoloty na lotniskach /odkryte/ | 4 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 6 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 8 | 0,93 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,98 |

Załącznik 9

Wartości prawdopodobieństw wykrycia obiektów dla V = 700 km/h, m = 1.

| Rodzaj obiektu | ti /s/ | Wysokość lotu /m/ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| Operacyjne pociski rakietowe na SS w terenie zakrytym | 4 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,30 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,28 | 0,24 |
| | 6 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,12 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,10 | 0,07 |
| | 8 | - | - | - | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | - | - |
| Taktyczne pociski rakietowe na SS w terenie zakrytym | 4 | 0,05 | 0,12 | 0,19 | 0,24 | 0,18 | 0,14 | 0,05 | - | - |
| | 6 | - | - | 0,04 | 0,07 | 0,03 | 0,01 | - | - | - |
| | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Punkty dowodzenia | 4 | 0,05 | 0,09 | 0,11 | 0,14 | 0,15 | 0,10 | 0,05 | - | - |
| | 6 | - | - | - | 0,01 | 0,07 | - | - | - | - |
| | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Działa, czołgi, samochody, stacje radiolokacyjne w terenie zakrytym /okopane/ | 4 | 0,21 | 0,20 | 0,15 | 0,10 | 0,04 | - | - | - | - |
| | 6 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | - | - | - | - | - | - |
| | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Działa, czołgi, samochody, stacje radiolokacyjne w terenie odkrytym | 4 | 0,25 | 0,41 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,36 | 0,28 | 0,16 |
| | 6 | 0,07 | 0,18 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,21 | 0,15 | 0,10 | 0,02 |
| | 8 | - | 0,07 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,09 | 0,05 | 0,01 | - |
| Przeciwlotnicze rakiety kierowane na SS | 4 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,26 | 0,22 | 0,17 | 0,11 | 0,01 | - |
| | 6 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,09 | 0,06 | 0,03 | - | - | - |
| | 8 | - | - | - | 0,01 | - | - | - | - | - |
| Samoloty na lotniskach /odkryte/ | 4 | 0,85 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 6 | 0,48 | 0,57 | 0,63 | 0,78 | 0,75 | 0,75 | 0,73 | 0,71 | 0,59 |
| | 8 | 0,29 | 0,36 | 0,41 | 0,52 | 0,49 | 0,49 | 0,48 | 0,47 | 0,38 |

Załącznik 10

Wartości prawdopodobieństw wykrycia obiektów dla V = 700 km/h, m = 2.

| Rodzaj obiektu | ti /s/ | Wysokość lotu /m/ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| Operacyjne pociski rakietowe na SS w terenie zakrytym | 4 | 0,37 | 0,42 | 0,48 | 0,51 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,48 | 0,42 |
| | 6 | - | - | 0,01 | 0,04 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,02 | - |
| | 8 | - | - | 0,01 | 0,04 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,02 | - |
| Taktyczne pociski rakietowe na SS w terenie zakrytym | 4 | 0,09 | 0,22 | 0,34 | 0,42 | 0,33 | 0,26 | 0,09 | - | - |
| | 6 | - | - | 0,08 | 0,13 | 0,06 | - | - | - | - |
| | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Punkty dowodzenia | 4 | 0,09 | 0,17 | 0,20 | 0,26 | 0,28 | 0,19 | 0,09 | 0,01 | - |
| | 6 | - | - | - | 0,02 | 0,10 | - | - | - | - |
| | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Działa, czołgi, samochody, stacje radiolokacyjne w terenie zakrytym /okopane/ | 4 | 0,37 | 0,36 | 0,27 | 0,19 | 0,08 | - | - | - | - |
| | 6 | 0,09 | 0,08 | 0,02 | - | - | - | - | - | - |
| | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Działa, czołgi, samochody, stacje radiolokacyjne w terenie odkrytym | 4 | 0,43 | 0,69 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,69 | 0,59 | 0,48 | 0,29 |
| | 6 | 0,13 | 0,32 | 0,43 | 0,44 | 0,44 | 0,37 | 0,28 | 0,19 | 0,04 |
| | 8 | - | 0,13 | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,17 | 0,09 | 0,02 | - |
| Przeciwlotnicze rakiety kierowane na SS | 4 | 0,37 | 0,42 | 0,48 | 0,45 | 0,39 | 0,31 | 0,21 | 0,01 | - |
| | 6 | 0,09 | 0,10 | 0,17 | 0,17 | 0,12 | 0,06 | - | - | - |
| | 8 | - | - | 0,01 | 0,02 | - | - | - | - | - |
| Samoloty na lostniskach /odkryte/ | 4 | 0,97 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 6 | 0,73 | 0,81 | 0,86 | 0,95 | 0,94 | 0,94 | 0,93 | 0,91 | 0,83 |
| | 8 | 0,49 | 0,59 | 0,65 | 0,77 | 0,74 | 0,74 | 0,73 | 0,72 | 0,61 |

Załącznik 11

Prawdopodobieństwo przenikania pary samolotów przez strefy przeciwdziałania naziemnych środków OPL na głębokość 100 km. Para samolotów: 70÷100 x 150÷200 m.

| Rodzaj środków OPL | V /km/h/ | Wysokość lotu samolotów /m/ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 |
| Środki lufowe | 540 | 0,31 | 0,27 | 0,25 | 0,23 | 0,22 | 0,21 | 0,32 | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | 720 | 0,47 | 0,42 | 0,38 | 0,34 | 0,27 | 0,26 | 0,39 | 0,93 | 1,00 | 1,00 |
| | 900 | 0,61 | 0,54 | 0,53 | 0,48 | 0,37 | 0,32 | 0,51 | 0,96 | 1,00 | 1,00 |
| | 1080 | 0,68 | 0,63 | 0,61 | 0,56 | 0,42 | 0,34 | 0,53 | 0,96 | 1,00 | 1,00 |
| | 1440 | 0,90 | 0,88 | 0,86 | 0,84 | 0,77 | 0,66 | 0,78 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Środki rakietowe | 540 | 0,34 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 720 | 0,34 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 900 | 0,35 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1080 | 0,34 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1440 | 0,34 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Środki rakietowe i lufowe | 540 | 0,10 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 720 | 0,16 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 900 | 0,21 | 0,06 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1080 | 0,23 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1440 | 0,31 | 0,10 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Środki lufowe Roland-2 i Redeye | 540 | 0,21 | 0,14 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,10 | 0,27 | 0,53 | 0,62 |
| | 720 | 0,32 | 0,22 | 0,17 | 0,15 | 0,10 | 0,08 | 0,13 | 0,29 | 0,55 | 0,62 |
| | 900 | 0,42 | 0,28 | 0,24 | 0,21 | 0,13 | 0,10 | 0,17 | 0,30 | 0,55 | 0,63 |
| | 1080 | 0,46 | 0,32 | 0,27 | 0,25 | 0,15 | 0,10 | 0,17 | 0,29 | 0,54 | 0,62 |
| | 1440 | 0,62 | 0,45 | 0,39 | 0,38 | 0,27 | 0,20 | 0,25 | 0,31 | 0,54 | 0,62 |

Załącznik 12

Prawdopodobieństwo przenikania pary samolotów przez strefy przeciwdziałania naziemnych środków OPL na głębokość 200 km. Para samolotów: 70÷-100 x 150-÷-200 m.

| Rodzaj środków OPL | V /km/h/ | Wysokość lotu samolotów /m/ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 |
| Środku lufowe | 540 | 0,18 | 0,15 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,19 | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | 720 | 0,32 | 0,28 | 0,24 | 0,21 | 0,15 | 0,13 | 0,26 | 0,93 | 1,00 | 1,00 |
| | 900 | 0,48 | 0,40 | 0,39 | 0,33 | 0,23 | 0,18 | 0,38 | 0,96 | 1,00 | 1,00 |
| | 1080 | 0,56 | 0,51 | 0,47 | 0,42 | 0,27 | 0,20 | 0,40 | 0,96 | 1,00 | 1,00 |
| | 1440 | 0,86 | 0,83 | 0,79 | 0,75 | 0,67 | 0,63 | 0,69 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Środki rakietowe | 540 | 0,34 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 720 | 0,34 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 900 | 0,35 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1080 | 0,34 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1440 | 0,34 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Środki rakietowe i lufowe | 540 | 0,06 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 720 | 0,11 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 900 | 0,17 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1080 | 0,19 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1440 | 0,29 | 0,09 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Środki lufowe Rolend-2 i Redeye | 540 | 0,12 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,19 | 0,53 | 0,62 |
| | 720 | 0,22 | 0,14 | 0,11 | 0,09 | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,20 | 0,55 | 0,62 |
| | 900 | 0,33 | 0,21 | 0,17 | 0,15 | 0,07 | 0,04 | 0,09 | 0,21 | 0,55 | 0,62 |
| | 1080 | 0,38 | 0,26 | 0,21 | 0,19 | 0,08 | 0,05 | 0,09 | 0,20 | 0,54 | 0,62 |
| | 1440 | 0,59 | 0,43 | 0,36 | 0,34 | 0,20 | 0,12 | 0,16 | 0,21 | 0,54 | 0,62 |

Załącznik 13

Prawdopodobieństwo przenikania klucza samolotów przez strefy przeciwdziałania nadziemnych środków OPL na głębokość 100 km. Klucz samolotów: 200 x 400 m.

| Rodzaj środków OPL | V /km/h/ | Wysokość lotu samolotów /m/ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 |
| Środki lufowe | 540 | 0,51 | 0,48 | 0,45 | 0,43 | 0,42 | 0,41 | 0,53 | 0,94 | 1,00 | 1,00 |
| | 720 | 0,66 | 0,62 | 0,59 | 0,55 | 0,49 | 0,47 | 0,60 | 0,96 | 1,00 | 1,00 |
| | 900 | 0,77 | 0,71 | 0,71 | 0,67 | 0,58 | 0,54 | 0,70 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |
| | 1080 | 0,82 | 0,79 | 0,77 | 0,74 | 0,63 | 0,57 | 0,72 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |
| | 1440 | 0,95 | 0,94 | 0,92 | 0,91 | 0,87 | 0,80 | 0,88 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Środki rakietowe | 540 | 0,56 | 0,30 | 0,15 | 0,12 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| | 720 | 0,56 | 0,31 | 0,16 | 0,13 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| | 900 | 0,57 | 0,31 | 0,16 | 0,13 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | 1080 | 0,57 | 0,32 | 0,16 | 0,13 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | 1440 | 0,58 | 0,32 | 0,17 | 0,14 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Środki rakietowe i lufowe | 540 | 0,28 | 0,14 | 0,07 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| | 720 | 0,37 | 0,19 | 0,09 | 0,07 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| | 900 | 0,44 | 0,22 | 0,11 | 0,09 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| | 1080 | 0,47 | 0,25 | 0,13 | 0,10 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | 1440 | 0,55 | 0,30 | 0,15 | 0,12 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Środki lufowe Roland-2 i Redeye | 540 | 0,41 | 0,32 | 0,28 | 0,27 | 0,23 | 0,21 | 0,27 | 0,47 | 0,69 | 0,76 |
| | 720 | 0,53 | 0,43 | 0,37 | 0,35 | 0,27 | 0,24 | 0,32 | 0,49 | 0,71 | 0,76 |
| | 900 | 0,62 | 0,50 | 0,46 | 0,43 | 0,33 | 0,28 | 0,37 | 0,51 | 0,72 | 0,77 |
| | 1080 | 0,67 | 0,55 | 0,50 | 0,49 | 0,36 | 0,30 | 0,39 | 0,52 | 0,72 | 0,77 |
| | 1440 | 0,78 | 0,66 | 0,61 | 0,60 | 0,51 | 0,43 | 0,49 | 0,54 | 0,73 | 0,78 |

Załącznik 14

Prawdopodobieństwo przenikania klucza samolotów przez strefy przeciwdziałania naziemnych środków OPL na głębokość 200 km.

Klucz samolotów: 200 x 400 m.

| Rodzaj środków OPL | V /km/h/ | Wysokość lotu samolotów /m/ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 |
| Środki lufowe | 540 | 0,38 | 0,34 | 0,31 | 0,29 | 0,28 | 0,27 | 0,40 | 0,94 | 1,00 | 1,00 |
| | 720 | 0,54 | 0,49 | 0,45 | 0,42 | 0,35 | 0,33 | 0,48 | 0,96 | 1,00 | 1,00 |
| | 900 | 0,67 | 0,61 | 0,60 | 0,55 | 0,45 | 0,39 | 0,59 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |
| | 1080 | 0,74 | 0,70 | 0,60 | 0,64 | 0,50 | 0,43 | 0,62 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |
| | 1440 | 0,92 | 0,91 | 0,88 | 0,87 | 0,81 | 0,72 | 0,83 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Środki rakietowe | 540 | 0,55 | 0,30 | 0,15 | 0,12 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 720 | 0,56 | 0,31 | 0,16 | 0,13 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 900 | 0,57 | 0,31 | 0,16 | 0,13 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 1080 | 0,57 | 0,32 | 0,16 | 0,13 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 1440 | 0,58 | 0,32 | 0,17 | 0,14 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Środki rakietowe i lufowe | 540 | 0,21 | 0,10 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 720 | 0,30 | 0,15 | 0,07 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 900 | 0,38 | 0,19 | 0,10 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 1080 | 0,42 | 0,22 | 0,11 | 0,09 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 1440 | 0,53 | 0,29 | 0,15 | 0,12 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Środki lufowe Roland-2 i Redeye | 540 | 0,30 | 0,23 | 0,19 | 0,18 | 0,13 | 0,11 | 0,17 | 0,38 | 0,69 | 0,76 |
| | 720 | 0,43 | 0,34 | 0,29 | 0,26 | 0,17 | 0,15 | 0,21 | 0,40 | 0,71 | 0,76 |
| | 900 | 0,55 | 0,42 | 0,38 | 0,35 | 0,23 | 0,18 | 0,27 | 0,41 | 0,72 | 0,77 |
| | 1080 | 0,60 | 0,49 | 0,44 | 0,42 | 0,26 | 0,20 | 0,28 | 0,42 | 0,72 | 0,77 |
| | 1440 | 0,76 | 0,64 | 0,59 | 0,56 | 0,43 | 0,34 | 0,39 | 0,44 | 0,73 | 0,78 |

Załącznik 15

Prawdopodobieństwo przenikania klucza samolotów przez strefy przeciwdziałania naziemnych środków OPL na głębokość 100 km.

Klucz samolotów: 200 x 2000 m.

| Rodzaj środków OPL | V /km/h/ | Wysokość lotu samolotów /m/ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 |
| Środki lufowe | 540 | 0,36 | 0,32 | 0,29 | 0,27 | 0,26 | 0,25 | 0,38 | 0,92 | 1,00 | 1,00 |
| | 720 | 0,55 | 0,51 | 0,47 | 0,43 | 0,36 | 0,34 | 0,49 | 0,95 | 1,00 | 1,00 |
| | 900 | 0,70 | 0,64 | 0,63 | 0,58 | 0,49 | 0,43 | 0,62 | 0,97 | 1,00 | 1,00 |
| | 1080 | 0,77 | 0,74 | 0,72 | 0,68 | 0,56 | 0,49 | 0,66 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |
| | 1440 | 0,94 | 0,92 | 0,91 | 0,89 | 0,84 | 0,77 | 0,86 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Środki rakietowe | 540 | 0,43 | 0,19 | 0,08 | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 720 | 0,47 | 0,22 | 0,10 | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 900 | 0,49 | 0,24 | 0,11 | 0,09 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 1080 | 0,51 | 0,25 | 0,12 | 0,10 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 1440 | 0,53 | 0,27 | 0,13 | 0,11 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Środki rakietowe i lufowe | 540 | 0,16 | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 720 | 0,26 | 0,11 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 900 | 0,35 | 0,15 | 0,07 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 1080 | 0,39 | 0,19 | 0,09 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 1440 | 0,50 | 0,25 | 0,12 | 0,09 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Środki lufowe Roland-2 i Redeye | 540 | 0,25 | 0,16 | 0,13 | 0,12 | 0,09 | 0,08 | 0,13 | 0,29 | 0,54 | 0,02 |
| | 720 | 0,39 | 0,29 | 0,23 | 0,22 | 0,15 | 0,13 | 0,19 | 0,35 | 0,59 | 0,66 |
| | 900 | 0,52 | 0,38 | 0,33 | 0,31 | 0,21 | 0,17 | 0,26 | 0,39 | 0,62 | 0,69 |
| | 1080 | 0,58 | 0,45 | 0,40 | 0,38 | 0,26 | 0,21 | 0,29 | 0,42 | 0,64 | 0,70 |
| | 1440 | 0,73 | 0,59 | 0,53 | 0,52 | 0,42 | 0,35 | 0,40 | 0,46 | 0,66 | 0,72 |

Załącznik 16

Prawdopodobieństwo przenikania klucza samolotów przez strefy przeciwdziałania naziemnych środków OPL na głębokość 200 km. Klucz samolotów: 200 x 2000 m.

| Rodzaj środków OPL | V /km/h/ | Wysokość lotu samolotów /m/ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 |
| Środki lufowe | 540 | 0,22 | 0,19 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,25 | 0,92 | 1,00 | 1,00 |
| | 720 | 0,41 | 0,36 | 0,32 | 0,29 | 0,22 | 0,20 | 0,36 | 0,95 | 1,00 | 1,00 |
| | 900 | 0,59 | 0,51 | 0,50 | 0,44 | 0,34 | 0,28 | 0,50 | 0,97 | 1,00 | 1,00 |
| | 1080 | 0,68 | 0,63 | 0,60 | 0,56 | 0,42 | 0,34 | 0,54 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |
| | 1440 | 0,91 | 0,89 | 0,86 | 0,84 | 0,77 | 0,67 | 0,79 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Środki rakietowe | 540 | 0,43 | 0,19 | 0,08 | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 720 | 0,47 | 0,22 | 0,10 | 0,08 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 900 | 0,49 | 0,24 | 0,11 | 0,09 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1080 | 0,51 | 0,25 | 0,12 | 0,10 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1440 | 0,53 | 0,27 | 0,13 | 0,11 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Środki rakietowe i lufowe | 540 | 0,10 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 720 | 0,19 | 0,08 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 900 | 0,29 | 0,12 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1080 | 0,35 | 0,16 | 0,07 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1440 | 0,48 | 0,24 | 0,11 | 0,09 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Środki lufowe Roland-2 i Redeye | 540 | 0,15 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,20 | 0,54 | 0,62 |
| | 720 | 0,30 | 0,21 | 0,16 | 0,14 | 0,08 | 0,06 | 0,11 | 0,25 | 0,59 | 0,66 |
| | 900 | 0,44 | 0,30 | 0,26 | 0,23 | 0,13 | 0,09 | 0,16 | 0,29 | 0,62 | 0,69 |
| | 1080 | 0,51 | 0,39 | 0,34 | 0,31 | 0,17 | 0,12 | 0,19 | 0,32 | 0,64 | 0,70 |
| | 1440 | 0,71 | 0,57 | 0,51 | 0,49 | 0,34 | 0,26 | 0,30 | 0,35 | 0,66 | 0,72 |

Wartości funkcji $P_s = 1 - /1 - P_{wz}/^n$

| $P_{wz}$ | n | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 |
| 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,15 |
| 0,03 | 0,06 | 0,10 | 0,11 | 0,14 | 0,16 | 0,19 | 0,21 |
| 0,04 | 0,08 | 0,11 | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,25 | 0,28 |
| 0,05 | 0,10 | 0,14 | 0,18 | 0,23 | 0,26 | 0,30 | 0,34 |
| 0,06 | 0,11 | 0,17 | 0,22 | 0,27 | 0,31 | 0,35 | 0,39 |
| 0,07 | 0,13 | 0,19 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,44 |
| 0,08 | 0,15 | 0,22 | 0,28 | 0,34 | 0,39 | 0,44 | 0,48 |
| 0,09 | 0,17 | 0,25 | 0,31 | 0,37 | 0,43 | 0,48 | 0,53 |
| 0,10 | 0,19 | 0,27 | 0,34 | 0,41 | 0,47 | 0,52 | 0,57 |
| 0,11 | 0,21 | 0,29 | 0,37 | 0,44 | 0,50 | 0,56 | 0,61 |
| 0,12 | 0,22 | 0,32 | 0,40 | 0,47 | 0,54 | 0,59 | 0,64 |
| 0,13 | 0,24 | 0,34 | 0,43 | 0,50 | 0,57 | 0,62 | 0,67 |
| 0,14 | 0,26 | 0,36 | 0,45 | 0,53 | 0,59 | 0,65 | 0,70 |
| 0,15 | 0,28 | 0,38 | 0,48 | 0,55 | 0,62 | 0,68 | 0,73 |
| 0,16 | 0,29 | 0,41 | 0,50 | 0,58 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |
| 0,17 | 0,31 | 0,43 | 0,52 | 0,60 | 0,67 | 0,73 | 0,77 |
| 0,18 | 0,33 | 0,45 | 0,55 | 0,63 | 0,70 | 0,75 | 0,79 |
| 0,19 | 0,34 | 0,47 | 0,57 | 0,65 | 0,71 | 0,77 | 0,81 |
| 0,20 | 0,36 | 0,49 | 0,59 | 0,67 | 0,74 | 0,79 | 0,83 |
| 0,21 | 0,37 | 0,51 | 0,61 | 0,69 | 0,76 | 0,81 | 0,85 |
| 0,22 | 0,39 | 0,52 | 0,63 | 0,71 | 0,77 | 0,82 | 0,86 |
| 0,23 | 0,41 | 0,54 | 0,61 | 0,73 | 0,79 | 0,84 | 0,87 |
| 0,24 | 0,42 | 0,56 | 0,66 | 0,75 | 0,81 | 0,85 | 0,89 |
| 0,25 | 0,44 | 0,58 | 0,68 | 0,76 | 0,82 | 0,87 | 0,90 |
| 0,26 | 0,45 | 0,59 | 0,70 | 0,77 | 0,83 | 0,88 | 0,91 |
| 0,27 | 0,47 | 0,61 | 0,71 | 0,79 | 0,85 | 0,89 | 0,92 |
| 0,28 | 0,48 | 0,63 | 0,73 | 0,81 | 0,86 | 0,90 | 0,93 |
| 0,29 | 0,50 | 0,64 | 0,75 | 0,82 | 0,87 | 0,91 | 0,93 |
| 0,30 | 0,51 | 0,66 | 0,76 | 0,83 | 0,88 | 0,92 | 0,94 |
| 0,31 | 0,52 | 0,67 | 0,77 | 0,84 | 0,89 | 0,92 | 0,95 |
| 0,32 | 0,54 | 0,68 | 0,76 | 0,85 | 0,90 | 0,93 | 0,95 |

| $P'_{wz}$ | n | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0,33 | 0,55 | 0,70 | 0,80 | 0,86 | 0,91 | 0,94 | 0,96 |
| 0,34 | 0,56 | 0,71 | 0,81 | 0,87 | 0,92 | 0,94 | 0,96 |
| 0,35 | 0,58 | 0,72 | 0,82 | 0,88 | 0,92 | 0,95 | 0,97 |
| 0,36 | 0,59 | 0,74 | 0,83 | 0,89 | 0,93 | 0,95 | 0,97 |
| 0,37 | 0,60 | 0,75 | 0,84 | 0,90 | 0,94 | 0,96 | 0,97 |
| 0,38 | 0,61 | 0,76 | 0,85 | 0,91 | 0,94 | 0,96 | 0,98 |
| 0,39 | 0,63 | 0,77 | 0,86 | 0,92 | 0,95 | 0,97 | 0,98 |
| 0,40 | 0,64 | 0,78 | 0,87 | 0,92 | 0,95 | 0,97 | 0,98 |
| 0,42 | 0,66 | 0,80 | 0,89 | 0,93 | 0,96 | 0,98 | 0,98 |
| 0,44 | 0,68 | 0,82 | 0,90 | 0,94 | 0,97 | 0,98 | 0,99 |
| 0,46 | 0,71 | 0,84 | 0,91 | 0,95 | 0,97 | 0,98 | 0,99 |
| 0,48 | 0,73 | 0,86 | 0,93 | 0,96 | 0,98 | 0,99 | 0,99 |
| 0,50 | 0,75 | 0,87 | 0,94 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 0,99 |
| 0,52 | 0,77 | 0,89 | 0,95 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| 0,54 | 0,79 | 0,90 | 0,95 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| 0,56 | 0,81 | 0,91 | 0,96 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| 0,58 | 0,82 | 0,92 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| 0,60 | 0,84 | 0,94 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| 0,62 | 0,86 | 0,94 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 |
| 0,64 | 0,87 | 0,95 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 |
| 0,66 | 0,88 | 0,96 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 |
| 0,68 | 0,89 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | |
| 0,70 | 0,91 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | |
| 0,72 | 0,92 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | | |
| 0,74 | 0,93 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | | |
| 0,76 | 0,94 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | | |
| 0,78 | 0,95 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | | |
| 0,80 | 0,96 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | | | |
| 0,82 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | | | |
| 0,84 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | | | |
| 0,86 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | | | | |
| 0,88 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | | | | |
| 0,90 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | | | | |
| 0,95 | 0,99 | 1,00 | | | | | |
| 1,00 | 1,00 | | | | | | |

Załącznik 18

Liczba możliwych do wykonania lotów $N^{/n/}$ K = 0,6

| $n_s$ | a = 0,02 | | | | a = 0,03 | | | | a = 0,04 | | | | a = 0,05 | | | | a = 0,06 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n = 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | 11,6 | 17,3 | 22,8 | 28,3 | 11,4 | 16,9 | 22,3 | 27,4 | 11,3 | 16,6 | 21,6 | 26,6 | 11,1 | 16,2 | 21,1 | 25,7 | 10,9 | 15,9 | 20,6 | 25,0 |
| 12 | 13,9 | 20,7 | 27,4 | 33,9 | 13,7 | 20,3 | 26,7 | 32,9 | 13,5 | 19,9 | 26,0 | 31,9 | 13,3 | 19,5 | 25,3 | 30,9 | 13,1 | 19,1 | 24,7 | 30,0 |
| 14 | 16,3 | 24,2 | 31,9 | 39,5 | 16,0 | 23,7 | 31,2 | 38,4 | 15,8 | 23,3 | 30,3 | 37,2 | 15,5 | 22,7 | 29,6 | 36,0 | 15,3 | 22,3 | 28,8 | 35,0 |
| 16 | 18,6 | 27,6 | 36,5 | 45,2 | 18,3 | 27,1 | 35,6 | 43,8 | 18,0 | 26,6 | 34,6 | 42,5 | 17,7 | 26,0 | 33,0 | 41,2 | 17,5 | 25,4 | 32,9 | 40,0 |
| 18 | 20,9 | 31,1 | 41,0 | 50,9 | 20,6 | 30,4 | 40,1 | 49,3 | 20,3 | 29,9 | 38,9 | 47,8 | 19,9 | 29,3 | 38,0 | 46,3 | 19,6 | 28,6 | 37,0 | 45,0 |
| 20 | 23,3 | 34,5 | 45,6 | 56,5 | 22,9 | 33,8 | 44,5 | 54,8 | 22,6 | 33,2 | 43,3 | 53,2 | 22,2 | 32,5 | 42,2 | 51,5 | 21,8 | 31,8 | 41,1 | 50,0 |
| 22 | 25,6 | 38,0 | 50,2 | 62,2 | 25,2 | 37,2 | 48,9 | 60,3 | 24,8 | 36,6 | 47,6 | 58,5 | 24,4 | 35,7 | 46,5 | 56,6 | 24,0 | 34,9 | 45,3 | 55,0 |
| 24 | 27,9 | 41,4 | 54,7 | 67,8 | 27,5 | 40,6 | 53,4 | 65,8 | 27,1 | 39,9 | 51,9 | 63,8 | 26,6 | 39,0 | 50,7 | 61,7 | 26,2 | 38,2 | 49,4 | 60,0 |
| 26 | 30,3 | 44,9 | 59,3 | 73,5 | 29,8 | 43,9 | 57,8 | 71,3 | 29,3 | 43,2 | 56,3 | 69,1 | 28,8 | 42,3 | 54,9 | 66,9 | 28,4 | 41,3 | 53,5 | 65,0 |
| 28 | 32,6 | 48,4 | 63,8 | 79,1 | 32,1 | 47,4 | 62,3 | 76,8 | 31,6 | 46,5 | 60,6 | 74,4 | 31,1 | 45,5 | 59,1 | 72,1 | 30,6 | 44,5 | 57,6 | 70,0 |
| 30 | 34,9 | 51,8 | 68,4 | 84,8 | 34,4 | 50,8 | 66,8 | 82,3 | 33,8 | 49,8 | 84,9 | 79,7 | 33,3 | 48,8 | 63,4 | 77,2 | 32,7 | 47,7 | 61,7 | 75,0 |
| 32 | 37,2 | 55,3 | 72,9 | 90,4 | 36,6 | 54,1 | 71,2 | 87,7 | 36,0 | 53,2 | 69,3 | 85,0 | 35,5 | 52,0 | 67,6 | 82,3 | 34,9 | 50,9 | 65,8 | 80,1 |
| 34 | 39,5 | 58,7 | 77,5 | 96,1 | 38,5 | 57,5 | 75,7 | 93,2 | 38,3 | 56,5 | 73,6 | 90,3 | 37,7 | 55,3 | 71,8 | 87,5 | 37,1 | 54,1 | 69,9 | 85,1 |
| 36 | 41,9 | 62,2 | 82,1 | 101,7 | 41,2 | 60,9 | 80,1 | 98,7 | 40,6 | 59,8 | 77,9 | 95,7 | 39,9 | 58,5 | 76,0 | 92,6 | 39,3 | 57,2 | 74,1 | 90,1 |
| 38 | 44,2 | 65,7 | 86,6 | 107,4 | 43,5 | 64,3 | 84,6 | 104,2 | 42,8 | 63,1 | 82,3 | 101,0 | 42,2 | 61,8 | 80,2 | 97,8 | 41,5 | 60,4 | 78,2 | 95,1 |
| 40 | 46,5 | 69,1 | 91,2 | 113,0 | 45,8 | 67,7 | 89,0 | 109,7 | 45,1 | 66,4 | 86,6 | 106,3 | 44,4 | 65,0 | 84,5 | 102,9 | 43,7 | 63,6 | 82,3 | 100,1 |

Załącznik 19.

Liczba możliwych do wykonania lotów $N^{/n/}$ K = 0,7

| $n_s$ | a = 0,02 | | | | a = 0,03 | | | | a = 0,04 | | | | a = 0,05 | | | | a = 0,06 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n = 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | 13,6 | 20,2 | 26,6 | 32,9 | 13,3 | 19,7 | 25,9 | 32,0 | 13,1 | 19,4 | 25,3 | 31,0 | 12,9 | 18,9 | 24,6 | 30,0 | 12,7 | 18,5 | 24,0 | 29,2 |
| 12 | 16,3 | 24,2 | 31,9 | 39,5 | 16,0 | 23,7 | 31,1 | 38,4 | 15,8 | 23,3 | 30,3 | 37,2 | 15,5 | 22,7 | 29,5 | 36,0 | 15,3 | 22,3 | 28,8 | 35,0 |
| 14 | 19,0 | 28,2 | 37,2 | 46,1 | 18,7 | 27,6 | 36,3 | 44,8 | 18,4 | 27,1 | 35,4 | 43,4 | 18,1 | 26,5 | 34,4 | 42,0 | 17,8 | 25,9 | 33,6 | 40,9 |
| 16 | 21,7 | 32,2 | 42,5 | 52,7 | 21,4 | 31,6 | 41,5 | 51,2 | 21,0 | 31,0 | 40,4 | 49,6 | 20,7 | 30,3 | 39,4 | 48,0 | 20,4 | 29,7 | 38,4 | 46,7 |
| 18 | 24,4 | 36,3 | 47,9 | 59,3 | 24,1 | 35,5 | 46,7 | 57,9 | 23,7 | 34,9 | 45,5 | 55,8 | 23,3 | 34,1 | 44,3 | 54,0 | 22,9 | 33,4 | 43,2 | 52,5 |
| 20 | 27,2 | 40,3 | 53,2 | 65,9 | 26,7 | 39,5 | 51,9 | 63,9 | 26,3 | 38,8 | 50,5 | 62,0 | 25,9 | 37,9 | 49,3 | 60,0 | 25,5 | 37,1 | 48,0 | 58,4 |
| 22 | 29,9 | 44,3 | 58,5 | 72,5 | 29,4 | 43,4 | 57,1 | 70,4 | 28,9 | 42,6 | 55,6 | 68,2 | 28,5 | 41,7 | 54,2 | 66,1 | 28,0 | 40,8 | 52,8 | 64,2 |
| 24 | 32,6 | 48,4 | 63,8 | 79,1 | 32,1 | 47,4 | 62,3 | 76,8 | 31,6 | 46,5 | 60,6 | 74,4 | 31,1 | 45,5 | 59,1 | 72,1 | 30,5 | 44,5 | 57,6 | 70,0 |
| 26 | 35,3 | 52,4 | 69,1 | 85,7 | 34,7 | 51,3 | 67,5 | 83,2 | 34,2 | 50,4 | 65,7 | 80,6 | 33,7 | 49,3 | 64,1 | 78,1 | 33,1 | 48,2 | 62,4 | 75,9 |
| 28 | 38,0 | 56,4 | 74,5 | 92,3 | 37,4 | 55,2 | 72,7 | 89,6 | 36,8 | 54,3 | 70,7 | 86,8 | 36,3 | 53,1 | 69,0 | 84,1 | 35,6 | 51,9 | 67,2 | 81,7 |
| 30 | 40,7 | 60,5 | 79,8 | 98,9 | 40,1 | 59,2 | 77,9 | 95,9 | 39,5 | 58,1 | 75,8 | 93,0 | 38,8 | 56,9 | 73,9 | 90,1 | 38,2 | 55,6 | 72,0 | 87,5 |
| 32 | 43,4 | 64,5 | 85,1 | 105,5 | 42,8 | 63,1 | 83,1 | 102,3 | 42,1 | 62,0 | 80,8 | 99,2 | 41,4 | 60,7 | 78,8 | 96,1 | 40,8 | 59,3 | 76,8 | 93,4 |
| 34 | 46,1 | 68,5 | 90,4 | 112,1 | 45,4 | 67,1 | 88,3 | 108,7 | 44,7 | 65,9 | 85,9 | 105,4 | 44,0 | 64,5 | 83,7 | 102,1 | 43,3 | 63,1 | 81,6 | 99,2 |
| 36 | 48,9 | 72,6 | 95,7 | 118,7 | 48,1 | 71,0 | 93,5 | 115,2 | 47,4 | 69,8 | 90,9 | 111,6 | 46,6 | 68,9 | 88,7 | 108,1 | 45,8 | 66,2 | 86,4 | 105,1 |
| 38 | 51,6 | 76,6 | 101,1 | 125,3 | 50,8 | 75,0 | 98,7 | 121,5 | 50,4 | 73,7 | 90,0 | 117,8 | 49,2 | 72,1 | 93,6 | 114,1 | 48,4 | 70,5 | 91,2 | 110,9 |
| 40 | 54,3 | 80,6 | 106,4 | 131,8 | 53,5 | 78,9 | 103,9 | 127,9 | 52,6 | 77,5 | 101,1 | 124,0 | 51,8 | 75,9 | 98,5 | 120,1 | 50,9 | 74,2 | 96,0 | 116,7 |

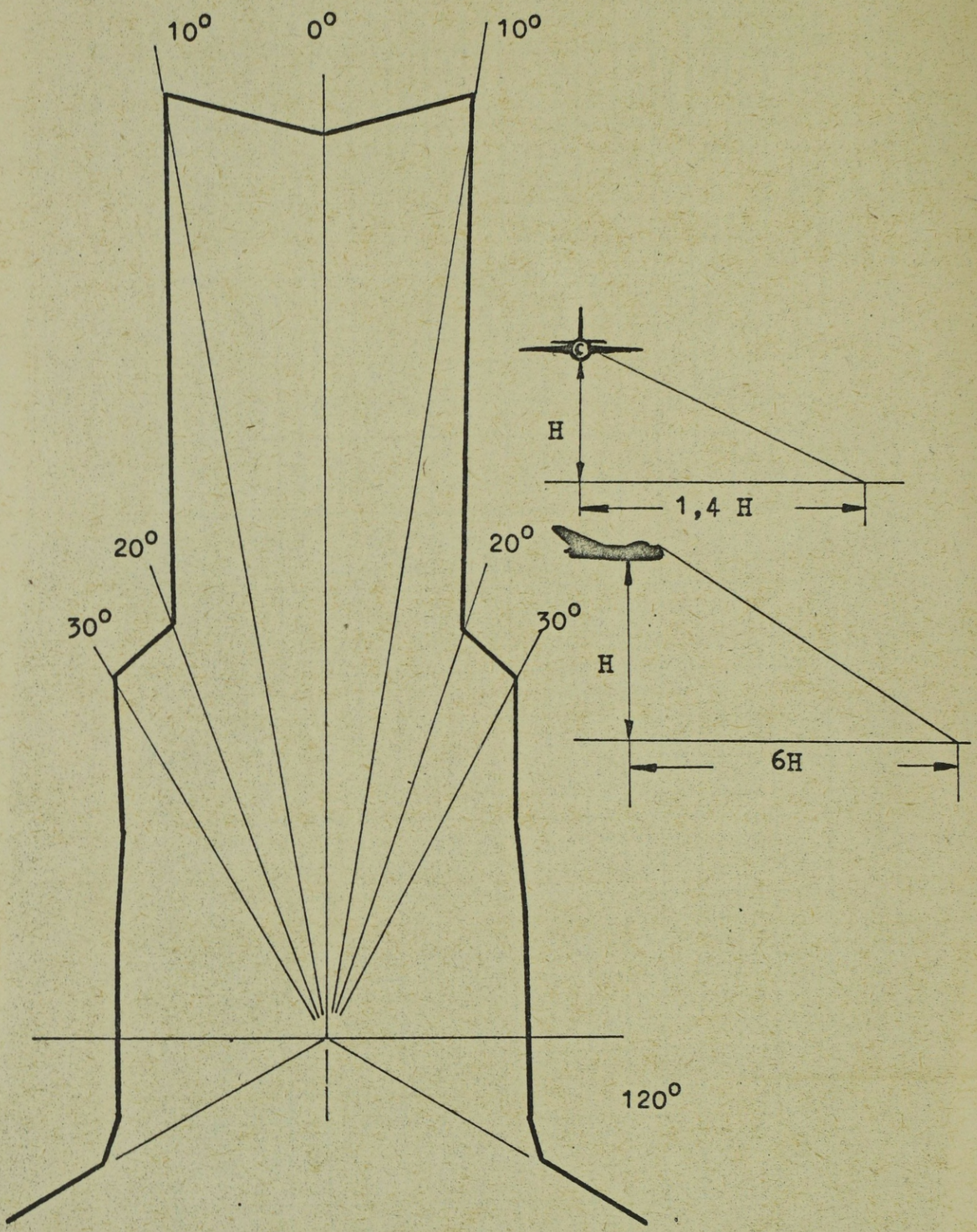
Załącznik 20

Liczba możliwych do wykonania lotów $N^{/n/}$ K = 0,8

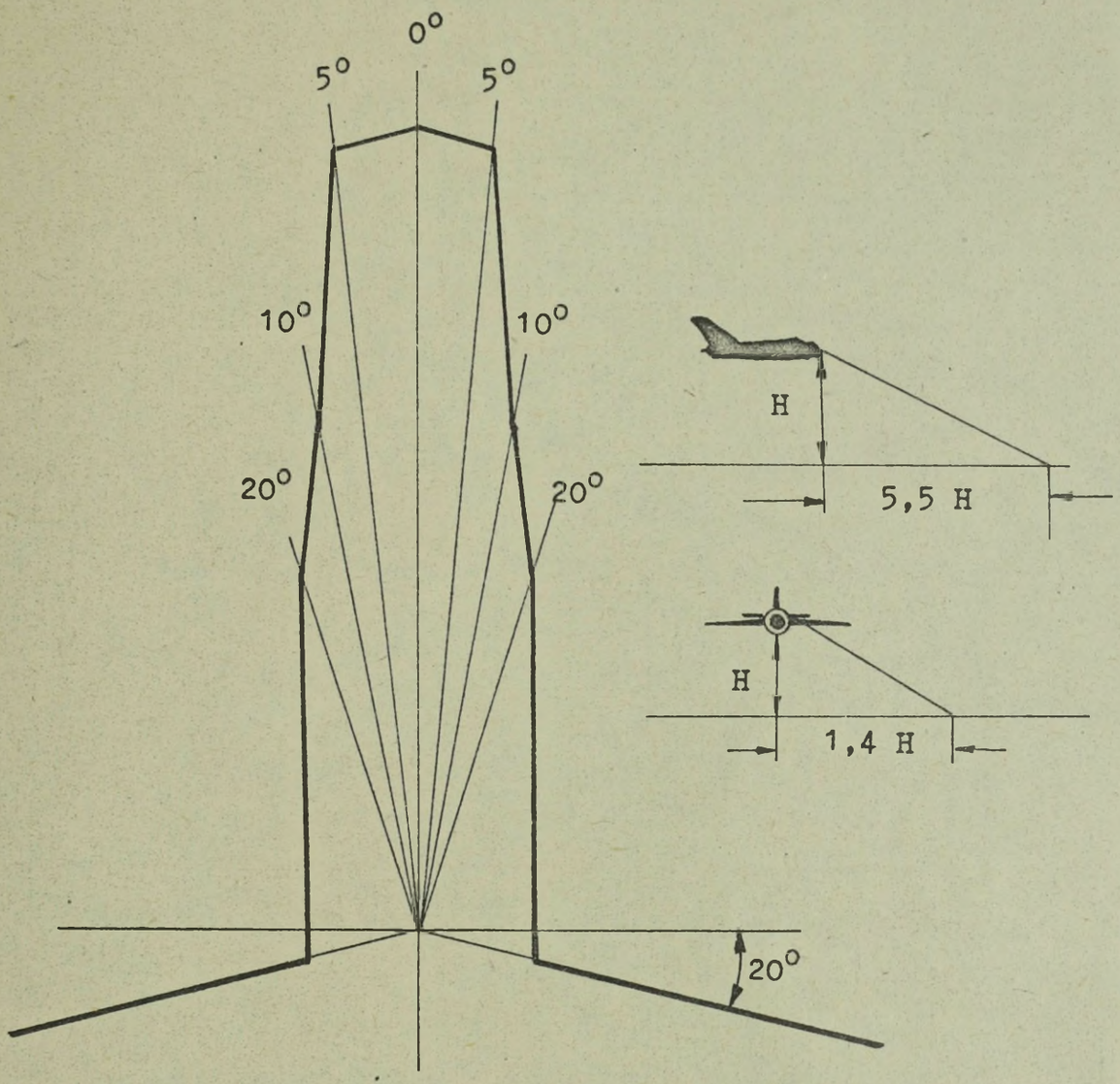
| $n_b$ | a = 0,02 | | | | a = 0,03 | | | | a = 0,04 | | | | a = 0,05 | | | | a = 0,06 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n = 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | 15,5 | 23,0 | 30,4 | 37,7 | 15,3 | 22,5 | 29,7 | 36,5 | 15,0 | 22,1 | 28,9 | 35,4 | 14,8 | 21,7 | 28,1 | 34,3 | 14,5 | 21,2 | 27,4 | 33,4 |
| 12 | 18,6 | 27,6 | 36,5 | 45,2 | 18,3 | 27,1 | 35,6 | 43,8 | 18,0 | 26,6 | 34,6 | 42,5 | 17,7 | 26,0 | 33,8 | 41,2 | 17,5 | 25,4 | 32,9 | 40,0 |
| 14 | 21,7 | 32,2 | 42,5 | 52,7 | 21,4 | 31,6 | 41,6 | 51,2 | 21,0 | 31,0 | 40,4 | 49,6 | 20,7 | 30,3 | 39,4 | 48,0 | 20,4 | 29,7 | 38,4 | 46,7 |
| 16 | 24,8 | 36,8 | 48,6 | 60,3 | 24,4 | 36,1 | 47,5 | 58,5 | 24,0 | 35,4 | 46,2 | 56,7 | 23,7 | 34,7 | 45,0 | 54,9 | 23,3 | 33,9 | 43,9 | 53,3 |
| 18 | 27,9 | 41,4 | 54,7 | 67,8 | 27,5 | 40,6 | 53,5 | 65,8 | 27,1 | 39,9 | 51,9 | 63,8 | 26,6 | 39,0 | 50,7 | 61,7 | 26,2 | 38,2 | 49,4 | 60,0 |
| 20 | 31,0 | 46,1 | 60,8 | 75,4 | 30,5 | 45,1 | 59,5 | 73,1 | 30,1 | 44,3 | 57,7 | 70,9 | 29,6 | 43,3 | 56,3 | 68,6 | 29,1 | 42,4 | 54,9 | 66,7 |
| 22 | 34,1 | 50,7 | 66,9 | 82,9 | 33,6 | 49,6 | 65,4 | 80,4 | 33,1 | 48,7 | 63,5 | 77,9 | 32,5 | 47,7 | 61,9 | 75,5 | 32,0 | 46,6 | 60,4 | 73,3 |
| 24 | 37,2 | 55,3 | 72,9 | 90,4 | 36,6 | 54,1 | 71,4 | 87,7 | 36,1 | 53,2 | 69,3 | 85,0 | 35,5 | 52,0 | 67,6 | 82,4 | 34,9 | 50,9 | 65,8 | 80,0 |
| 26 | 40,3 | 59,9 | 79,0 | 97,9 | 39,9 | 58,6 | 77,3 | 95,0 | 39,1 | 57,6 | 75,1 | 92,1 | 38,5 | 56,4 | 73,2 | 89,2 | 37,8 | 55,1 | 71,3 | 86,7 |
| 28 | 43,4 | 64,5 | 85,1 | 105,5 | 42,8 | 63,2 | 83,3 | 102,3 | 42,1 | 62,0 | 80,8 | 99,2 | 41,4 | 60,7 | 78,8 | 96,1 | 40,7 | 59,3 | 76,8 | 93,4 |
| 30 | 46,5 | 69,1 | 91,2 | 113,0 | 45,8 | 67,7 | 89,2 | 109,6 | 45,1 | 66,5 | 86,6 | 106,3 | 44,4 | 65,0 | 84,5 | 102,9 | 43,7 | 63,6 | 82,3 | 100,0 |
| 32 | 49,7 | 73,7 | 97,3 | 120,6 | 48,8 | 72,3 | 95,2 | 117,0 | 48,1 | 70,9 | 92,4 | 113,4 | 47,4 | 69,4 | 90,1 | 109,8 | 46,6 | 67,8 | 87,8 | 106,7 |
| 34 | 52,8 | 78,3 | 103,4 | 128,1 | 51,9 | 76,7 | 101,1 | 124,3 | 51,1 | 75,3 | 98,2 | 120,5 | 50,3 | 73,7 | 95,7 | 116,7 | 49,5 | 72,0 | 93,3 | 113,4 |
| 36 | 55,9 | 82,9 | 109,4 | 135,6 | 55,0 | 81,2 | 107,1 | 131,6 | 54,1 | 79,7 | 103,9 | 127,6 | 53,3 | 78,0 | 101,4 | 123,5 | 52,4 | 76,3 | 98,8 | 120,1 |
| 38 | 58,9 | 87,5 | 115,5 | 143,2 | 58,1 | 85,7 | 113,1 | 138,9 | 57,1 | 84,2 | 109,7 | 134,6 | 56,2 | 82,4 | 107,0 | 130,4 | 55,3 | 80,0 | 104,3 | 126,7 |
| 40 | 62,1 | 92,2 | 121,6 | 150,7 | 61,6 | 90,2 | 119,0 | 146,2 | 60,2 | 88,6 | 115,5 | 141,7 | 59,2 | 85,7 | 112,6 | 137,3 | 58,2 | 84,8 | 109,7 | 133,4 |

Liczba możliwych do wykonania lotów $N^{/n/}$ K = 0,09

| $n_s$ | a = 0,02 | | | | a = 0,03 | | | | a = 0,04 | | | | a = 0,05 | | | | a = 0,06 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n =2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | 17.5 | 25,9 | 34,2 | 42,3 | 17,2 | 25,4 | 33,4 | 41,1 | 16,9 | 24,9 | 32,5 | 39,8 | 16,6 | 24,4 | 31,7 | 38,6 | 16,4 | 23,8 | 30,8 | 37,5 |
| 12 | 20,9 | 31,1 | 41,1 | 50,8 | 20,6 | 30,4 | 40,1 | 49,3 | 20,3 | 29,9 | 38,9 | 47,8 | 19,9 | 29,3 | 38,0 | 46,3 | 19,6 | 28,6 | 37,0 | 45,0 |
| 14 | 24,4 | 36,3 | 47,9 | 59,3 | 24,1 | 35,5 | 46,7 | 57,6 | 23,7 | 34,9 | 45,5 | 55,8 | 23,3 | 34,1 | 44,3 | 54,0 | 22,9 | 33,4 | 43,2 | 52,5 |
| 16 | 27,9 | 41,5 | 54,7 | 67,7 | 27,5 | 40,6 | 53,4 | 65,8 | 27,1 | 39,9 | 51,9 | 63,8 | 26,6 | 39,0 | 50,7 | 61,8 | 26,2 | 38,1 | 49,4 | 60,0 |
| 18 | 31,4 | 46,7 | 61,6 | 76,2 | 30,9 | 45,7 | 60,1 | 74,0 | 30,4 | 44,9 | 58,5 | 71,7 | 29,9 | 43,9 | 57,0 | 69,5 | 29,5 | 42,9 | 55,5 | 67,5 |
| 20 | 34,9 | 51,8 | 68,4 | 84,6 | 34,4 | 50,7 | 66,8 | 82,2 | 33,8 | 49,9 | 64,9 | 79,7 | 33,3 | 48,7 | 63,4 | 77,2 | 32,8 | 47,7 | 61,7 | 75,1 |
| 22 | 38,4 | 57,0 | 75,3 | 93,1 | 37,8 | 55,8 | 73,4 | 90,5 | 37,0 | 54,8 | 71,5 | 87,7 | 36,6 | 53,6 | 69,7 | 84,9 | 36,0 | 52,5 | 67,9 | 82,6 |
| 24 | 41,9 | 62,2 | 82,1 | 101,6 | 41,2 | 60,9 | 80,1 | 98,7 | 40,6 | 59,8 | 77,9 | 95,7 | 39,9 | 58,5 | 76,0 | 92,6 | 39,3 | 57,2 | 74,1 | 90,1 |
| 26 | 45,4 | 67,4 | 88,9 | 110,1 | 44,7 | 65,9 | 86,8 | 106,9 | 44,0 | 64,8 | 84,4 | 103,6 | 43,3 | 63,4 | 82,4 | 100,4 | 46,6 | 62,0 | 80,2 | 97,6 |
| 28 | 48,9 | 72,6 | 95,8 | 118,5 | 48,1 | 71,1 | 93,5 | 115,2 | 47,4 | 69,8 | 90,9 | 111,6 | 46,6 | 68,3 | 88,7 | 108,1 | 45,8 | 66,8 | 86,4 | 105,1 |
| 30 | 52,4 | 77,8 | 102,7 | 127,0 | 51,5 | 76,1 | 100,2 | 123,4 | 50,8 | 74,8 | 97,5 | 119,6 | 49,9 | 73,2 | 95,0 | 115,8 | 49,1 | 71,5 | 92,6 | 112,6 |
| 32 | 55,8 | 82,9 | 109,5 | 135,5 | 55,0 | 81,2 | 106,8 | 131,6 | 54,1 | 79,8 | 103,9 | 127,6 | 53,3 | 78,0 | 101,4 | 123,5 | 52,4 | 76,3 | 98,8 | 120,1 |
| 34 | 59,3 | 88,2 | 116,3 | 143,9 | 58,4 | 86,3 | 113,5 | 139,8 | 57,5 | 84,7 | 110,4 | 135,5 | 56,6 | 82,9 | 107,7 | 131,3 | 55,7 | 81,1 | 104,9 | 127,6 |
| 36 | 62,2 | 93,3 | 123,2 | 152,4 | 61,9 | 91,4 | 120,2 | 148,1 | 60,9 | 89,7 | 116,9 | 143,5 | 59,9 | 87,8 | 114,0 | 138,9 | 58,9 | 85,8 | 111,1 | 135,1 |
| 38 | 66,3 | 98,5 | 130,0 | 160,9 | 65,3 | 94,4 | 126,9 | 156,3 | 64,3 | 94,7 | 123,5 | 151,5 | 63,3 | 92,7 | 120,4 | 146,7 | 62,2 | 90,6 | 117,3 | 142,6 |
| 40 | 69,3 | 103,7 | 136,9 | 169,3 | 68,7 | 101,5 | 133,5 | 164,5 | 67,7 | 99,7 | 129,9 | 159,5 | 66,6 | 97,5 | 126,7 | 154,4 | 65,5 | 95,4 | 123,5 | 150,1 |




Strefy zakryta i obserwacji z kabiny samolotu Mig-21R




kąt natarcia = 3,5°

V = 700 km/h

Strefy zakryta i obserwacji z kabiny samolotu

Su-20R

Załącznik 24

## Jednostki świetlne[1/]

1. Natężenie światła /światłość/ - określa się jako moc źródła światła.
   Jednostka natężenia światła:
   1 cd /Kandela lub Nowa Swieca/ - jest to natężenie w kierunku normalnym źródła światła stanowiącego 1/60 $cm^2$ ciała doskonale czarnego, promieniującego w temperaturze krzepnięcia platyny, to znaczy 1773°C.

2. Strumień świetlny - jest to ilość energii świetlnej naświetlającej powierzchnię w jednostce czasu.
   Jednostka strumienia świetlnego:
   Lumen - jest to strumień świetlny, przez który została naświetlona powierzchnia 1 $m^2$ ustawiona w odległości 1 m od źródła światła.o natężeniu 1 kandeli. Powierzchnia, przez którą płynie strumień świetlny musi być prostopadła do kierunku jego promieni.

3. Oświetlenie - jest to stosunek strumienia świetlnego naświetlającego jakąś powierzchnię do pola tej powierzchni.
   Jednostka oświetlenia:

   Luks /lx/ lub metroświeca - jest to oświetlenie powierzchni 1 $m^2$ naświetlonej przez strumień świetlny 1 lumena. Naświetlona powierzchnia musi być prostopadła do kierunku promienia świetlnego.

   Oświetlenie bardzo małe wyrażane jest w mikroluksach:

   $$1\ lx = 10^6 \text{ mikroluksów.}$$

4. Jasność. Jest to pojęcie określające natężenie światłości powierzchni świecącej.

   Jednostki jasności:
   Stilb /sb/ = 1 kandela/ 1 $cm^2$,
   Apostilb /asb/ 1 stilb = 3,142 asb
   Lambert - 1 lambert = 0,318 asb.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Akademii Obrony
Nr 11743

---

1/ W. Pol: Zagadnienia okulistyki lotniczej. Warszawa 1962, s. 105.



Ph 178