



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

**JAWNE
POUFNE**

Egz. Nr 1



**SYSTEMY ROZPOZNANIA TERMALNEGO
W ARMIACH PAŃSTW NATO**



55627

WARSZAWA

LIPIEC

1981



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

JAWNE
POUFNE

Egz. Nr 1



**SYSTEMY ROZPOZNANIA TERMALNEGO
W ARMIACH PAŃSTW NATO**



55627

WARSZAWA

LIPIEC

1981

Załącznik Nr 1 do pisma wchodz. Nr 7738
z dnia „7” SIERP 1981 r.

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. gen. broni K. Świerczewskiego

JAWNE



POUWNE
Egz. nr **1**



Archiwum

SYSTEMY ROZPOZNANIA

TERMALNEGO W ARMIACH PAŃSTW NATO

*Przebiegaj filon
na „JAWNE”*

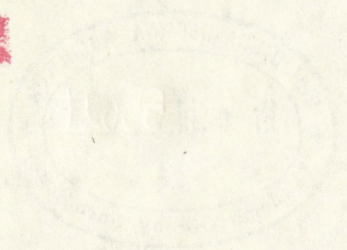
27.01.2003

[Signature]

WARSZAWA

LIP IEC

1981r.



PRACĘ WYKONAŁ ZESPÓŁ OFICERÓW W SKŁADZIE:

- ppłk doc. dr Tadeusz PROCAK - kierownik zespołu
- ppłk dr inż. Stanisław WÓJCIK
- ppłk mgr inż. Stanisław MROCZEK
- ppłk dypl. Marian BEDNARZ
- ppłk mgr inż. Sławomir MRÓCZEK - WAT

SPIS TREŚCI		Str.
=====		
WSTĘP		4
1. MIEJSCE, ROLA, ISTOTA I ZNACZENIE ROZPOZNANIA TERMALNEGO W OGÓLNYM SYSTEMIE ROZPOZNANIA.		
1.1. Rys historyczny rozwoju środków i sposobów rozpoznania w podczerwieni.		8
1.2. Właściwości fizyczne promieniowania podczerwonego.		14
1.3. Elementy rozpoznawczego układu termalnego.		21
1.4. Rodzaje aparatury termalnej oraz zakres jej wykorzystania.		26
2. PODSTAWOWE ŚRODKI I SYSTEMY ROZPOZNANIA TERMALNEGO W ARMIACH PAŃSTW NATO.		28
2.1. Środki i systemy rozpoznania termalnego w armii USA oraz sposoby i zakres ich wykorzystania.		28
2.2. Środki i systemy rozpoznania termalnego armii Wielkiej Brytanii oraz sposoby i zakres ich wykorzystania.		39
2.3. Środki i systemy rozpoznania termalnego armii francuskiej oraz sposoby i zakres ich wykorzystania.		44
2.4. Środki i systemy rozpoznania termalnego innych państw NATO.		48
2.5. Szwedzkie środki i systemy rozpoznania termalnego.		50
3. MOŻLIWOŚCI ROZPOZNANIA TERMALNEGO		58
3.1. Możliwości interpretacyjne obrazów termalnych.		58
3.2. Możliwości rozpoznania termalnego obiektów wojskowych i sprzętu technicznego.		63
4. ZASADY FUNKCJONOWANIA SYSTEMÓW ROZPOZNANIA TERMALNEGO W STRUKTURZE ORGANIZACYJNEJ WOJSK.		68

5. ŚRODKI I SYSTEMY PRZECIWDZIAŁANIA ROZPOZNANIU TERMALNEMU W ARMIACH PAŃSTW NATO.	75
5.1. Ogólne poglądy państw NATO na problemy przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu, oraz miejsce, rola i znaczenie maskowania termalnego w ogólnym systemie maskowania.	75
5.2. Środki i systemy przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu, oraz sposoby i zakres ich wykorzystania.	86

WNIOSKI

BIBLIOGRAFIA

WSTĘP

Aktualny stan środków walki będących w dyspozycji sił zbrojnych państw NATO,¹ Układu Warszawskiego oraz istniejące poglądy na prowadzenie działań wojennych preferują tezę, że na przyszłym polu walki zniszczenie wojsk i obiektów wojskowych nie będzie stanowiło zasadniczego problemu.

Przeważająca większość teoretyków państw NATO zajmujących się problemami prowadzenia przyszłych działań bojowych stwierdza, że powyższa teza może być w pełni zrealizowaną pod warunkiem dokładnej znajomości możliwości bojowych potencjalnego przeciwnika, oraz rozmieszczenia jego sił i środków mających zasadniczy wpływ na przebieg i ewentualny efekt końcowy walki lub operacji.

W celu zdobycia potrzebnych danych o przeciwniku państwa NATO oprócz intensywnego rozwoju środków walki w szybkim tempie wykorzystując najnowocześniejsze osiągnięcia myśli technicznej rozwijają siły i środki oraz sposoby prowadzenia pełnego, wszechstronnego i skutecznego rozpoznania.

Rozpoznanie prowadzone przez państwa NATO stanowi w zasadzie jednolity system rozpoznania całego układu. Jego funkcjonowanie polega na prowadzeniu rozpoznania samodzielnie, przez poszczególne państwa oraz wspólnym wykorzystaniu danych z rozpoznania.

System rozpoznania państw NATO dzieli się na rozpoznanie państwowe /National Intelligence/ oraz rozpoznanie wojskowe /Military Intelligence/.

Rozpoznanie państwowe obejmuje zespół naczelnych państwowych organów rozpoznawczych zajmujących się planowaniem, koordynacją i prowadzeniem rozpoznania w czasie pokoju i wojny.

Rozpoznanie wojskowe prowadzi działalność w zakresie zbierania, oceniania, analizowania i opracowywania w formie

wniosków danych o potencjalnym przeciwniku i terenie, które mogą być wykorzystane do planowania i prowadzenia działań wojennych. Rozpoznanie to jest organizowane i prowadzone przez sztaby i odpowiednie organa rozpoznawcze w okresie pokoju i wojny. Pod względem zakresu działań dzieli się na rozpoznanie strategiczne i taktyczne, a w RFN na rozpoznanie strategiczne i ogólnowojskowe.

Zasadniczym celem działalności rozpoznawczej państw NATO jest zdobycie informacji dotyczących kierunków polityki, potencjału obronnego i ekonomiczno-naukowego oraz zamiarów i możliwości państw socjalistycznych. W ~~okresie~~ okresie pokoju rozpoznanie prowadzą siły i środki rozpoznania agenturalnego powietrzno-kosmicznego, radioelektronicznego i morskiego. W okresie wojny oprócz sił i środków wyżej wymienionych rozpoznanie prowadzić będą wszystkie rodzaje sił zbrojnych angażując w tym celu pełny potencjał swoich możliwości rozpoznawczych. Suma zdobytych wiadomości o potencjalnym przeciwniku i terenie sprowadza się do uzyskania odpowiedzi na następujące podstawowe pytania:

- co przeciwnik zamierza?
- w jakim czasie chce zrealizować swój zamiar?
- w jakim kierunku lub rejonie koncentruje swój główny wysiłek? oraz
- określenie sił i środków jakim przeciwnik będzie realizował swój zamiar.

Do realizacji założonych celów siły zbrojne państw NATO dążą do prowadzenia rozpoznania a przez to zbierania wiadomości niezależnie od odległości, pory doby i warunków atmosferycznych wykorzystując w tym celu wiele różnych systemów rozpoznania. Poszczególne systemy w zależności od potrzeb mogą być wykorzystywane oddzielnie lub w sposób zintegrowany. Dla minimalizacji czasu obiegu informacji jak również interpretacji danych poszczególne

systemy z rozpoznania działają w zautomatyzowanym systemie rozpoznania i transmisji danych wykorzystując elektroniczne maszyny cyfrowe.

Jednym z podstawowych dynamicznie rozwijających się w ostatnim okresie systemów rozpoznania jest rozpoznanie termalne. Oparte jest ono na wykorzystaniu w technice rozpoznawczej części widma elektromagnetycznego w przedziale promieniowania podczerwonego. Rozpoznanie termalne w państwach NATO prowadzone jest przez wojskoweⁱ cywilne organa rozpoznawcze. Wyniki rozpoznania wykorzystane są dla potrzeb sił zbrojnych i wielu dziedzin gospodarki narodowej.

Równolegle z rozwojem sił i środków rozpoznania termalnego państwa NATO prowadzą intensywne prace naukowo-badawcze nad rozwojem środków i systemów przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu potencjalnego przeciwnika. Prace naukowo-badawcze jak również wprowadzone w wyposażenie wojsk środki i systemy przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu zgodnie z obowiązującymi w armiach państw NATO regulaminami i przepisami objęte są tajemnicą państwową i wojskową.

Podstawowym celem przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu jest paraliżowanie lub co najmniej ograniczenia możliwości /efektywności/ rozpoznania termalnego prowadzonego przez potencjalnego przeciwnika, a przez to ochronę wojsk i obiektów przed rażącym działaniem środków walki.

Aktualnie siły zbrojne państw NATO dysponują wieloma aktywnymi i pasywnymi środkami i systemami przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu.

Teoretycy wojskowi państw NATO stwierdzają że o skuteczności przeciwdziałania rozpoznaniu w tym termalnemu a zwłaszcza maskowaniu wojsk i obiektów decydować będzie różnorodność form i metod jego stosowania. Przedsięwzięcia maskowania powinny być ściśle

łączone z prowadzeniem wojny psychologicznej, aby upewnić przeciwnika o wiarygodności zdobytych przez niego nie zawsze prawdziwych wiadomości. Wszystkie prace maskownicze powinny być prowadzone z maksymalną realnością i dostosowane do danej sytuacji taktyczno-operacyjnej.

Środki i systemy rozpoznania i maskowania zostały wypróbowane zwłaszcza przez siły zbrojne USA w wojnie wietnamskiej i na płw. arabskim. Uzyskane rezultaty spowodowały dynamiczny rozwój nowych bardziej efektywnych środków i systemów rozpoznania i przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu wykorzystując w tym celu najnowocześniejsze osiągnięcia współczesnej techniki i sztuki operacyjnej.

W niniejszym opracowaniu na podstawie studium dostępnej literatury przedmiotu, jak również wynikających z niej wniosków przedstawiono krótki rys. historyczny rozwoju środków i systemów rozpoznania termalnego, określono miejsce, rolę, istotę i jego znaczenie w ogólnym systemie rozpoznania. Podano charakterystykę podstawowych /zdaniami autorów najważniejszych/ aktualnie wykorzystywanych przez siły zbrojne państw NATO systemów rozpoznania termalnego oraz ich możliwości i funkcjonowanie w strukturze organizacyjnej wojsk. W opracowaniu uwzględniono też charakterystykę wybranych środków i systemów przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu oraz poglądy na sposoby i zakres ich wykorzystywania na przyszłym polu walki.

1. MIEJSCE. ROLA. ISTOTA I ZNACZENIE ROZPOZNANIA TERMALNEGO W OGÓLNYM SYSTEMIE ROZPOZNANIA

1.1. Rys historyczny rozwoju środków i sposobów rozpoznania w podczerwieni

Rozpoznanie w nocy oraz w trudnych warunkach atmosferycznych - to problemy, które od lat znajdują się w kręgu zainteresowań wojsk, głównie zaś ich sił rozpoznania. Kierunki badań w tym zakresie, jakie obserwuje się w ostatnich kilkudziesięciu latach, są dość różne. Niewątpliwie pierwszy bardzo obszerny dział obejmujący kamery fotograficzne nocne. Możliwość rozpoznania nocnego uzyskuje się w nich poprzez ~~z~~ zastosowanie bardzo czułych materiałów fotograficznych jak również filmów z ~~XXXXX~~ rozszerzoną czułością w zakresie promieniowania podczerwonego. Najlepsze wyniki jakie osiąga się za pomocą tej techniki otrzymuje się w okresie czasu bezpośrednio przed ^{co} świtem, nie zawsze jest wygodne ponadto znacznie ogranicza możliwości prowadzenia rozpoznania wojskowego.

Dlatego możliwości wykorzystania kamer nocnych następnie rozszerzono poprzez zastosowanie różnych sposobów podświetlania terenu. Do najczęściej stosowanych źródeł światła należały: fotobomby /pociski świetlne/, reflektory błyskowe, a ostatnio - źródła światła spójnego pracujące zarówno w widzialnej, jak i w bliskiej podczerwonej części widma elektromagnetycznego. Techniki te są stosowane do dzisiaj, chociaż wielu specjalistów twierdzi /niewątpliwie słusznie/, że podświetlanie terenu w dużym stopniu demaskuje samolot rozpoznawczy i ułatwia jego zniszczenie przez przeciwnika.

Drugi obszerny kierunek rozwoju sposobów rozpoznania w trudnych warunkach atmosferycznych oraz w nocy obejmuje środki aktywne wymagające podświetlenia promieniami podczerwonymi połączone ze wzmocnieniem obrazu metodami elektrooptycznymi oraz środki

pasywne nie wymagające stosowania podświetlenia lecz również oparte na wzmacniaczach obrazu. Kierunki poszukiwań w tym zakresie były różne. Jedno z pierwszych urządzeń umożliwiające otrzymanie obrazu optycznego w obszarze podczerwieni - to ewaporograf skonstruowany w toku 1929 przez M. Czernego we Frankfurcie, wykorzystujący zjawisko wyparowania cieczy. Obraz powstawał w cienkiej warstewce oleju parafinowego, który pod wpływem ciepła, wytwarzanego przez promieniowanie podczerwone, wyparowywał. W miejscach o wyższej temperaturze w warstewce oleju powstawały większe wgłębienia, niż w miejscach o temperaturze niższej. W wyniku tego rzeźba powierzchni warstewki olejowej odpowiadała obrazowi niesionemu przez promieniowanie podczerwone.

Od czasu powstania pierwszych ewaporografów obserwuje się na świecie dążenia do konstruowania coraz doskonalszej aparatury pracującej w podczerwieni, wykorzystując do tego celu różne zjawiska fizyczne oraz różne zasady pracy. Ogólnie badania rozwijały się w następujących kierunkach:

- 1/ dążenie do konstrukcji aparatury pracującej przy niskim poziomie oświetlenia oraz
- 2/ dążenie do konstrukcji aparatury termalnej, wykorzystującej długofalowe promieniowanie podczerwone /cieplne/.

W latach pięćdziesiątych powstał trzeci kierunek, wykorzystujący możliwości promieniowania obiektów aktywnych termicznie w paśmie fal submilimetrowych i milimetrowych. Jest to tzw. radiotermolokacja /lub radiolokacja pasywna/.

Powracając do historii konstrukcji i aparatury rozpoznawczej przeznaczonej do rozpoznania w nocy oraz w trudnych warunkach atmosferycznych dalej należy wymienić aparaturę pracującą przy niskim poziomie oświetlenia, skonstruowaną w latach trzydziestych

we Francji. Podobną kamerę, lecz z ulepszoną fotokatodą, skonstruowano następnie w Stanach Zjednoczonych AP. W latach pięćdziesiątych w Anglii i USA skonstruowano szereg przetworników ze wzmacniaczem obrazu, a w roku 1960 - kamerę termalną w Holandii. W następnych latach pojawia się szereg urządzeń w wielu krajach; urządzenia te stanowią już rzeczywistość i są często stosowane do dzisiaj.

Aktualny stan techniki termalnej jest zgodny z wymienionymi wyżej kierunkami badań, dlatego aparaturę **pracującą** w warunkach nocnych oraz w trudnych warunkach atmosferycznych można podzielić na trzy następujące grupy:

1. Aparatura pracująca przy niskim poziomie oświetlenia;
2. Aparatura termalna;
3. Aparatura radiotermalna.

Ponadto w dalszym ciągu znajdują zastosowanie kamery fotograficzne dzienne fotografujące na materiałach fotograficznych **uczulonych** w podczerwieni bliskiej $/0,7-1,3 \mu\text{m}/$, jak również podobna aparatura **pracująca** w nocy przy sztucznym oświetleniu terenu za pomocą podczerwonych źródeł światła. Zaś do obserwacji terenu w dalszym ciągu można się spotkać ze stosowaniem przyrządów optycznych z podświetlaniem w paśmie podczerwieni **/tzw. noktowizory/**.

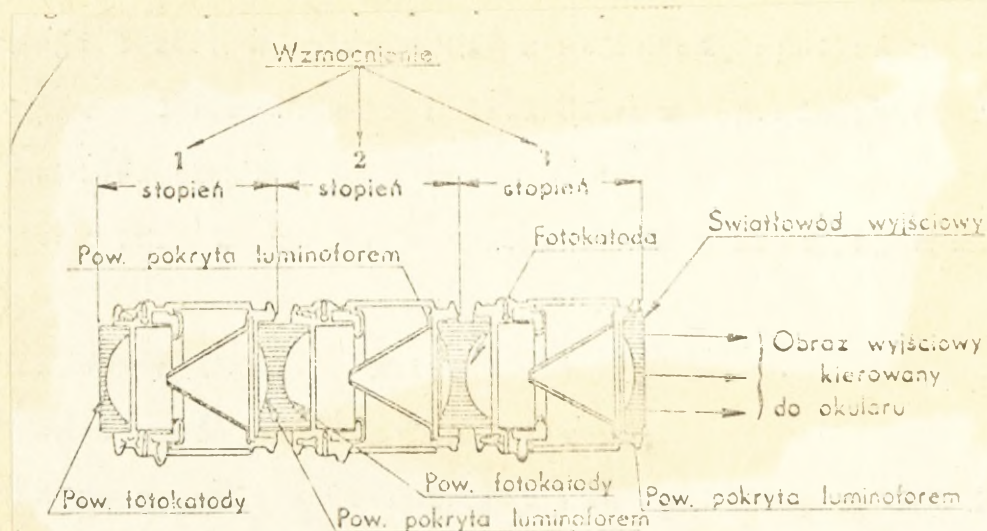
Aparatura ta znajduje zastosowanie w następujących przypadkach:

1. do obserwacji pola walki;
2. do rozpoznania przeciwnika i terenu;
3. do naprowadzaniaⁱ samonaprowadzania pocisków, rakiet i bomb na cel.
4. do wykrywania startów rakiet, wybuchów jądrowych i jako inne **czujniki termalne**.

W rozpoznaniu największe znaczenie posiada aktualnie aparatura termalna dlatego zgodnie z tematem jej poświęca się dalsze rozważania, zaś dla całości problemu uwzględnia się również inne techniki, lecz traktuje się je informacyjnie.

Aktywna aparatura noktowizyjna pracująca w podczerwieni cieplnej w dalszym ciągu jest na wyposażeniu wielu wozów bojowych. M.in. znajduje się w czołgu M60 A-1 USA oraz w Leopardzie RFN. Jej zasięg - około 3000 m. Ogólnie ocenia się ją jako aparaturę noktowizyjną generacji zerowej.

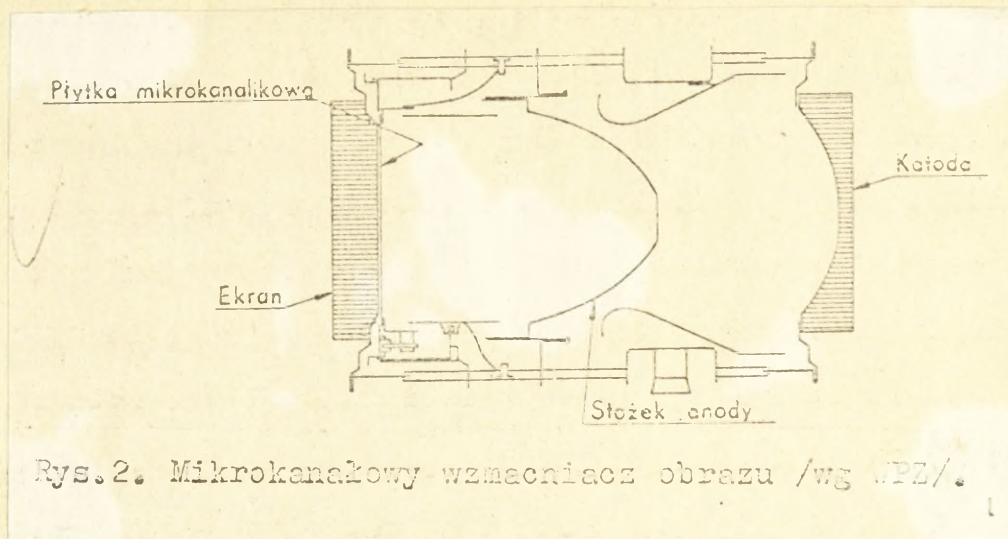
Działanie aparatury pracującej przy niskim poziomie oświetlenia polega na wzmocnieniu promieniowania naturalnego w paśmie bliskim podczerwonym i widzialnym, odbitego od przedmiotów obserwowanych w warunkach nocnych. W zależności od istniejących warunków wykorzystuje się do tego celu następujące źródła światła naturalnego: świecenie księżyca, poświata niebieska oraz świecenie gwiazd. Na rys. 1 przedstawiono schemat takiego przyrządu.



Rys.1. Trójkaskadowy wzmacniacz obrazu /wg WPZ/.

Składa się on z obiektywu, okularu, trójkaskowego wzmacniacza elektrooptycznego oraz Źródła prądu o wysokim napięciu. Obraz terenu jest rzutowany przez obiektyw na fotokatodę, wykorzystując do tego celu optykę włóknistą /światłowody/. Elektrony wytracone przez kwanty światła są ogniskowane i przyspieszane przez układ elektrooptyczny, następnie oświetlają warstewkę luminoforową na ekranie. Promienie świetlne postępują z luminoforom przez płytkę włóknistą na fotokatodę drugiej kaskady wzmacniacza, gdzie kolejność działania jest taka sama. Następnie, po przejściu przez trzecią kaskadę wzmacniacza, na ekranie pojawia się obraz, który można obserwować przez okular, względnie zarejestrować na błonie światłoczułej za pomocą specjalnej przystawki fotograficznej. Wzmocnienie jasności /lub jaskrawości/ obrazu na ekranie osiąga krotność rzędu dziesiątków tysięcy, w porównaniu z obrazem pierwotnym /ok. 40000%. Jako przykład tego typu aparatury można przytoczyć urządzenia noktowizyjne firmy Perkin - Elmer /USA/. Wariant aparatury przeznaczonej do obserwacji pola walki charakteryzuje się następującymi parametrami: kąt pola widzenia - 20°, powiększenie 1,4 x, zdolność rozdzielcza - 0,4 miliradiany, waga 4,7 kg. Drugi wariant - do fotografowania terenu - posiada obiektyw lustrzany o ogniskowej 152 cm i przysłonę 1:3; przyrząd waży około 120 kg i posiada przystawkę telewizyjną umożliwiającą przesyłanie obrazu do ośrodków naziemnych.

Urządzenia wielokaskadowe należą do pierwszej generacji przyrządów noktowizyjnych. W ostatnich latach pojawiły się urządzenia oparte na mikrokanałowych wzmacniaczach jasności. Wzmocnienie jest jednoetapowe, umożliwia osiągnięcie wzmocnienia rzędu 35 000 razy. Ponadto obraz cechuje się mniejszymi błędami geometrycznymi. Są to urządzenia drugiej generacji, zastępujące aktualnie pierwszą generacją przyrządów noktowizyjnych /rys. 2/.



W aparaturze radiotermalnej /radiotermolokacyjnej / wykorzystuje się zjawisko promieniowania własnego tych wszystkich ciał, których temperatura jest większa od zera bezwzględnego. Promieniowanie każdego ciała odbywa się w szerokim paśmie spektrum elektromagnetycznego i tylko jego niewielka część /setna lub tysięczna część/ przypada na fale submilimetrowe i milimetrowe. Wykorzystując niezwykle czułe odbiorniki tego promieniowania /radiometry/ i specjalne sposoby filtracji, promieniowanie to można wydzielić na tle szumów własnych odbiornika, a następnie otrzymać obraz. Np. aparatura radiotermalna typu AN /AAR-33 /produkcji USA/ pracuje na zasadzie analizy wierszowej terenu w paśmie fal dwucentymetrowych. Umożliwia rejestrowania różnic tzw. temperatur pozornych już rzędu $1,75^{\circ}\text{K}$. W skład kompletu aparatury wchodzi dwa urządzenia samopiszące: jedno - rejestruje obraz radiotermalny, a drugie - temperaturę pozorną terenu wzdłuż trasy przelotu. Z wysokości 360 m urządzenie to umożliwia sfotografowanie pasa terenu o szerokości 1300 m. W ostatnim dziesięcioleciu wyżej opisane rodzaje aparatury rozpoznawczej wzbogaciła radiolokacyjna aparatura obrazowa, reprezentowana głównie przez radar z boczmy wybieraniem obrazu /SLAR -

Side Looking Airborn Radar/, radar boczny z anteną syntetyczną oraz radar holograficzny. Są to jednak urządzenia aktywne w których nie uczestniczy długofalowe promieniowanie podczerwone /temperaturowe/, dlatego urządzenia te nie mieszczą się w ramach tematu i nie będą dalej rozpatrywane, chociaż służą do rozpoznania w nocy oraz w trudnych warunkach atmosferycznych. Na rys. 3 przedstawiono główne techniki otrzymywania zdjęć i obrazów w pasie fal elektromagnetycznych stosowane w rozpoznaniu lotniczym i satelitarnym.

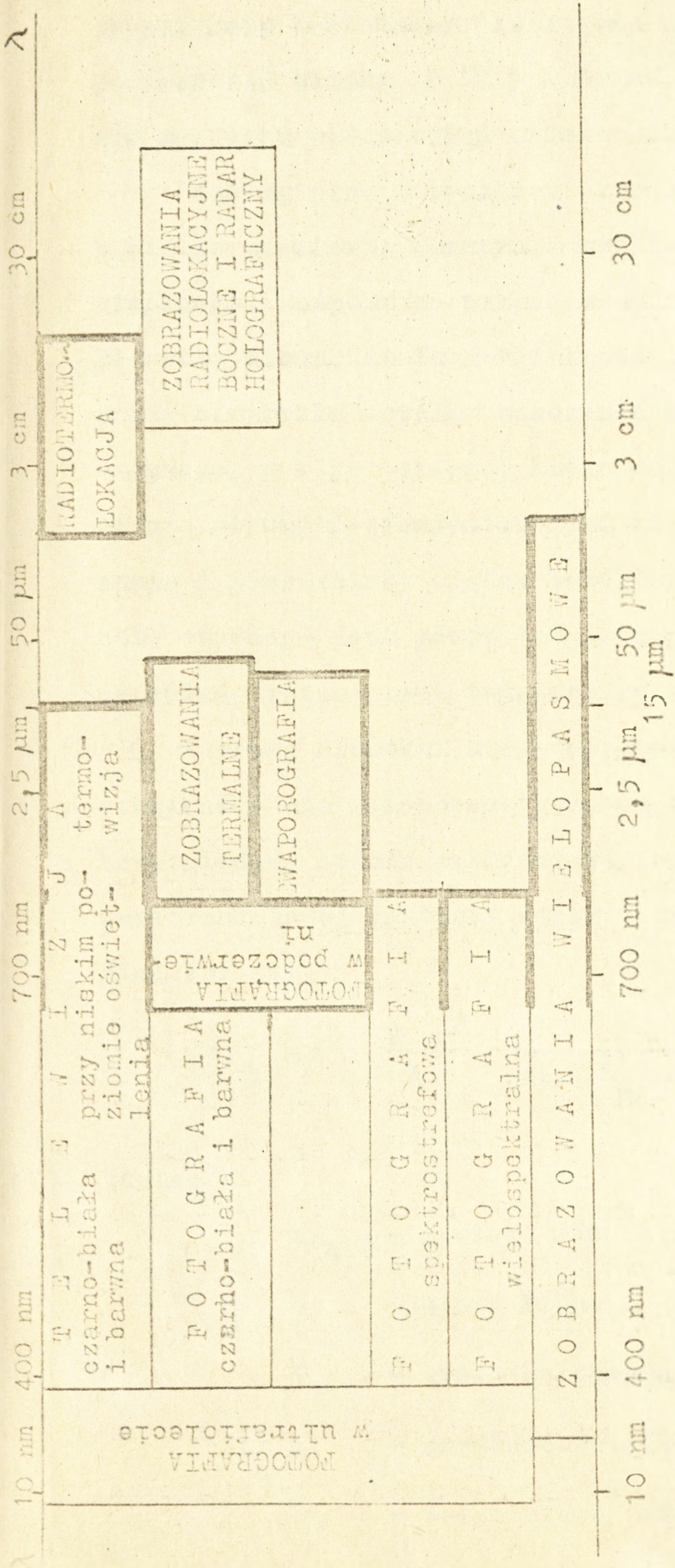
Poszczególne techniki umiejscowiono w zależności od długości fal promieniowania wykorzystywanego do otrzymywania zdjęć lub obrazów.

Dla właściwego objaśnienia istoty działania oraz sposobów zastosowania aparatury termalnej niezbędne jest przypomnienie kilku praw fizycznych charakteryzujących zarówno promieniowanie cieplne w podczerwieni, jak i zasady jego detekcji.

1.2. Właściwości fizyczne promieniowania podczerwonego

Ciepło - jako jedną z form przekazywania energii ~~zawład~~ na termodynamicznym - można przedstawić w postaci energii nieuporządkowanej ruchu molekuł, z których składa się dane ciało w różnych stanach jego skupienia. W zależności od temperatury ciała zmienia się prędkość i energia cząsteczek wydzielana przy ich zderzeniach. Od temperatury ciała i stanu jego powierzchni zależy wielkość kwantu energii emitowanej przez ciało, a więc i długość fali świetlnej.

Obszar promieniowania podczerwonego obejmuje fale elektromagnetyczne o długości od 0,74 μm do 1000 μm , a według niektórych źródeł nawet do 2000 μm . Dla potrzeb rozpoznania termalnego



Rys. 3. Główne techniki otrzymywania zdjęć i obrazów w widmie fal elektromagnetycznych. Ma schemacie uwypuklono techniki termalne i podczerwone.

W. V. I.

wykorzystuje się mniejszy zakres, kończący się na falach o długości 15 μm . Cały ten obszar podzielono umownie na trzy części: podczerwień bliską /0,74 - 2,5/ μm /, podczerwień średnią /2,5 - 5,0 μm / oraz podczerwień daleką /5,0 - 15 μm /.

Szereg praw fizycznych określa właściwości promieniowania w podczerwieni oraz warunkuje możliwości otrzymania i jakość obrazu cieplnego. Dotyczy to przede wszystkim takich praw, jak prawo Plancka, Wiena, Stefana-Boltzmana i Kirchhofa. W fizyce promieniowania niezwykle istotne znaczenie ma pojęcie ciała doskonale czarnego, a więc takiego, które całkowicie pochłania padający na nie strumień promieniowania, niezależnie od składu promieniowania i temperatury ciała. Współczynnik pochłaniania ciała doskonale czarnego jest równy jedności, zaś jego promieniowanie jest określane tylko przez temperaturę.

Z prawa Plancka, które wyraża zależność zdolności emisyjnej promieniowania monochromatycznego od długości fali i temperatury bezwzględnej źródła promieniowania, można określić wartość powierzchniowej gęstości strumienia promieniowania dla każdej długości fali.

$$m_{\lambda, T} = \frac{2 c^2}{\lambda^5} \frac{h}{\exp\left(\frac{h c}{k \lambda T}\right) - 1} d\lambda \quad /1/$$

gdzie:

$m_{\lambda, T}$ - gęstość monochromatyczna emitancji promienistej;

h - stała Plancka / $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ J.s/;

k - stała Boltzmana / $k = 1,38054 \cdot 10^{-23}$ J/K/;

c - prędkość światła w próżni / $c = 2,99793 \cdot 10^8$ m/s/

T - temperatura ciała doskonale czarnego / K^0 /;

λ - długość fali promieniowania

Jeśli zróżniczkować wzór Plancka po λ i wyznaczyć ekstremum funkcji, to otrzymuje się prawo przesunięć Wiena określające długość fali, przy której promieniowanie osiąga maksimum

$$\lambda = \frac{2897,8}{T} \quad /2/$$

Prawo Stefana - Boltzmana umożliwia obliczenie całkowitej gęstości strumienia promieniowania /emisyjności promienistej/ wysyłanego przez ciało doskonale czarne o danej temperaturze T:

$$\int_0^{\infty} m_{\lambda, T} d\lambda = \sigma T^4 \quad /3/$$

gdzie:

σ - stała Stefana-Boltzmana / $\sigma = 5,6699 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ /.

Zależność pomiędzy zdolnością emisyjną i absorpcyjną ciała ustala prawo Kirchhofa, które z kolei podaje, że stosunek zdolności emisyjnej do absorpcyjnej nie zależy od budowy ciała, a jest jedynie funkcją długości fali i temperatury.

Formułując podstawowe zależności promieniowania cieplnego prawa te sprawiają, że ich znajomość umożliwia właściwe zastosowanie aparatury, a następnie interpretację obrazów cieplnych /termalnych/. Powyższe zależności charakteryzują ciała doskonale czarne. Wielkość i skład spektralny energii promieniowania ciał rzeczywistych w zasadzie odbiegają od tych samych parametrów dla ciał doskonale czarnych. Różnice wynikają w głównej mierze ze zdolności emisyjnej ciał / ϵ /, zależnej od ich właściwości fizycznych. Właściwości te służą do identyfikacji różnych obiektów na podstawie promieniowania wysyłanego przez nie, należy tylko znać wielkość i skład energii emitowanej przez nie w zakresie podczerwieni.

Jeśli zmodyfikować wzór /1/ poprzez wprowadzenie czynnika określającego właściwości emisyjne danego ciała, to wyrażenia na gęstość monochromatyczną emitancji promienistej dowolnego ciała przyjmie postać:

$$m/\lambda, T/ = \frac{C_1}{\lambda^5} \frac{\epsilon / \lambda, T/}{\exp / C_2 : \lambda T/ - 1} d\lambda \quad /4/$$

gdzie, dla uproszczenia oznaczyliśmy:

$$C_1 = 2\pi hc^2$$

$$C_2 = \frac{hc}{k}$$

Zdolność emisyjna ciał zależy od szeregu różnych czynników. Do ważniejszych z nich należą: rodzaj ciała, jego skład chemiczny, stan powierzchni, kierunek obserwacji powierzchni promieniującej, stopień nawilgotnienia, sposób obróbki cieplnej i inne. Duże zróżnicowanie ciał pod względem powyższych czynników sprawia, że nie można ustalić ogólnej zależności wyrażającej zdolność emisyjną dlatego zazwyczaj $\epsilon(\lambda, T)$ określa się różnymi sposobami pośrednimi, dość często w sposób empiryczny.

Najogólniejszy wniosek, jaki można wysunąć z powyższych rozważań, wyraża się stwierdzeniem, że wszystkie ciała o temperaturze większej od zera bezwzględnej są źródłami promieniowania cieplnego, a wielkość dawki tego promieniowania, zakres jego częstotliwości, maksimum gęstości spektralnej oraz zdolność emisyjna i absorpcyjna - zależą od szeregu właściwości fizycznych danego ciała, głównie zaś od jego temperatury bezwzględnej, dlatego znajomość temperatury umożliwia określenie rodzaju, cech i wielu właściwości badanych obiektów.

Wielkość dawki promieniowania podczerwonego odbieranego przez detektor zależy od tła oraz ośrodka w którym prowadzi się rozpoznanie termalne.

W warunkach ziemskich tłem jest powierzchnia ziemi i elementy jej pokrycia, zaś ośrodkiem - atmosfera ziemską. Zależnie od długości fali, atmosfera w różnym stopniu pochłania promieniowanie podczerwone. Istnieje kilka "okien" atmosferycznych, przez które przechodzi maksimum promieniowanie /rys. 4/. Znajdują się one w następujących przedziałach widma: $0,76 - 1,5 \mu\text{m}$, $2,0 - 2,5 \mu\text{m}$, $3,2 - 4,2 \mu\text{m}$, $4,5 - 5,2 \mu\text{m}$ oraz $8-14 \mu\text{m}$. Dla fal dłuższych aż do $1500 \mu\text{m}$ atmosfera jest nieprzezroczysta. Przedział od $2,0$ do $5,0 \mu\text{m}$ nazwano pierwszym, a przedział od 8 do $14 \mu\text{m}$ drugim oknem atmosferycznym. Ponadto możliwości rozpoznania /i maskowania/ w podczerwieni zależą do stanu atmosfery, a głównie od obecności w niej związków ciekłych i stałych, jak: para wodna, mgły, pyły techniczne, aerozole itp.

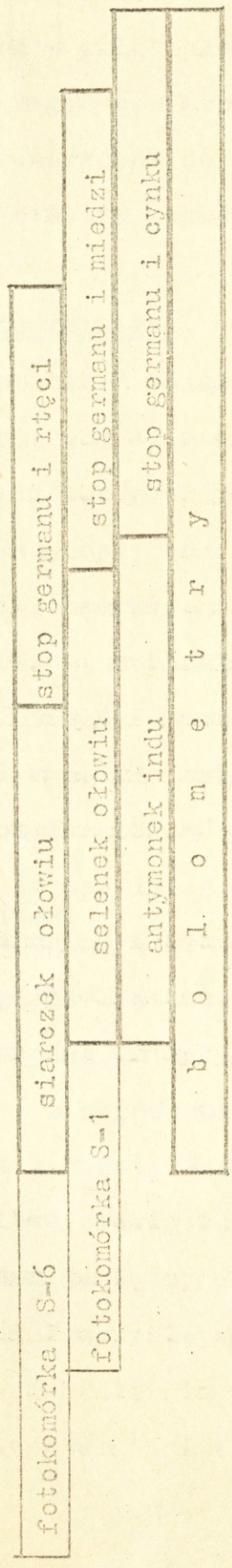
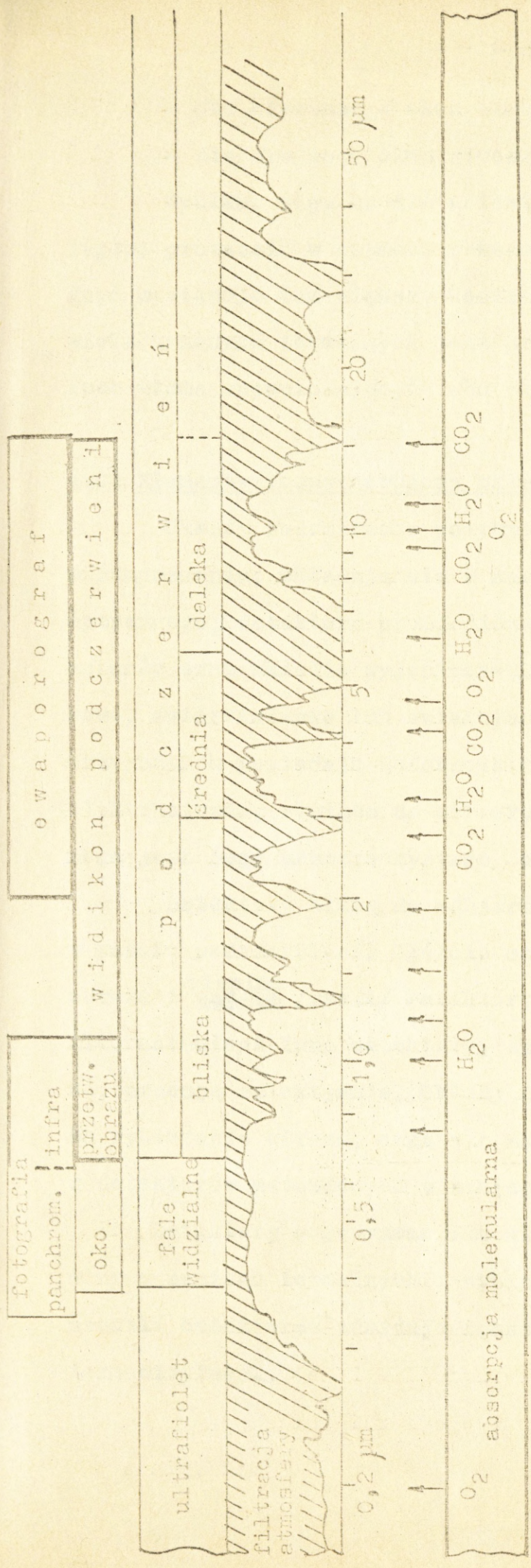
Na powierzchni ziemi spotykamy się ze źródłami promieniowania cieplnego naturalnego i sztucznego. Do naturalnych należą źródła kosmiczne /słońce, planety, gwiazdy/ i naziemne /fauna, flora, powierzchnia ziemi, wody/. Źródła sztuczne /cieplne, luminescencyjne, łuki elektryczne, generatory kwantowe/ powodują powstawanie tzw. anomalii cieplnych.

W pasie wykrywania obiektów naziemnych istotną rolę odgrywa kontrast cieplny, jaki istnieje pomiędzy obiektem i tłem. Określa się go w sposób podobny jak dla fotografii tradycyjnej:

$$K = \frac{M_o - M_t}{M_o + M_t} \quad /5/$$

gdzie: M_o i M_t - są odpowiednio emitancją obiektu i tła.

W warunkach naturalnych różnice temperatur pomiędzy obiektem i tłem rzadko przekracza $\pm 20^\circ\text{K}$; większe różnice występują przy anomaliiach cieplnych. Jeśli obliczyć wielkość kontrastu przy różnicy $\Delta T = 10^\circ\text{K}$ dla pierwszego i drugiego okna atmosferycznego, to okaże się, że:



Rys. 4. Detektory obrazu oraz detektory cieplne na tła filtracji i absorpcji atmosferycznej.

- dla pierwszego okna atmosferycznego - $K = 0,172$

- dla drugiego okna atmosferycznego - $K = 0,074$

Wynika, więc że dla obiektów gorących rozpoznanie termalne lepiej prowadzić w pasmach wchodzących w skład pierwszego okna, gdyż występuje tam większy kontrast. Mając powyższe na względzie wiele urządzeń termalnych jest przystosowanych do pracy w zakresach widma odpowiadających obu oknom atmosferycznym.

1.3. Elementy rozpoznawczego układu termalnego

Układy podczerwone pasywne /termalne/ mające zastosowanie w rozpoznaniu, składają się z następujących elementów: układu optycznego, detektora promieniowania, układu elektronicznej obróbki sygnału oraz układów wyjściowych. Układy optyczne mogą być soczewkowe, zwierciadłowe lub zwierciadłowo-soczewkowe. W niektórych przypadkach posiadają dodatkowe urządzenia mechaniczne lub elektroniczne, służące do wybierania obrazu. Istotą układu optycznego jest jego przezroczystość w całym paśmie czułości detektora.

Detektory służą do odbioru promieniowania postępującego w paśmie podczerwieni. Ogólnie można je podzielić na detektory obrazu i ~~wyiskła~~ ^{cieplne} /rys.4/ Detektory ~~ogólne~~ ^{cieplne} mogą pracować nieselektywnie, natomiast inne detektory, szczególnie detektory fotoelektryczne, pracują selektywnie. Układy detekcyjne, w zależności od sposobu wybierania obrazu, mogą się składać z pojedynczych detektorów, z detektorów ustawionych w szereg lub z mozaik detektorów.

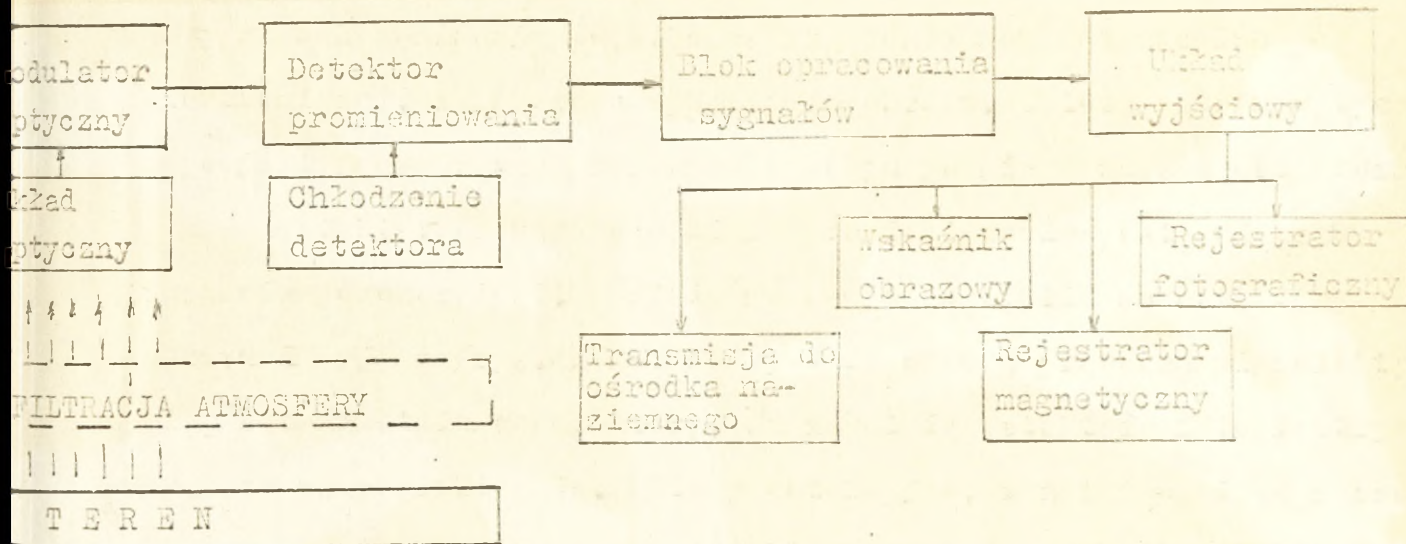
Detektory pojedyncze lub ustawione szeregowo są stosowane w urządzeniach termalnych z wybieraniem liniowym /I RLS/, natomiast mozaiki detektorów znajdują ponadto zastosowanie w aparaturze termowizyjnej.

Niezwykle istotną sprawą jest chłodzenie detektorów. Np. temperatura robocza detektorów fotowoltaicznych opartych na antymónku indu wynosi 77°K , detektorów germanowych - 50°K .

W układzie obróbki elektronicznej impulsy podlegają wzmocnieniu i przetworzeniu. Następnie postępują do układów wyjściowych gdzie następuje ich wizualizacja i rejestracja.

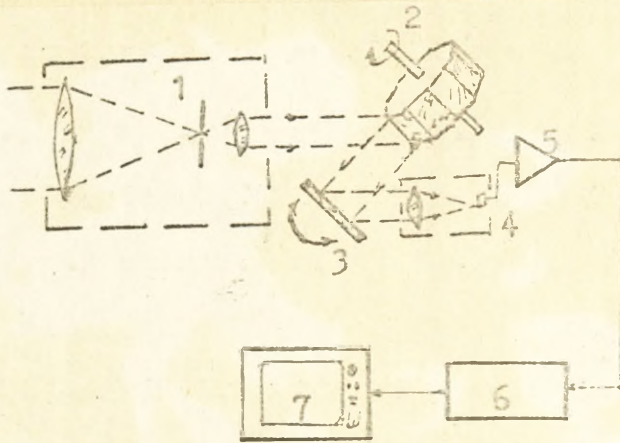
W szczególności obraz termalny może być zapisany fotograficznie, podany na wskaźniku ~~obrazowym~~ ^{obrazowym}, zapisany w sposób numeryczny lub na taśmie magnetycznej, względnie przekazany bezpośrednio do elektronicznej maszyny cyfrowej, gdzie następuje jego obróbka i wydanie wyników, zgodnych z celem rozpoznania termalnego.

Schemat blokowy takiego układu termalnego przedstawiono na rys. 5.



rys. 5. Schemat blokowy układu podzeserwanego.

W rozpoznaniu urządzenia tego typu wykorzystuje się albo do obserwacji przedniej, jako tzw. termowizji albo do otrzymywania obrazów terenu metodą wybierania liniowego. Zasada działania aparatury termowizyjnej przedstawiono na rys. 6.

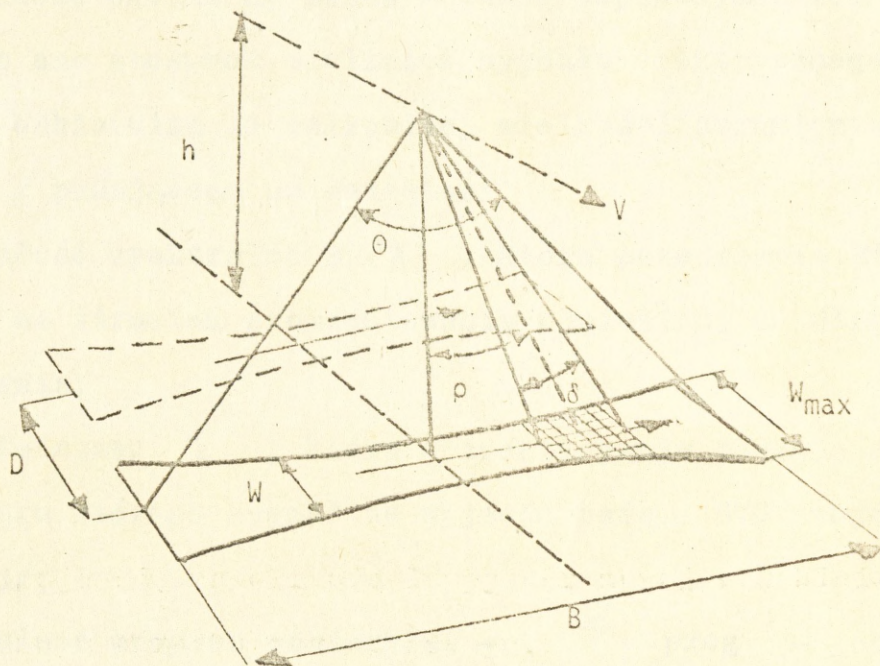


Rys.6. Schemat blokowy aparatury termalnej typu FLIR: 1- układ optyczny, 2 - zwierciadło obrotowe modulatora, 3 - zwierciadło wybierające, 4 - detektor podczuwieni, 5 - wzmacniacz, 6 - przetwornik sygnałów, 7 - wskaźnik obrazowy.

Obraz otrzymuje się na ekranie lampy obrazowej w kabinie pilota lub w naziemnym ośrodku rozpoznawczym.

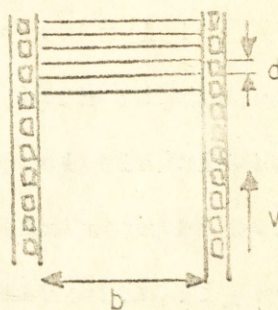
Zasadę działania urządzeń drugiego typu przedstawia rys.7. W układzie optycznym znajduje się zwierciadło lub pryzmat wirujące poprzecznie do kierunku lotu. W trakcie jednego obrotu zwierciadła /lub pryzmatu/ następuje zbiór informacji z wąskiego paska terenu, ułożonego poprzecznie do kierunku lotu; przejście do wybierania obrazu z następnego paska odbywa się kosztem ruchu postępowego samolotu. Dla zachowania ciągłości obrazu niezbędna jest synchronizacja prędkości lotu z ruchem obrotowym zwierciadła. Sygnały po odpowiednim przetworzeniu się zapisywane wiersz po wierszu /rys. 7 / w specjalnym urządzeniu fotograficznym. W wyniku tego otrzymuje się ciągły obraz terenu na podobnej zasadzie, jak zdjęcie wykonanie kamerą szczelinową.

A. Geometria wybierania liniowego



- V= prędkość samolotu
- v= prędkość filmu
- h= wysokość lotu
- θ = kąt wybierania
- δ = elementarne pole obrazu
/powierzchnia uczulona/
- D= odstęp wybierania w terenie
- d= odstęp wybierania na filmie
- B= długość linii w terenie
- b= długość linii na filmie
- W= szerokość linii w terenie
- ρ = bieżący kąt wybierania

B. Zasada fotografowania



Rys.7. Zasada działania aparatury termalnej z wybieraniem liniowym /IRLS/.

Istnieje szereg parametrów charakteryzujących układ termalny, głównie dotyczą one parametrów detektorów. Ich znajomość ^{pozwala} ocenić możliwości rozpoznania termalnego prowadzonego za pomocą danej aparatury. Do zasadniczych parametrów należą:

- czułość ogólna S , zwana również współczynnikiem przetwarzania; wyraża ona stosunek wielkości sygnału elektrycznego $/U_S/$ na wyjściu odbiornika do całkowitej wielkości strumienia promieniowania $/\Phi/$ padającego na detektor;

- czułość spektralna $S(\lambda)$, która przedstawia reakcję odbiornika na strumień promieniowania odniesiony do długości fal promieniowania;

- stała czasu τ , która charakteryzuje inercję odbiornika /czas w ciągu którego sygnał na wyjściu osiąga 67% swojej wartości maksymalnej/;

- czułość progowa odbiornika - Φ_{prog} - jest taką wielkością strumienia promieniowania na wejściu odbiornika, która na jego wyjściu wywołuje sygnał równy co do wielkości szumowi;

- pasmo przepuszczania odbiornika - Δf określa przedział częstości sygnałów przepuszczanych przez układ odbiornik - wzmacniacz;

- rozdzielność temperaturowa, która określa minimalną różnicę temperatur między obiektem i tłem /lub między sąsiednimi elementami obiektu/, która może być wyróżniona przez dany układ podczerwony;

- powierzchnia uczulona - a_{odb} - jest częścią powierzchni całkowitej, na którą bezpośrednio oddziałuje strumień promieniowania; wywiera istotny wpływ na rozdzielczość kątową, wyrażaną w miliradianach.

1.4. Rodzaje aparatury termalnej oraz zakres jej wykorzystania

Jak już wspomniano wyżej współcześnie istnieje wiele technik fotograficznych i obrazowych opierających się na zastosowaniu promieniowania podczerwonego; są to:

- a/ dzienne kamery fotograficzne na podczerwień;
- b/ nocne kamery fotograficzne na podczerwień /z podświetlaniem/;
- c/ przyrządy noktowizyjne aktywne /z podświetlaniem/;
- d/ przyrządy noktowizyjne pasywne;
- e/ aparatura telewizyjna pracująca przy niskim poziomie oświetlania;
- f/ aparatura termowizyjna /w tym aparatura obserwacji przedniej typu FLIR/;
- g/ skanery termalne /typu I RLS/;
- h/ aparatura radiotermolokacyjna.

Aparatura fotograficzna i noktowizyjna pracuje w bliskiej podczerwonej części widma elektromagnetycznego, nie jest to więc w pełni znaczenia aparatura termalna.

Aparatura telewizyjna /oparta na wykorzystaniu detektorów obrazu/ pracująca przy niskim poziomie oświetlenia również przeznaczona jest dla podczerwieni bliskiej, jednak przy zastosowaniu widikonów podczerwieni może ona odbierać również promieniowanie z przedziałów podczerwieni cieplnej /termalnej/.

Pełny zakres promieniowania cieplnego obiektów przyjmują urządzenia termowizyjne, oparte na detektorach cieplnych, oraz skanery* termalne. Dlatego główny wysiłek rozpoznania termalnego polega na wykorzystaniu aparatury termowizyjnej i skanerów termalnych oraz częściowo aparatury telewizyjnej wykorzystującej podczerwone detektory obrazu.

Oprócz rozpoznania, urządzenia termalne mają zastosowanie w wielu innych dziedzinach techniki wojskowej, a między innymi jako:

- głowice termalne do samoprowadzania rakiet;
- czujniki podczerwieni w satelitarnych systemach wczesnego ostrzegania /wykrywanie startów rakiet, wybuchów nuklearnych/;
- czujniki podczerwieni w innych systemach obserwacyjnych i wykrywających rakiety, samoloty, okręty i łodzie podwodne;
- czujniki podczerwieni wykrywające obecność siły żywej i środków transportu;
- podczerwone linie łączności;
- urządzenia do maskowania przed rozpoznaniem termalnym oraz szereg innych.

W dalszym ciągu główną uwagę poświęca się termalnej aparaturze obrazowej, a więc skanerom termalnym i aparaturze termowizyjnej, uwzględniając również obecność innych urządzeń obrazowych wykorzystujących podczerwoną część promieniowania elektromagnetycznego.

2. PODSTAWOWE ŚRODKI I SYSTEMY ROZPOZNANIA TERMALNEGO W ARMIACH PAŃSTW NATO

2.1. Środki i systemy rozpoznania termalnego w armii USA oraz sposoby i zakres ich wykorzystania

Od wielu lat Stany Zjednoczone AP wykazywały zainteresowanie rozpoznaniem wykorzystującym podczerwoną część widma elektromagnetycznego. W latach 60-tych w USA osiągnięto szereg sukcesów na tym polu i wkrótce zdano sobie sprawę z niebywałych możliwości, jakie niesie w sobie rozpoznanie w podczerwieni. Odpowiednie czynniki państwowe szybko doszły do wniosku, że większe straty ponosi gospodarka amerykańska ze względu na utajnienie aparatury na podczerwień, niż mogą wynieść ewentualne straty na jakie będzie narażona obronność państwa, gdy odtajni się aparaturę termalną. Wkrótce więc odtajniono szereg urządzeń na podczerwień i oprócz rozpoznania wojskowego zaczęto je wykorzystywać w wielu dziedzinach nauki i techniki. Obecnie Stany Zjednoczone przodują w tej dziedzinie. Ich aparatura termalna znajduje się w wyposażeniu wielu amerykańskich pojazdów rozpoznawczych /w tym lotniczych i kosmicznych/, w wyposażeniu armii wielu państw należących do bloku NATO, ponadto w wielu innych krajach zakupujących amerykańskie uzbrojenie i sprzęt wojskowy.

Obecnie amerykańskie rozpoznanie termalne jest częścią składową ogólnego systemu rozpoznawczego prowadzonego zarówno jako rozpoznanie sytuacji /Battlefield Surreillance/, jak i rozpoznanie celów /Target Acquistion/.

Wykorzystuje się głównie dwa typy aparatury termalnej:

- aparaturę termalną obserwacji przedniej - FLIR /Forward Looking I-nfra Red/ oraz
- aparaturę termalną z liniowym wybieraniem obrazu I RLS

/Infra Red Lines Scane/.

Aparatura obserwacji typu FLIR jest stosowana głównie jako tzw. termowizja i wykorzystywana: na wozach bojowych - do obserwacji pola walki w złych warunkach optycznych /deszcz, dym, mgła/, jako celowniki w czołgach oraz jako celowniki w przeciwpancernych pociskach kierowanych; na śmigłowcach - do obserwacji pola walki i do walki z czołgami; na samolotach bezpilotowych - do rozpoznania pola walki i rozpoznania celów.

Do odbioru promieniowania wykorzystuje się przeważnie detektory mozaikowe. Kąt pola obserwacji aparatury wynosi zazwyczaj kilkadziesiąt stopni, często stosuje się układy optyczne ze zmienną ogniskową lub obiektywy wymienne.

Obecnie do najbardziej znanych urządzeń termalnych typu FLIR należą:

1. Aparatura FLIR produkcji firmy Honeywell. Przyjmuje ona promieniowanie w paśmie 8 - 13 μm za pomocą mozaiki 18 detektorów. Kąt pola widzenia aparatury wynosi $37^\circ \times 28^\circ$; po zmianie obiektywów otrzymuje się kąty $12^\circ \times 9^\circ$ lub $3,2 \times 2,1^\circ$. Kątowa zdolność rozdzielcza wynosi 1,025 miliradiana. Na ekranie wskaźnika zobrazowania otrzymuje się obraz o 400 liniach i po 100 punktów w każdej linii. Komplet aparatury waży 7 kg. Wykorzystuje się ją na śmigłowcu UH - 1 H /do obserwacji pola walki i do walki z czołgami/ oraz na samolocie Grumman. W USA znajduje się co najmniej 500 urządzeń tego typu; koszt pojedynczego egzemplarza - około 12.000 dolarów.

2. Aparatura FLIR produkcji firmy „Ford Aerospace and Aeronutronics”

Jest stosowana głównie jako aparatura termowizyjna i przeznaczona do obserwacji pola walki z samolotów bezpilotowych.

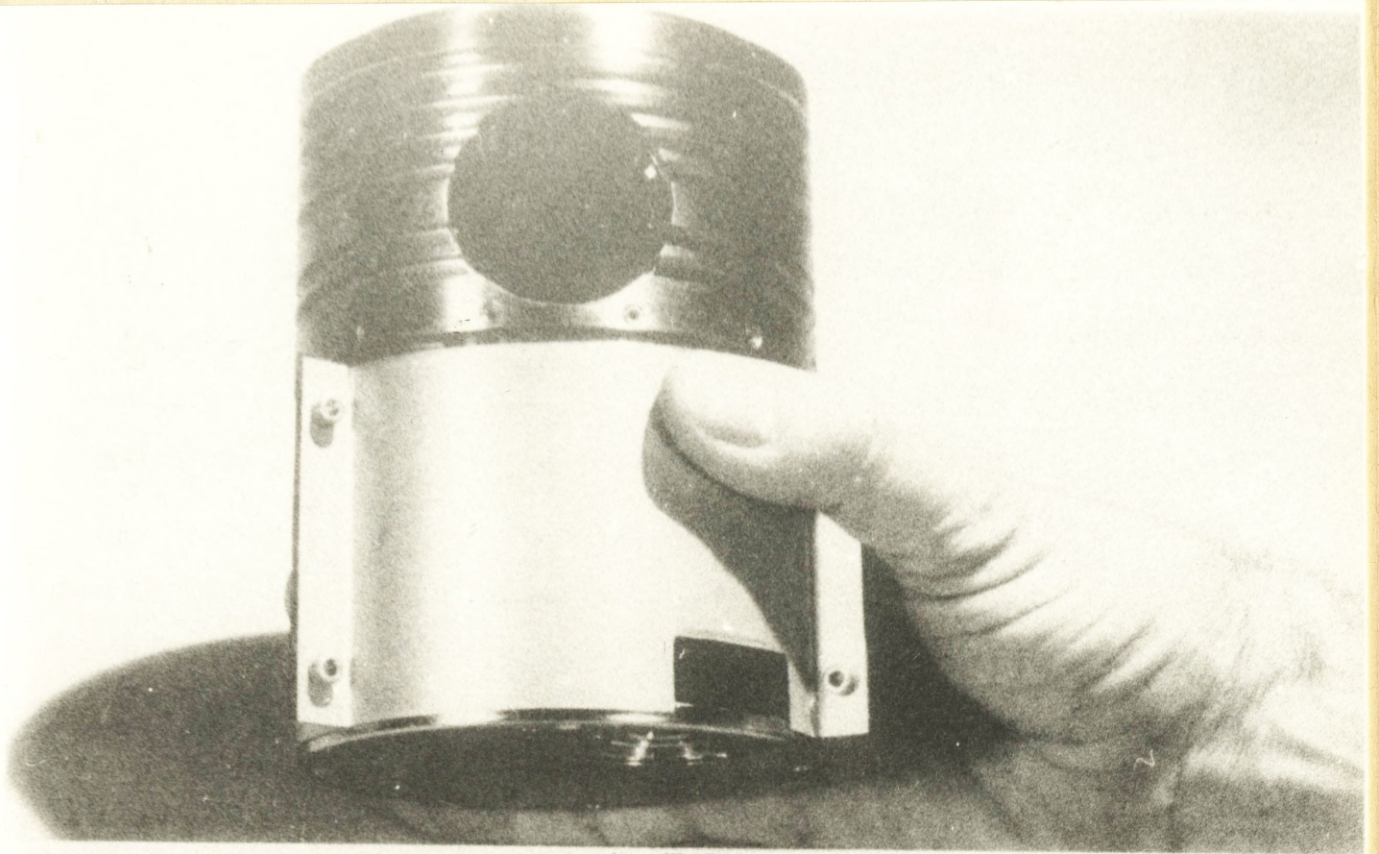


Figure 1. FLIR scanner.

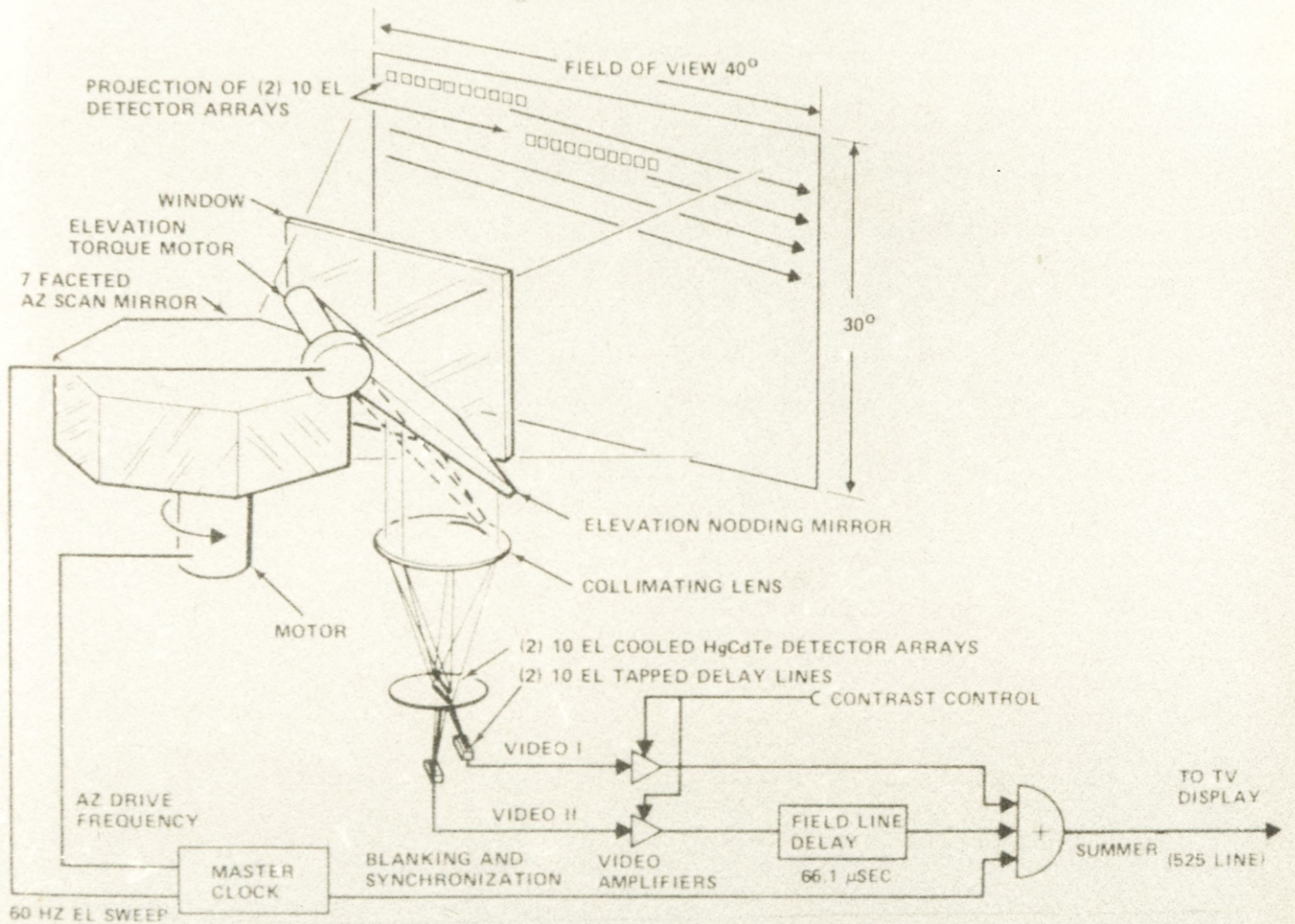


Рис.8. Aparatura typu FLIR firmy "Ford Aerospace and Aeronutronic". U góry - głowica skanera, u dołu - schemat aparatury.

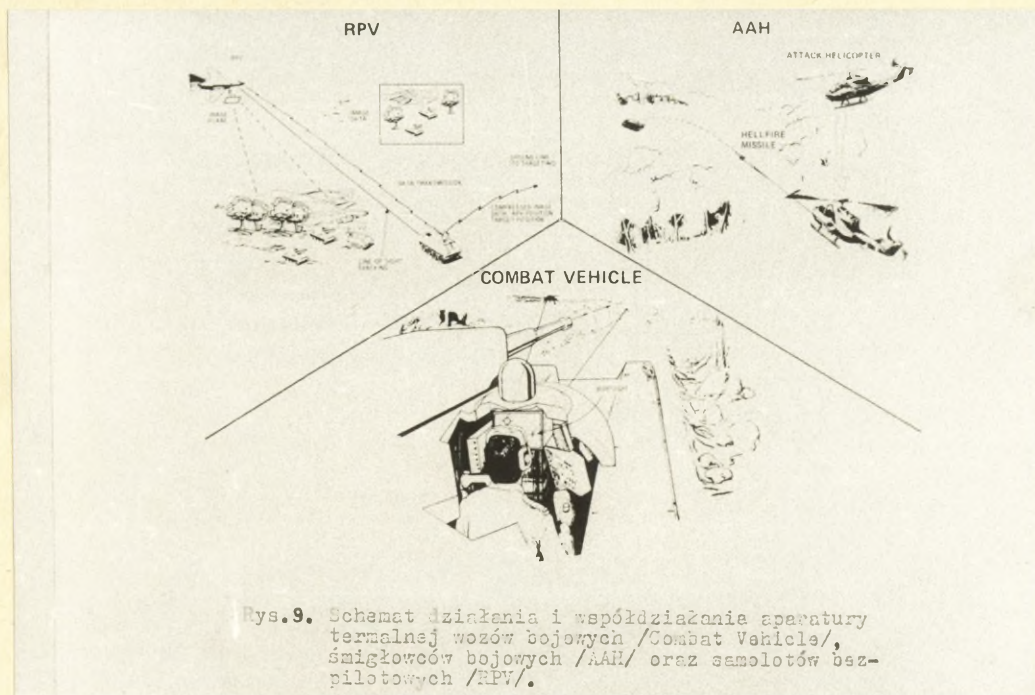
Pracuje w przedziale widmowym 8-12 μm w którym promieniowanie cieplne jest odbierane za pomocą detektora z telurku kadmowo-rtęciowego, składającego się z 20 elementów. Kąt pola widzenia wynosi $30^{\circ} \times 40^{\circ}$; rozdzielczość kątowna - 2 mrad, rozdzielczość cieplna - $0,01 - 0,05^{\circ}\text{C}$. Zespół wybierający obraz waży 1.36 kg, blok chłodzenia 2,72 kg. Aparatura ma ponadto zastosowanie w wozach bojowych.

3. Aparatura FLIR firmy Xerox jest uczulona a dwóch przedziałach widmowych: 3-5 μm oraz 8-13 μm . Promieniowanie odbierają odpowiednio detektory germanowo-rtęciowe i telurowo-kadmowo-rtęciowe. Aparatura posiada spiralny układ wybierania. Kąt pola widzenia wynosi $20^{\circ} \times 40^{\circ}$ lub $2^{\circ} \times 3^{\circ}$. Widikon obrazowy posiada 875 linii w kadrze.

Na rys. 9 przedstawiono schematycznie zasady działania i współdziałania aparatury rozpoznawczej typu FLIR umieszczonej na wozie bojowym /Combat Vehicle/, na samolocie bezpilotowym /RPV/ i na śmigłowcu bojowym /AAH/.

Aparatura termalna typu I RLS jest głównie stosowana do otrzymania obrazów cieplnych powierzchni ziemi, tym samym do rozpoznania taktycznego i operacyjnego oraz do celów kartograficznych. Umieszcza się ją za samolotach rozpoznawczych oraz na satelitach. Może być również stosowana na samolotach bezpilotowych do fotografowania i rozpoznania trasy przelotu.

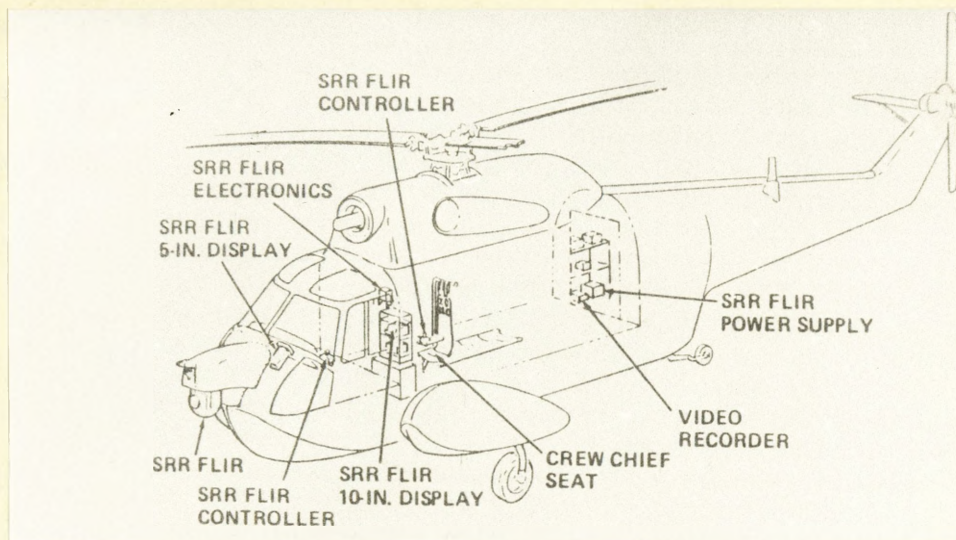
Do najbardziej znanych amerykańskich urządzeń termalnych stosowanych w wojskach należą skanery podczerwieni typu AN /AAS - 18, 21, 24 i 30 oraz AN/AAD - 2 i 5. Ponadto istnieje szereg innych amerykańskich urządzeń cywilnych lub wojskowych wykorzystywanych w USA i wielu innych krajach zakupujących amerykański sprzęt i uzbrojenie.



Rys.9. Schemat działania i współdziałanie aparatury termalnej wozów bojowych /Combat Vehicle/, śmigłowców bojowych /AAH/ oraz samolotów bezpilotowych /RPV/.

Aparatura termalna AN /AAS-18 odbiera promieniowanie w pasmach $3-5\mu\text{m}$ lub $8-13\mu\text{m}$. Brzośzuka teren w granicach kąta 120° . Składa się z czterech podzespołów: źródła prądu, odbiornika, bloku rejestratora i mechanizmu do przewijania błony fotograficznej. Oba detektory są chłodzone ciekłym helem; jeden pracuje na małych, a drugi na dużych wysokościach. Wybieranie obrazu w kierunku poprzecznym do lotu odbywa się za pomocą obrotowego zwierciadła czterograniastego. Odebrane sygnały po wzmocnieniu są podawane na ekran elektronicznej lampy

a/



b/

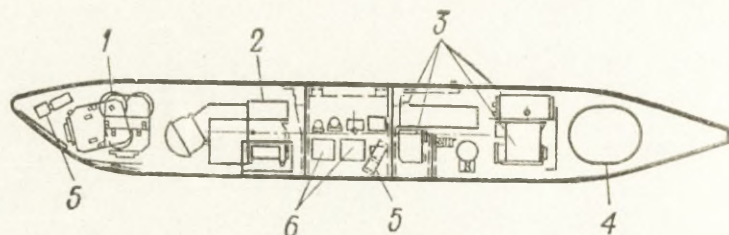


Rys.10. a/ schemat rozmieszczenia aparatury typu FLIR na śmigłowcu HH-52A; b/ typowy obraz termalny otrzymywany w nocy za pomocą tejże aparatury na wskaźniku obrazu przed pilotem.

obrazowej, gdzie powstaje obraz cieplny. Można go przefotografować na materiale światłoczułym, który opracowuje się na ziemi. **generator** Specjalny nieliniowy wprowadza **poprawki** do obrazu i usuwa częściowo błędy wynikające z metody wybierania liniowego, zapewnia tym samym otrzymanie jednolitej skali na całej powierzchni zdjęcia. Aparatura jest sterowana i stabilizowana automatycznie za pomocą sygnałów postępujących od aparatury nawigacyjnej statku powietrznego oraz od specjalnego nadajnika oceniającego stosunek V/h . Aparatura AN/AAS⁻¹⁸ umożliwia prowadzenie rozpoznania w dzień i w nocy oraz w warunkach gorszej widzialności /zangle- nie, słabe zachmurzenie, chmury rzadkie, dym/. Dla zmniejszenia wpływu absorpcji atmosfery w paśmie podczerwieni zaleca się wykorzystywanie aparatury z wysokości 150 - 1500 m. Przy wysokości 150 m posiadany zapas błony fotograficznej umożliwia sfotografowanie pasa terenu o szerokości 500 m i długości około 400 km. Dla ułatwienia lokalizacji celów równocześnie z obrazem rejestruje się szereg danych dotyczących warunków lotu, jak: bieżące współrzędne geograficzne, wysokość lotu, dzień i godzina fotografowania itp.

Innym typem aparatury termalnej jest urządzenie AN/AAD-5 wyprodukowane przez firmę Honeywell. Znajduje zastosowanie do rozpoznania celów naziemnych i nawodnych. Montuje się je w zasobniku podwieszanym pod samoloty rozpoznawczo RF-4B, RF-4C i F-14. Urządzenie pracuje w przedziale widmowym od 8 do 14 μm , jest wykorzystywane z wysokości nie przekraczających 6000 m. Jest to typowy skaner podczerwieni z detektorami telurowo-kadmowo-rtęciowymi, chłodzonymi ciekłym azotem. Posiada **dwie** mozaiki detektorów, z których każda składa się z 12 elementów. Jedna mozaika jest wykorzystywana przy fotografowaniu z dużych, a druga

z małych wysokości. Przy tym w obu przypadkach fotografuje się przez różne obiektywy - obiektyw dla dużych wysokości ma ogniskową czterokrotnie mniejszą, niż dla wysokości małych. Obraz otrzymuje się na ekranie wskaźnika obrazowego, skąd się go przeffotografowuje /szerokość filmu - 11,6 cm/. Ponadto pilot posiada oddzielny wskaźnik obrazowy służący do kontroli procesu fotografowania. Na skraju filmu ponadto odffotografowują się także dane dotyczące lotu, jak: współrzędne bieżące, czas, prędkość, wysokość lotu i inne.

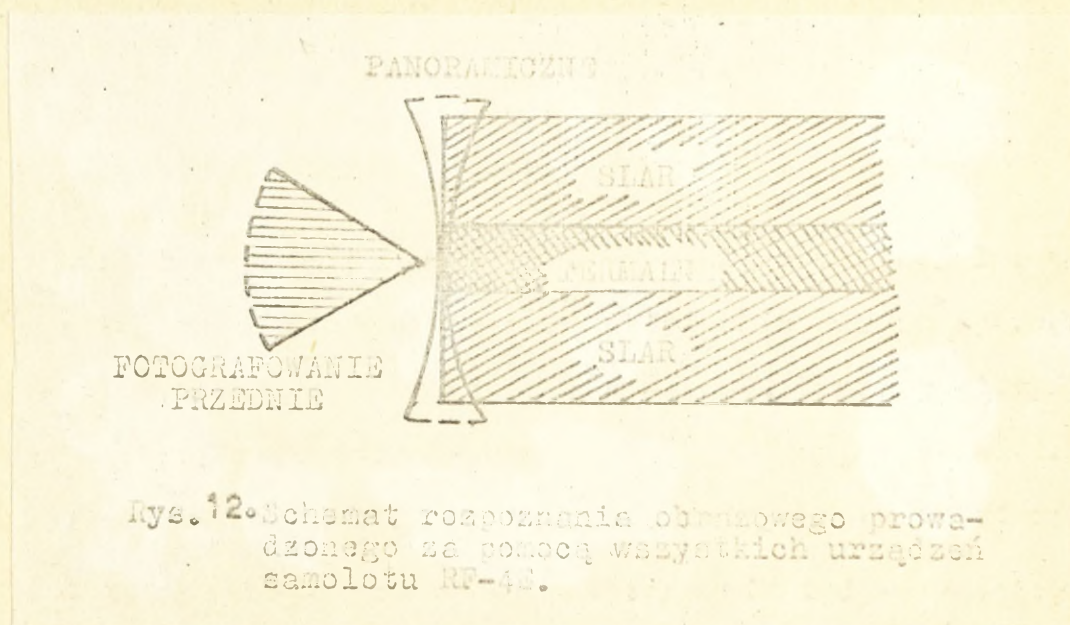


Rys.11. Zasobnik z aparaturą rozpoznawczą podwieszany pod samoloty typu RF-4. 1 - kamera KS-87B, 2 - kamera KA-99, 3 - aparatura termalna typu AN/AAD-5, 5 - kamery telewizyjne, 4 - zbiornik z ciekłym azotem, 6 - blok sterowania.

Aparatura termalna AN/AAD-5 jest wyposażona w specjalne urządzenie kompensujące automatycznie zniekształcenia obrazu spowodowane przechyłem samolotu w granicach do $\pm 20^{\circ}$. Impulsy otrzymywane od pokładowej aparatury nawigacyjnej przy wysokościach od 300 do 6000 m sterują pracą urządzenia w sposób automatyczny. Aparatura AN/AAD-5 jest wykorzystywana nie tylko do wykrycia obecności, lecz i do określenia stanu techniki bojowej /np. według stopnia nagrzania silników/. Jest wykorzystywana w dzień i w nocy, jednak najlepsze wyniki osiąga się przy fotografowaniu tuż przed świtem.

Pozostałe uprzednio wymienione typy aparatury działają na podobnej zasadzie jak urządzenia wyżej opisane. Różnice mogą polegać na unowocześnieniu niektórych elementów aparatury, wyposażeniu jej w pożądaną rejestrator magnetyczny, w urządzenie do transmisji danych kanałami radiowymi, wyposażenie w obrazowy wskaźnik pilota, w pokładową aparaturę do wstępnej obróbki, a nawet do fotointerpretacji zdjęć cieplnych. Urządzenia te mogą również pracować w składzie różnych systemów rozpoznawczych. Podstawowymi nosicielami aparatury termalnej są samoloty. Aparaturę termalną umieszcza się bezpośrednio w kadłubie samolotu lub w zasobniku podwieszonym pod samolotem. Dane rozpoznania termalnego wykorzystuje się łącznie z danymi innych rodzajów rozpoznania obrazowego.

Samolot "Phantom II" RF-4E posiada następującą aparaturę rozpoznawczą:



Rys. 12. Schemat rozpoznania obrazowego prowadzonego za pomocą wszystkich urządzeń samolotu RF-4E.

- urządzenia termalne AN/AAS - 18 A;
- aparaturę fotograficzną /6-8 kamer typu KS-87B i KS-56 B/;
- stację radiolokacyjną typu SLAR /AN/APQ-102 lub AN/APQ-99/
- urządzenia do rozpoznania radioelektronicznego;

- system uzyskiwania i przekazywania informacji JIFDATES
oraz

- systemy rozpoznawcze JIFEDATES i ELINT.

Samolot Super Starfighter RF-104 G posiada następującą
aparaturę rozpoznawczą;

- aparaturę termalną AN/AAS-18A;
- stację radiolokacyjną typu SLAR AN/APQ-102;
- kamery fotograficzne typu KS-87 B i KA-56B;
- urządzenia do rozpoznania radioelektronicznego.

Na samolocie RA-5C umieszczony jest termolokator AN/AAS-21

Samolot rozpoznawczy OV-1 "Mohawk" posiada urządzenie rozpoznaw-
cze na podczerwień ~~AAS-24-24~~ wchodzące w skład systemu JIFDATS.
Ponadto ma aparaturę radiolokacyjną SLAR /AN/APS-94/ oraz kamery
fotograficzne KA-30 lub KA-76 lub KS-61.

Samolot rozpoznania strategicznego SR-71 również jest
wyposażony w zestaw aparatury rozpoznawczej, składający się
z kamer lotniczych, stacji radiolokacyjnej typu SLAR i aparatury
termalnej. Przy wysokości 2400 m w ciągu 1 godziny aparatura ta
może sfotografować teren o powierzchni 155 tys. km².

Możliwości rozpoznawcze poszczególnych rodzajów aparatury
rozpoznawczej tego samolotu są następujące:

- aparatury fotograficznej - liniową zdolność rozdzielczą
wynosi 0,5 m, szerokość pasa fotografowania - 5,5 h_f
czas pełnej obróbki materiałów - do 4 godzin;

- aparatury termalnej - liniowa zdolność rozdzielczą
2,3 m, szerokość pasa fotografowania 8,1 h_f; czas pełnej obróbki
- do 2 godzin;

- aparatury radiolokacyjnej SLAR - zdolność rozdzielczą
50 m, zasięg do 80 km; czas pełnej obróbki materiałów - do 8
godzin.

W aktualnie

W budowanym samolocie RB-1 planuje się umieszczenie aparatury termalnej zdolności rozdzielczej 0,05 - 10 m i szerokości pasa fotografowania od 2 do 5 wysokości fotografowania. Ponadto samolot ma posiadać:

- aparaturę fotograficzną dzienną o rozdzielczości rzędu 0,03 - 0,25 m /szerokość pasa fotografowania 2-10 h_f /;

- aparaturę fotograficzną nocną o rozdzielczości 0,7 m /obejmuje pas terenu 0,5 h_f /;

- aparaturę telewizyjną pracującą w dzień oraz przy niskim poziomie oświetlenia; jej rozdzielczość wynosi: w dzień 0,1 - 0,5 m /pas 0,3 - 4 h_f /; w nocy - 10 m /pas 2 h_f /;

- aparaturę radiolokacyjną typu SLAR /z anteną syntetyczną/ o rozdzielczości 2-7 m, obejmującą pas terenu do 50 km przy locie na małej wysokości oraz do 160 km przy locie na dużej wysokości. Przewiduje się opracowanie danych na pokładzie samolotu oraz przesyłanie sygnałów obrazowych kanałami radiowymi i telewizyjnymi do ośrodków naziemnych.

Aparatura termalna znajduje się też na pokładzie wielu sztucznych satelitów ziemi. Występuje w postaci radiometrów przyjmujących promieniowanie w ściśle określonym przedziale widmowym, lub w postaci skanerów wielospektralnych przyjmujących równocześnie promieniowanie w wielu wąskich przedziałach spektrum elektromagnetycznego.

Skaner wielospektralny /MSS/ stacji orbitalnej Skylab - pracował w 13-tu kanałach od 0,41 do 12,5 μm . Jego rozdzielczość kątowna - 0,182 mrad; z wysokości 582 km uzyskiwano w terenie zdolność rozdzielczą 80 m.

Skaner VISSR satelity geosynchronicznego SMS - 1 posiada dwa kanały 0,55 - 0,70 μm oraz 10,5 - 12,6 μm . Zdolność rozdzielcza w stosunku do terenu wynosi odpowiednio 0,8 km i 8,0 km.

Skanery podczerwieni satelitów meteorologicznych posiadają przeważnie po kilka kanałów. Obrazy otrzymywane z ich pokładów osiągają zdolność rozdzielczą od setek metrów do kilometrów. Natomiast dużo większą zdolność rozdzielczą obrazów otrzymuje się za pomocą skanerów pracujących w paśmie fal widzialnych oraz w bliskiej podczerwieni. Np. skanery MSS satelitów serii "Landsat" z orbity o wysokości 920 km umożliwiają otrzymanie obrazów o zdolności rozdzielczej 46-90 m.

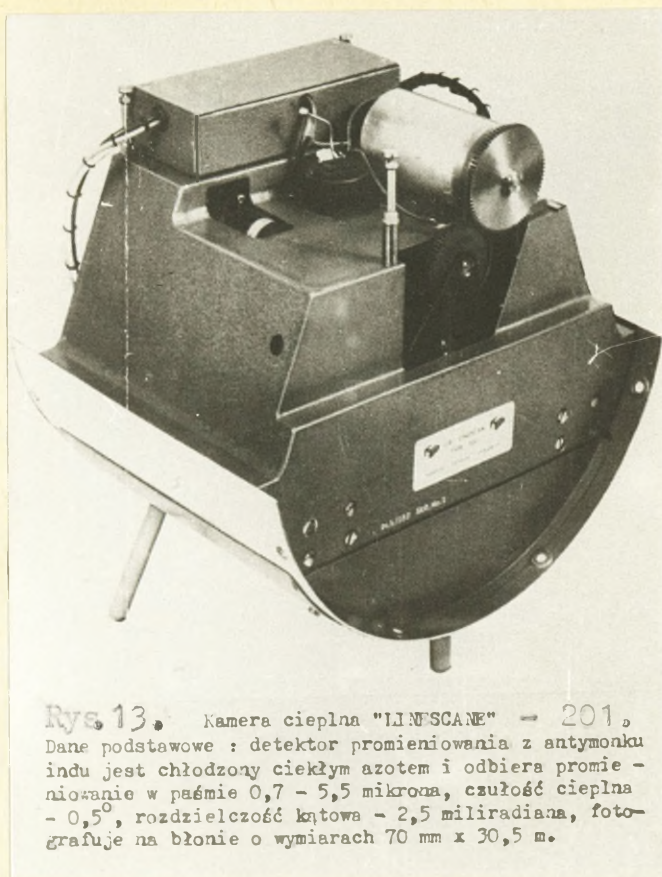
2.2. Środki i systemy rozpoznania termalnego armii Wielkiej Brytanii oraz sposoby i zakres ich wykorzystania.

Brytyjskie zainteresowania rozpoznaniem termalnym sięgają pierwszej połowy lat 60-tych. Obejmują zarówno wykorzystanie aparatury amerykańskiej, jak i szereg własnych rozwiązań konstrukcyjnych, zarówno w wersji cywilnej jak i wojskowej /głównie produkowanych przez firmę Hawker Siddeley Dynamics Limited/.

Aktualnie w Wielkiej Brytanii bazuje się na urządzeniach termalnych typu skanera podczerwieni /IRLS - Infra Red Lines Scafe/. Najczęściej stosowane urządzenia termalne - to IRLS - typ 201 IRLS - typ 401 oraz IRLS - typ 601.

Umieszcza się je na samolotach rozpoznawczych przeważnie łącznie z inną aparaturą rozpoznawczą /kamerami fotograficznymi, aparaturą radiolokacyjną/, względnie w zasobnikach podwieszanych pod samoloty. W urządzenia termalne wyposaża się również samoloty bezpilotowe.

Brytyjska aparatura termalna przeważnie pracuje w paśmie fal o długości 8-14 μm ; kąt wybierania obrazu wynosi 120° , ciężar aparatury w granicach 12-16 kg, urządzenia są przystosowane do pracy na małych wysokościach i przy dużych prędkościach lotu. Niektóre z urządzeń mogą pracować w systemie pasywnym i aktywnym /przy naturalnym lub sztucznym oświetleniu terenu.



Rys. 13. Kamera cieplna "LINESCAN" - 201.
Dane podstawowe : detektor promieniowania z antymonu
indu jest chłodzony ciekłym azotem i odbiera promie-
niowanie w paśmie 0,7 - 5,5 mikrom, czułość cieplna
- 0,5°, rozdzielczość kątowa - 2,5 miliradiana, foto-
grafuje na błonie o wymiarach 70 mm x 30,5 m.

Np. urządzenie typu 201 w systemie pasywnym może prowadzić rozpoznanie z wysokości od 20 do 15 000 m, a w aktywnym - od 60 do 600 m. Zapis informacji - fotograficzny, na filmie o szerokości 70 mm /szerokości obrazu - 55 mm/, względnie w drugim sposobie sygnały obrazowe mogą być przesyłane kanałami radiowymi do ośrodków naziemnych.

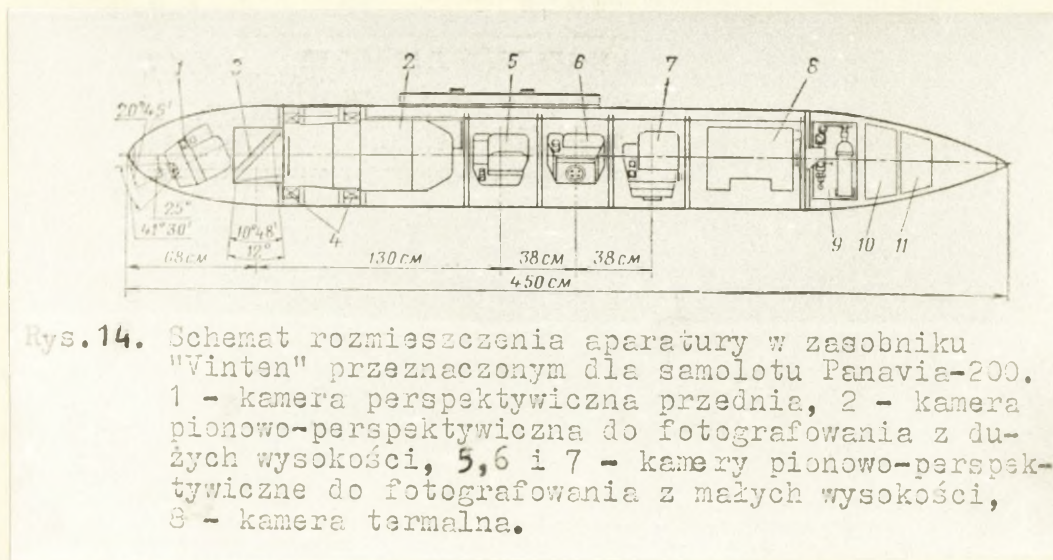
Urządzenia ^{do} rozpoznania na podczerwień znajduje się ^{na} pokładach wielu brytyjskich samolotów rozpoznawczych, a m.in. na samolotach F-4 K, F-4 M, RF-104, F-111 oraz P-1127.

Brytyjski samolot F-4 K jest wyposażony w urządzenie I RLS typ 201, pierwotnie przeznaczone dla samolotu TSR-2. Umożliwia onp prowadzenie rozpoznania z małych wysokości i przy dużych prędkościach lotu, praktycznie w dowolnej porze doby. Informacje wydawane przez urządzenie mogą być rejestrwane w sposób fotograficzny, zapisywane na magnetowidzie, względnie przesyłane kanałami

radiowymi bezpośrednio do ośrodków naziemnych.

Samolot brytyjski F-4 M Phantom posiada specjalny zasobnik firmy EMT podwieszany pod kadłubem, w którym oprócz urządzenia termalnego znajduje się aparatura radiolokacyjna boczna /SLAR/, zespół kamer fotograficznych oraz przelicznik danych o trasie przelotu.

W innych brytyjskich samolotach rozpoznawczych znajduje się aparatura podobna, jak w takich samych samolotach znajdujących się w wyposażeniu państw NATO.



Rys.14. Schemat rozmieszczenia aparatury w zasobniku "Vinten" przeznaczonym dla samolotu Panavia-200. 1 - kamera perspektywiczna przednia, 2 - kamera pionowo-perspektywiczna do fotografowania z dużych wysokości, 5,6 i 7 - kamery pionowo-perspektywiczne do fotografowania z małych wysokości, 8 - kamera termalna.

Na uwagę zasługuje bezpilotowy system rozpoznawczy AN/USD-501. Prace nad tym systemem rozpoczęto w 1959r. Pierwotnie system nosił oznaczenie CL-89, opracowywała go Kanada, a finansowała również Wielka Brytania. W roku 1965 do prac dołączyła się Republika Federalna Niemiec, a następnie Włochy.

System AN/USD-501 przewidziano w wyposażeniu pododdziałów wojsk lądowych, które będą prowadziły działania bojowe w pierwszej linii. Przeznaczony jest do obserwacji pola walki, prowadzenia rozpoznania artyleryjskiego celów oraz do określenia stopnia zniszczenia poszczególnych obiektów i innych celów.

System składa się z rakiety skrzydlatej /CL-89/, urządzenia startowego na samochodzie oraz pulpitu sterowniczego.

Rakieta posiada prochowy silnik startowy i stabilizator krzyżowy; w czasie lotu działa marszowy silnik turbinowy. Sterowanie lotem odbywa się z ziemi za pomocą radia, lub według zaprogramowanej trasy.

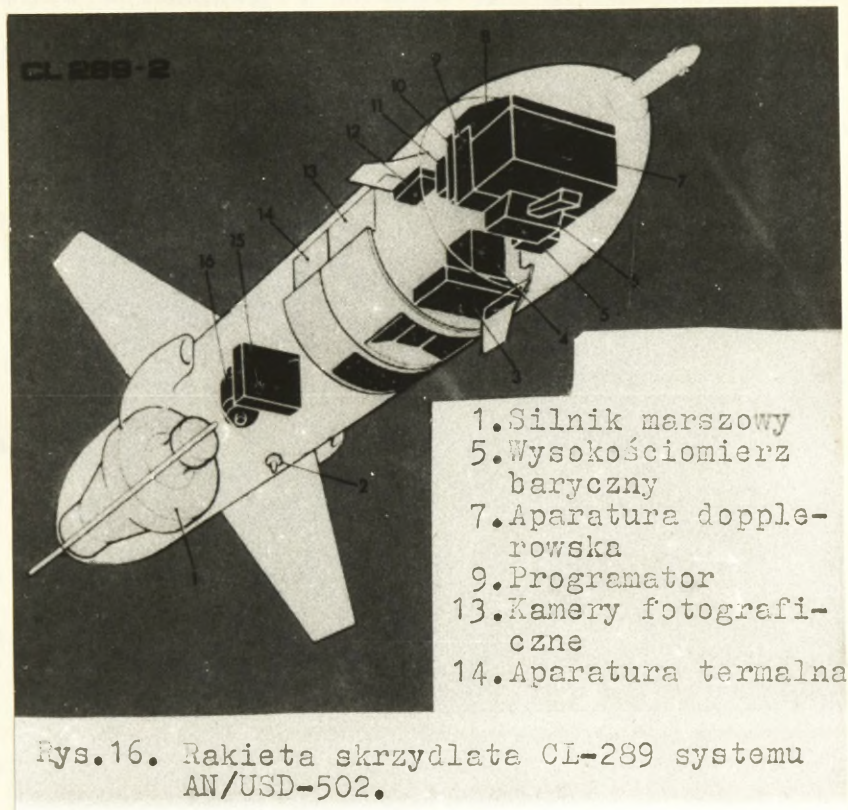


Rys.15. Bezpilotowy system AN/USD-501 na samochodzie w pozycji startowej.

Prędkość lotu - około 1 M; powrót i lądowanie - na spadochronie; zasięg od 30 do 50 km, czas lotu - około 8,5 minut. Aparatura rozpoznawcza w pierwszej wersji składała się z dwóch sprzężonych kamer fotograficznych dziennie-nocnych i bloku sterowania kamerami oraz z kasety zawierającej 12 rakiet oświetlnych i bloku sterowanie wystrzeliwaniem rakiet. W nowej wersji aparatura rozpoznawcza składa się z urządzenia na podczerwień firmy Hawker Siddely /I RLS-typ 201/ oraz z trzech różnych kamer fotograficznych. System AN/USD-501 wchodzi w skład dywizji sił lądowych Wielkiej Brytanii, ponadto znajduje się w dywizjach sił lądowych RFN, Włoch a także w batalionach rozpoznawczych dywizji pancernych i zmechanizowanych armii amerykańskiej.

Począwszy od roku 1976 RFN i Kanada, przy współpracy Francji prowadzą dalsze badania nad rozwojem systemu AN/USD-501. W nowej wersji oznaczono go symbolem AN/USD - 502.

W systemie tym raketę CL-89 zastąpiono rakieta CL-289 o zwiększonym zasięgu, dzięki czemu osiągnie się większą głębokość rozpoznania, a cały system będzie przeznaczony do zastosowania na szczeblu



korpusu. Oprócz urządzenia rozpoznawczego na podczerwień typu I RLS, na pokładzie będzie się znajdowała kamera telewizyjna, która będzie przekazywała obraz bezpośrednio do naziemnych stanowisk dowodzenia. Dotychczas również można było instalować aparaturę telewizyjną, lecz jedynie zamiast aparatury termalnej. Specjalny minikomputer zainstalowany na pokładzie będzie kierował lotem zgodnie z wcześniej zaprogramowaną trasą przelotu. Wprowadzenie systemu do wojsk **zaplanowano na lata 1981 - 1982.**

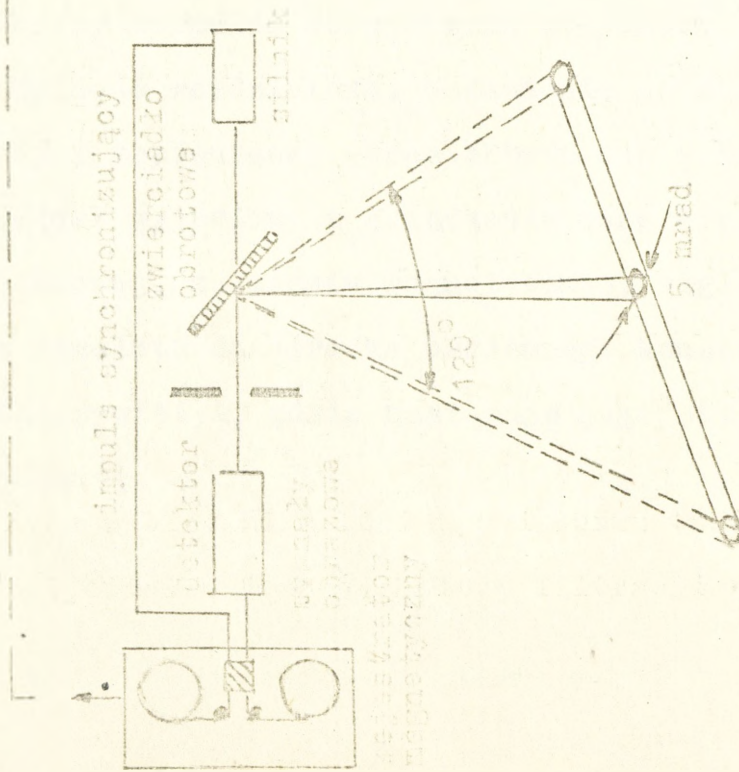
2.3. Środki i systemy rozpoznania termalnego armii francuskiej oraz sposoby i zakres ich wykorzystania

Francja produkuje własne środki rozpoznania w tym również rozpoznania termalnego. Bazuje ona na urządzeniach do rozpoznania termalnego typu "Cyclope" i "Super - Cyclope", zaś nosicielami tych urządzeń są samoloty rozpoznawcze typu "Mirage" oraz samoloty bezpilotowe "Nord R 20".

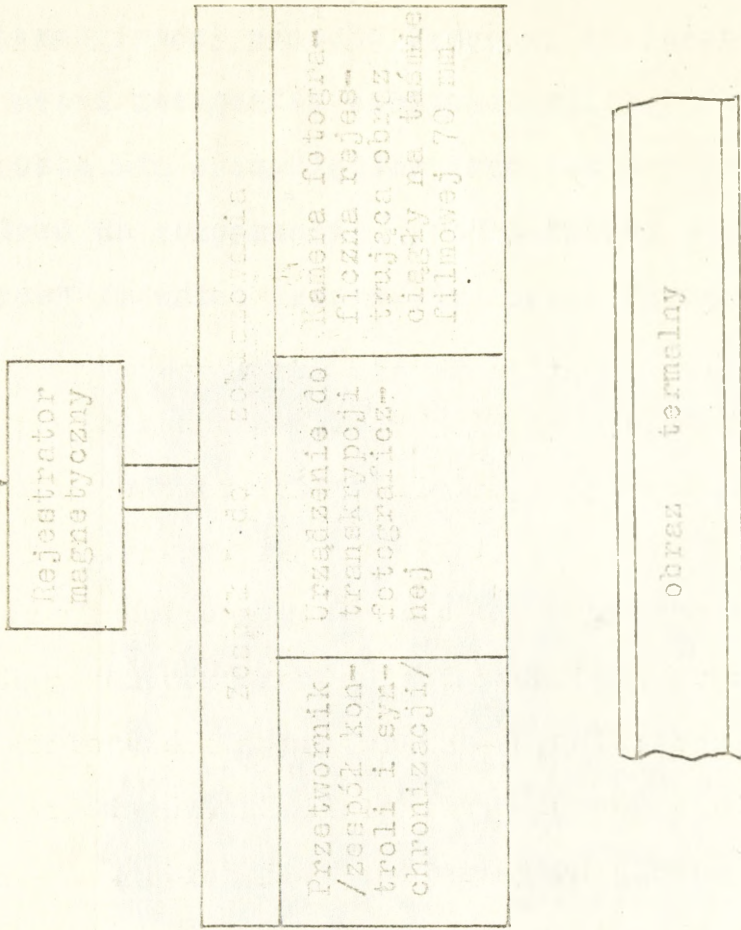
Urządzenie rozpoznawcze "Cyclope" produkcji firmy SAT, jest skanerem podczerwieni z liniowym wybieraniem obrazu w granicach kąta 120° . /rys. 17/ Detektory przyjmują promieniowanie w paśmie elektromagnetycznym od 3 do $6 \mu\text{m}$, Przedział temperatur odbiorczych przez urządzenie jest zawarty w granicach od -30°C do $+60^{\circ}\text{C}$ rozdzielczość temperaturowa - $0,25^{\circ}\text{C}$; rozdzielczość kątowna - 5 miliradianów. Ekwiwalentna długość ogniskowej równa się 56 mm. Obraz jest wybierany za pomocą zwierciadła obrotowego /72 obroty/s/, zaś rejestracja następuje na taśmie magnetycznej /75 cm/s/;

Opracowanie danych z rozpoznania odbywa się w ośrodku naziemnym, w którym następuje zamiana zapisu magnetycznego na zapis fotograficzny. Zespół do zobrażeń składa się z przetwornika, urządzenia do transkrypcji fotograficznej oraz z kamery rejestrującej obraz ciągły na taśmie 70 mm /szerokość obrazu wynosi tylko 56 mm /. W najnowszych urządzeniach do obróbki termogramów stosuje się metody filtracji optycznej z wykorzystaniem wiązki promieni laserowych, w wyniku czego otrzymuje się obrazy termalne pozbawione linii rastrowych, spowodowanych wybieraniem liniowym i obraz taki staje się podobny do zdjęcia lotniczego. Metody filtracji optycznej prawdopodobnie

APARATURA FOXLADOJA



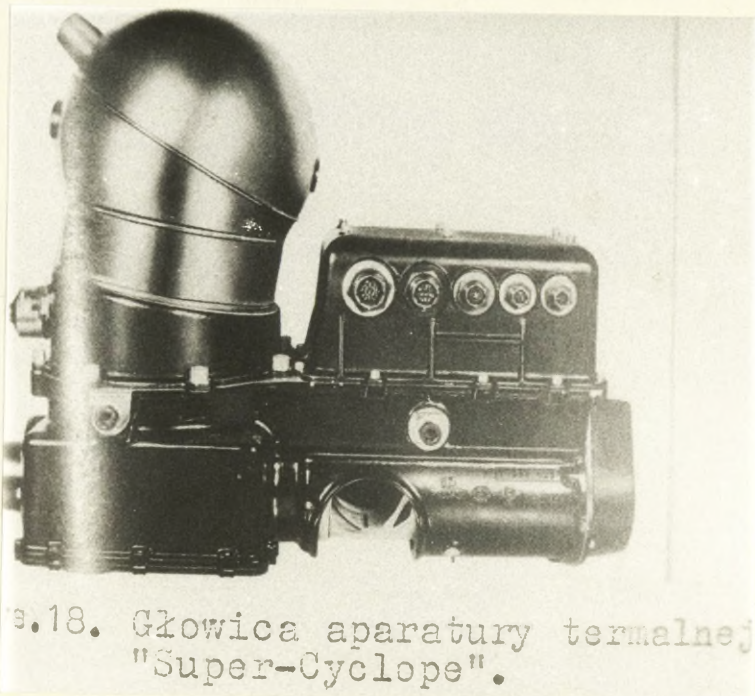
APARATURA HAZLEHA



rys. 17. Schemat otrzymywania obrazów termalnych ze pomocą aparatury "Cyclope" oraz obróbki informacji w ośrodku nasiennym.

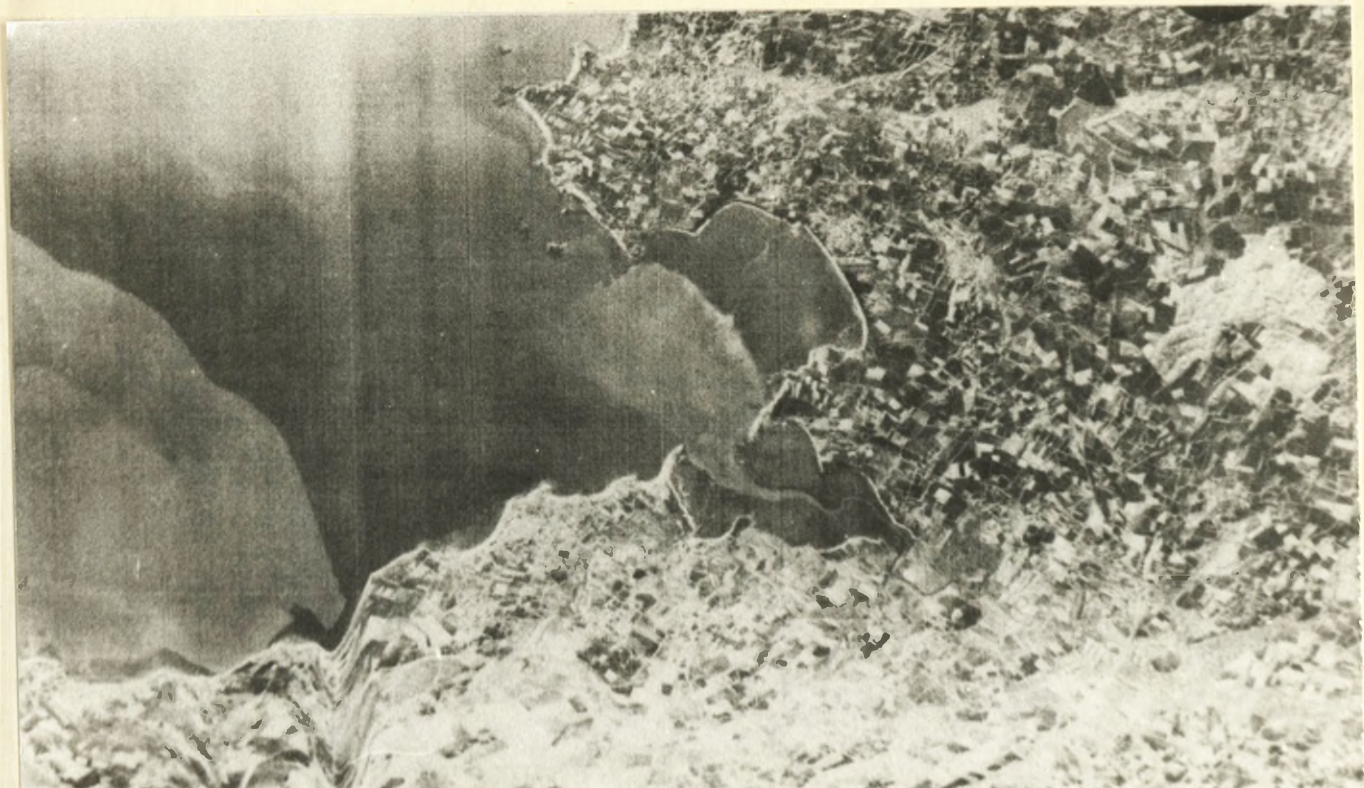
wykorzystuje się również do procesu automatycznej fotointerpretacji termogramów; ponadto Francuzi zalecają wykorzystanie do tego celu metod fotografii ekwitalnej.

Ostatnim osiągnięciem francuskim w zakresie opracowania urządzeń do rozpoznania w podczerwieni jest aparatura "Super - Cyclope" /również produkowana przez firmę SAT/.



s.18. Głowica aparatury termalnej "Super-Cyclope".

Obrazy termalne otrzymywane za pomocą tej aparatury cechuje wysoka zdolność rozdzielcza. Ustawienie na samolocie głowicy wybierającej i zapisującej obraz odbywa się w bardzo krótkim czasie. Sygnał wyjściowy z urządzenia może być zarejestrowany na taśmie filmowej, na taśmie magnetycznej, względnie może być przesyłany z samolotu do ośrodka naziemnego kanałami radiowymi w czasie rzeczywistym, gdzie następuje jego obróbka w sposób wyżej podany.



Rys.19. Obraz termalny wykonany za pomocą aparatury francuskiej typu "Super-Cyclope".

Aparatura termalna jest tylko jednym z elementów systemu rozpoznawczego. Umieszcza się ją w statkach powietrznych łącznie z aparaturą innego rodzaju. W zasobniku rozpoznawczym podwieszanym pod samoloty rozpoznawcze "Miraga" oprócz aparatury termalnej znajduje się stacja radiolokacyjna obserwacji bocznej zamiast której można również umieścić w nim pięć kamer lotniczych typu "Omera". W kadłubie samolotu rozpoznawczego "Miraga III R" znajdują się miejsca również dla pięciu kamer "Omera - 31" o ogniskowych od 100 mm do 600 mm. Ponadto umieszcza się tam urządzenie termalne "Cyclope" /"Super - Cyclope"/, aparaturę radiolokacyjną "Cyrano II" oraz system nawigacyjny "Tacan". Opisany system rozpoznawczy działa w zasadzie w ramach faktycznego rozpoznania lotniczego, chociaż informacje z rozpoznania termalnego mogą być przyjmowane i opracowane w ośrodkach naziemnych, znajdujących się bezpośrednio w związkach taktycznych. Natomiast uzupełnieniem rozpoznania taktycznego jest francuski bezpilotowy samolot rozpo-

nawczy bliskiego zasięgu "Nord R.20", który znajduje się w wyposażeniu sił lądowych. Może być wyposażony w trzy kamery "Omera", względnie w aparaturę termalną "Cyclope". Ponadto można go dostosować do zadań rozpoznania radioelektronicznego.



Rys.20. Samolot bezpilotowy "Nord R.20".

Samolot bezpilotowy R.20 może prowadzić rozpoznanie na głębokość do 150 km, przy tym jego odchylenie od środka rozpoznawanego rejonu nie przekracza 0,5% długości trasy /500 m na 100 km/.

2.4. Środki i systemy rozpoznania termalnego innych państw bloku

NATO.

RFN

Rozpoznanie termalne w Bundeswehrze wchodzi w skład ogólnego systemu rozpoznawczego. Bazuje na amerykańskich samolotach rozpoznawczych oraz na samolotach bezpilotowych systemu AN/USD - 501.

Np. w skład wyposażenia rozpoznawczego samolotu OV-1B Mohawk wchodzi aparatura na podczerwień typu AN/UAS-4 działająca w systemie JIFDATS, aparatura radiolokacyjna typu SLAR oraz zestaw kamer fotograficznych.

Bezpilotowy system rozpoznawczy AN/USD-501 /zamieniany stopniowo na system AN/USD-502/ służyć do obserwacji pola walki i do rozpoznania artyleryjskiego. Pododdziały samolotów rozpoznawczych AN/USD-501 wchodzi w skład dywizjonów rozpoznawczych artylerii

W każdym dywizjonie znajduje się jedna bateria wyposażona w dwie wyrzutnie dla 6 samolotów - razem więc bateria posiada 12 samolotów bezpilotowych/każdy samolot może wykonywać do 10 lotów rozpoznawczych/. Samoloty mogą posiadać aparaturę fotograficzną, lub termalną. Pierwsze zdjęcia uzyskuje się po 1 godzinie od postawienia zadania.

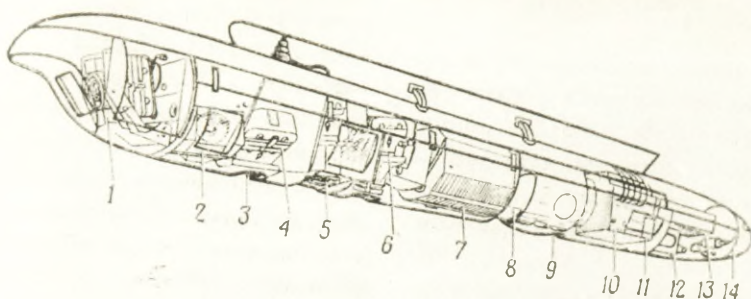
BELGIA

Od 1965r Belgia opracowuje własny bezpilotowy system rozpoznawczy Epevriér, w wersji eksportowej oznaczony jako Epevriér Asmodee. Od 1976r posiada pluton samolotów bezpilotowych, w skład którego, oprócz 20 samolotów, wchodzi: ruchome centrum kontroli lotów, polowe laboratorium fotograficzne, ruchoma wyrzutnia startowa oraz urządzenie do wzrokowego naprowadzenia samolotu w jego pierwszej fazie lotu. Samolot może przeniknąć na głębokość do 80 km; czas operacyjny otrzymania zdjęć od momentu wydania zadania - wynosi około 1 godziny. Samolot może wykonać 8-10 lotów rozpoznawczych w ciągu jednej doby.

Oprócz aparatury do rozpoznania na podczerwień samolot może przenosić inne urządzenia, jak: kamery fotograficzne dzienne, nocne, sprzęt do przeciwdziałania radioelektronicznego, aparaturę telewizyjną do obserwacji pola walki i inne.

HOLANDIA

Holandia wspólnie z Włochami wykorzystuje zasobniki "Orfeusz" podwieszane pod samolotami rozpoznawczymi F-104. Zasobnik taki /długość 3,75 m, średnica 0,47 m/ zawiera 5 kamer fotograficznych oraz aparaturę termalną /kął pola widzenia - 120°, rozdzielczość temperaturowa - 0,15°C, częstotliwość wybierania - 600 linii /s/.



Rys.21. Zasobnik "Orfeusz" z aparaturą rozpoznawczą. 1 - kamera przednia, 2 i 5 - kamery lewe, 4 i 6 - kamery prawe, 7 - aparatura termalna, 8 - głowica skanera.

DANIA

Oprócz standardowej aparatury rozpoznawczej będącej na wyposażeniu armii państw NATO, Dania zakupuje szwedzkie zasobniki rozpoznawcze typu Red Baron, posiadające urządzenie termalne typu RD-702.

2.5. Szwedzkie środki systemu rozpoznania termalnego

Wprawdzie Szwecja nie należy do bloku NATO lecz jej aparatura rozpoznawcza jest nabywana przez niektóre państwa tego bloku, dlatego niżej poświęca się im nieco więcej uwagi.

Zainteresowanie rozpoznaniem w podczerwieni, w tym i rozpoznaniem termalnym, datuje się w Szwecji od 1966r. Wyraźnie wydzielają się dwa kierunki rozwoju tego rozpoznania: pierwszy - oparty na aparaturze importowanej - dominuje w armii szwedzkiej oraz drugi - oparty na aparaturze rodzimej produkcji firmy AGA - przeważa w służbach cywilnych.

System rozpoznania wojskowego w podczerwieni opiera się na trzech zasobnikach produkowanych przez państwową firmę szwedzką FFV. Są to następujące zasobniki:

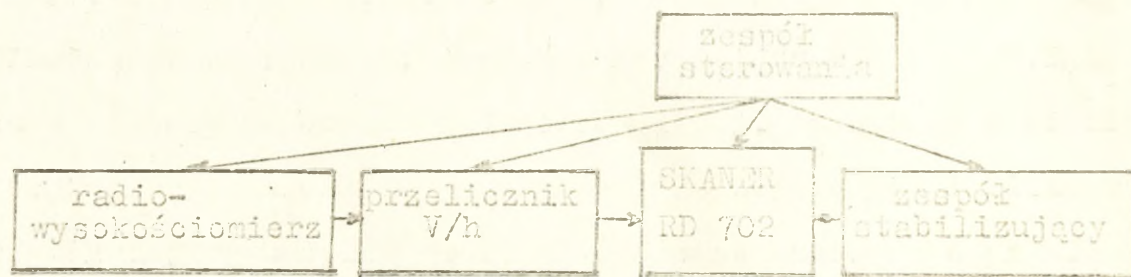
1. zasobnik "Blue Baron" będący aktywnym systemem podczerwonym /nie jest to więc system termalny/;
2. zasobnik "Red Baron" będący pasywnym systemem podczerwonym typowo termalnym oraz
3. zasobnik "Green Baron", będący zestawem kombinowanym, pasywno-aktywnym.

Zasobniki posiadają standardowe zamki ułatwiające ich szybkie zamontowanie i rozmontowanie na wielu typach samolotów.

Blue Baron jest zasobnikiem dziennie-nocnym składającym się z aparatury do oświetlenia terenu, specjalnego układu soczewek i filtrów podczerwonych, trzech kamer fotograficznych "Vinten" oraz aparatury pomocniczej i sterowniczej. Aparatura oświetleniowa /amerykańska/ składa się z zespołu lamp błyskowych i filtrów przepuszczających tylko promieniowanie podczerwone w paśmie $0,7-0,9 \mu\text{m}$. Posiada automat do regulacji wielkości oświetlenia w zależności od warunków lotu, warunków fotograficznych i stanu atmosfery. Układ soczewek /kanadyjski/ odbiera promieniowanie odbite od terenu i skierowuje do obiektywów kamer fotograficznych. Trzy kamery angielskie "Vinten" ustawione w wachlarzu obejmują obszar w granicach kąta 120° . Najlepsze wyniki fotografowania osiąga się przy wysokości fotografowania rzędu 50-300 m i prędkości lotu $W = 0,95 \text{ M}$. Przy wysokości 300 m można sfotografować pas terenu o długości 100 km. W zasobniki takie wyposaża się m.in. samoloty szwedzkie typu S-55E "Draken". Zasobnik waży około 320 kg jego długość wynosi 4,80 m, szerokości - 0,5 m.

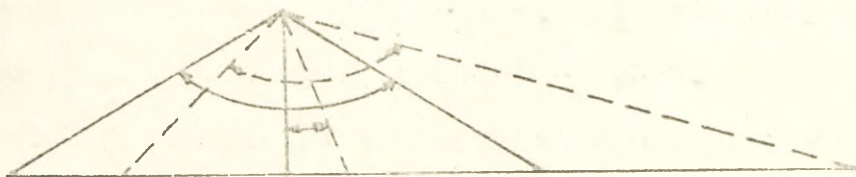
Red Baron jest zasobnikiem wyposażonym w pasywny system podczerwony przeznaczony do fotografowania przy lotach na małych i średnich wysokościach /60-3000 m/ oraz przy dużych prędkościach. Podstawą stanowi skaner podczerwieni typu RD- 702 wyprodukowany

przez amerykańską firmę Texas Instruments. Urządzenie to posiada zwierciadłowo-soczewkowy układ optyczny, który rzutuje obraz na 6 detektorów /telurek rtęciowo-olowiany/, chłodzonych ciekłym helem. Wizualizacja następuje poprzez modulację świecenia fotodiod za pomocą sygnałów postępujących z detektora. Urządzenie pracuje w paśmie 8-12 μm posiada kąt wybierania obrazu 120° , czułość temperaturową $0,3^\circ\text{C}$ i kątową zdolność rozdzielczą 1 miliradian. Aparatura jest stabilizowana ^w określonym położeniu w stosunku do



Rys.22. Schemat blokowy zasobnika "Red Baron".

trzech osi obrotu, a specjalne urządzenie umożliwia nachylenie osi głównej kamery termalnej na kąty 15° w lewo lub w prawo od trasy przelotu. Umożliwia to poszerzanie fotografowanego pasa terenu. Zasobnik waży 125 kg, ma 3,0 m długości i średnicę 0,5 m. Elementy optyczne zasobnika są osłaniane przed startem i lądowaniem



Rys.23. Zasięg fotografowania za pomocą aparatury termalnej zasobnika "Red Baron": przy pionowym położeniu kamery /linia ciągła/ oraz przy nachyleniu na 15° w bok /linia przerywana/.

System "Red Baron" jest nie tylko wykorzystywany do wykrywania obiektów naziemnych. Jest stosowany również do rozpoznania obiektów podziemnych, których temperatura różni się od temperatury powierzchni ziemi, ^{oraz do} rozpoznania ruchu techniki bojowej i okrętów podwodnych /będących w zamurzeniu/ na podstawie ich śladów cieplnych.

Gren Baron jest zasobnikiem kombinowanym wyposażonym zarówno w tradycyjne kamery fotograficzne, jak i w aparaturę termalną. Przy tych samych wymiarach /3,0x0,5 m/ waży około 180 kg.

Firma FFV montuje również inne zestawy aparatury rozpoznawczej zgodnie z życzeniami nabywców np. zasobniki, które oprócz aparatury termalnej posiadają kamerę fotograficzną nachyloną do przodu, dwie kamery do zdjęć ukośnych bocznych oraz kamerę panoramiczną.

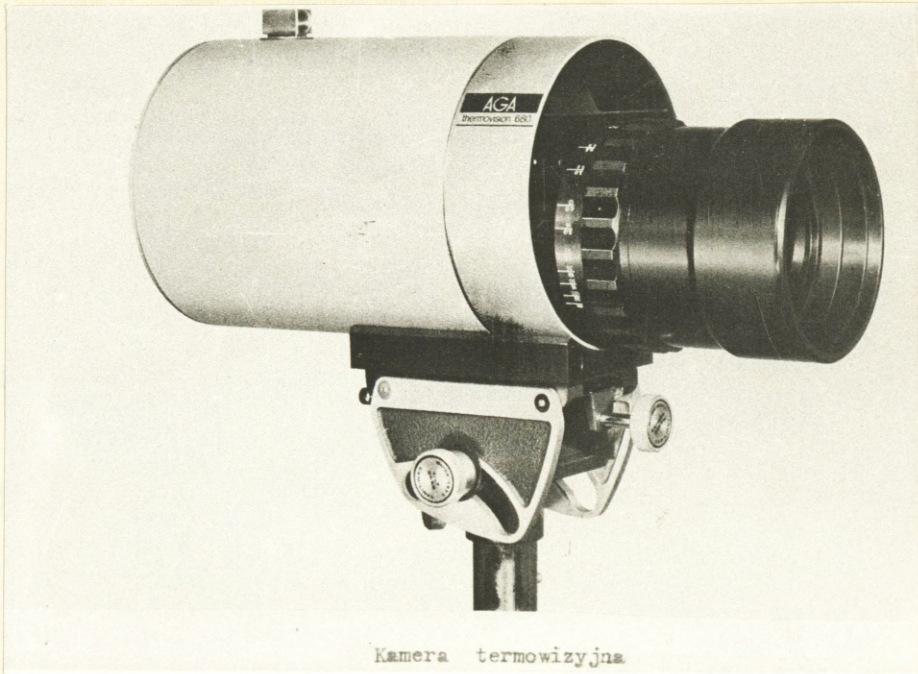
Kilka systemów aparatury termalnej produkuje szwedzka firma AGA. Są to systemy typu termowizorów oraz skanerów podczerwieni. Do najbardziej znanych należą: AGA Thermovision system 680 oraz AGA Thermoprofile Model THP-1.

AGA Thermovision System 680 jest kamerą termalną działającą na zasadzie telewizji przewodowej. Składa się z kamery oraz układu zobrazowania.

Optyczno-mechaniczny układ wybierania skierowuje promieniowanie na układ odbiorczy, gdzie zamienia się go na sygnały elektryczne, które po wzmocnieniu służą do otrzymania obrazu termalnego na ekranie lampy oscyloskopowej w układzie zobrazowania.

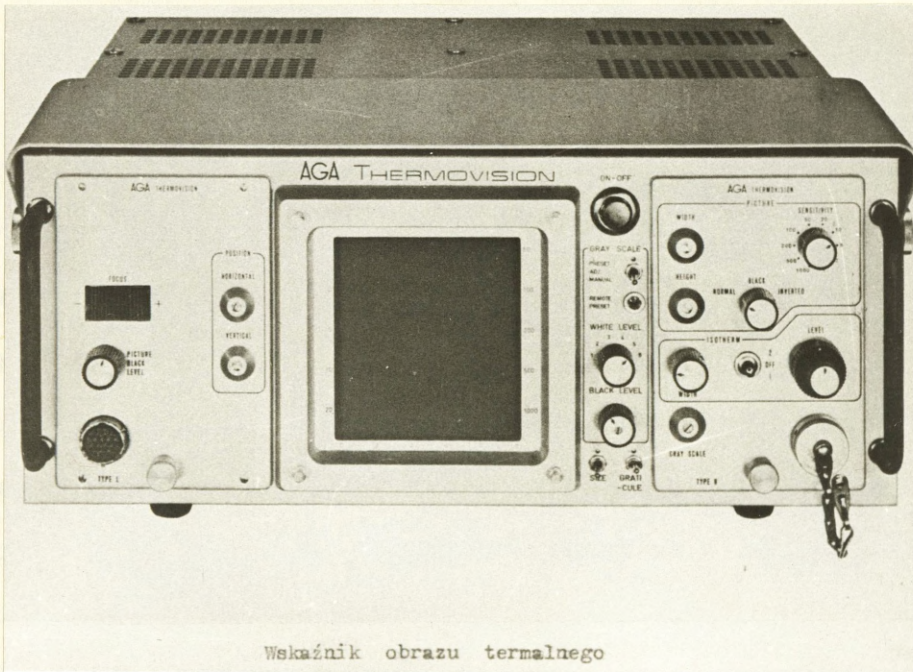
Kamera termalna pracuje w przedziale czułości widmowej 2,0 - 5,6 μm . Detektor fotowoltaiczny z antymonku indu jest chłodzony ciekłym azotem. Umożliwia to mierzenie temperatur obiektów w przedziale od 30^oC do + 850^oC. Obrazy na ekranie mają wymiary 90x90mm, natomiast w wyniku fotografowania ekranu otrzymuje się termogram o wymiarach 67x74 mm.

A.



Kamera termowizyjna

B.



Wskaźnik obrazu termalnego

Rys.24. Aparatura termowizyjna firmy AGA./System "680"/.

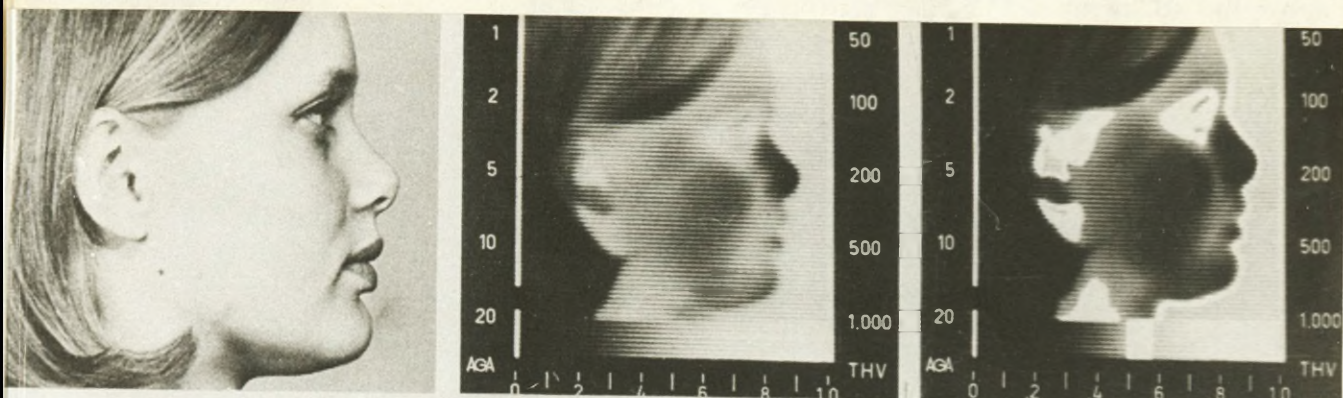
Kamera AGA Thermovision System 680 umożliwia otrzymanie kilku rodzajów termogramów, jak:

- termogram normalny /z półtonową skalą temperatur/;
- termogramy z jedną lub dwiema izotermami;
- termogram z odwróconą skalą temperatur;
- termogram składający się z samych izotern;
- termogram barwny, utworzony z 8 barw, z których każda odpowiada określonej temperaturze.

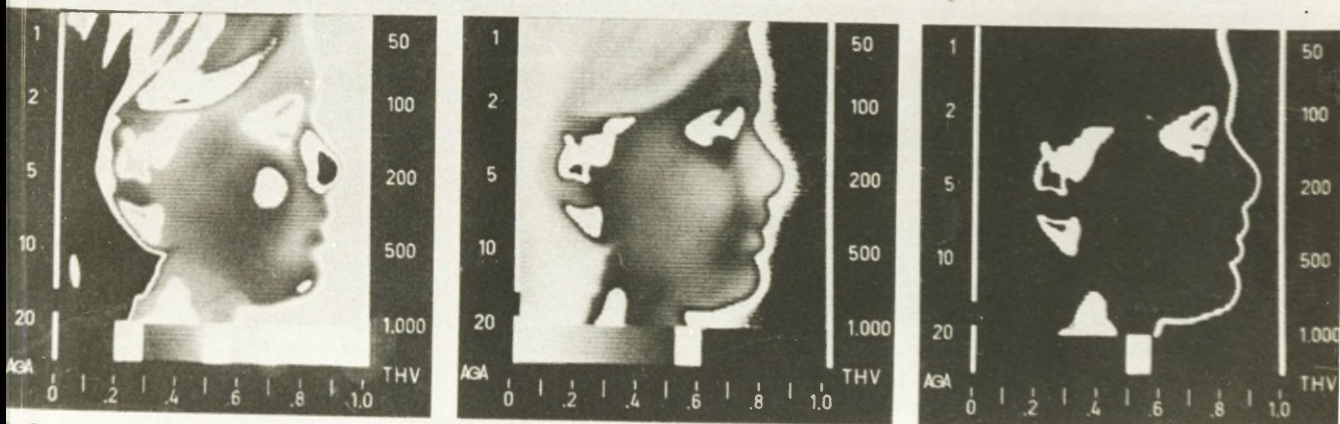
Ponadto kamera termalna może posiadać wyposażenia dodatkowe, jak np. monitor do obserwacji wizualnej obrazu termalnego, monitor do obserwacji obrazu barwnego, profilograf termalny i inne.

Aparatura AGA Thermovision System 680 pracuje w Polsce od ponad 10 lat. Wykorzystywano ją również do otrzymywania termogramów z samolotów i ze śmigłowców.

AGA Thermoprofile Model THP-1 jest skanerem podczerwieni pracującym w przedziale widmowym od 2,0 do 5,5 μm . Kąt wybierania wynosi 80° , częstotliwość wybierania - 16 linii/s. Umożliwia pomiar temperatury w przedziale od -20° do $+1000^\circ\text{C}$. Rozdzielczość kątowa - 5 miliradianów, a rozdzielczość temperaturowa - od $0,1^\circ\text{C}$ do $0,5^\circ\text{C}$ w zależności od wybranego standardowego przedziału temperatur. Zobrazowanie termalne może być rejestrowane w sposób fotograficzny: linia po linii. Ponadto na specjalnym monitorze można otrzymać profil temperatury każdej linii, który również można sfotografować lub zarejestrować na taśmie magnetycznej.



Zdjęcie tradycyjne, termogram zwyczajny i termogram z izotermami

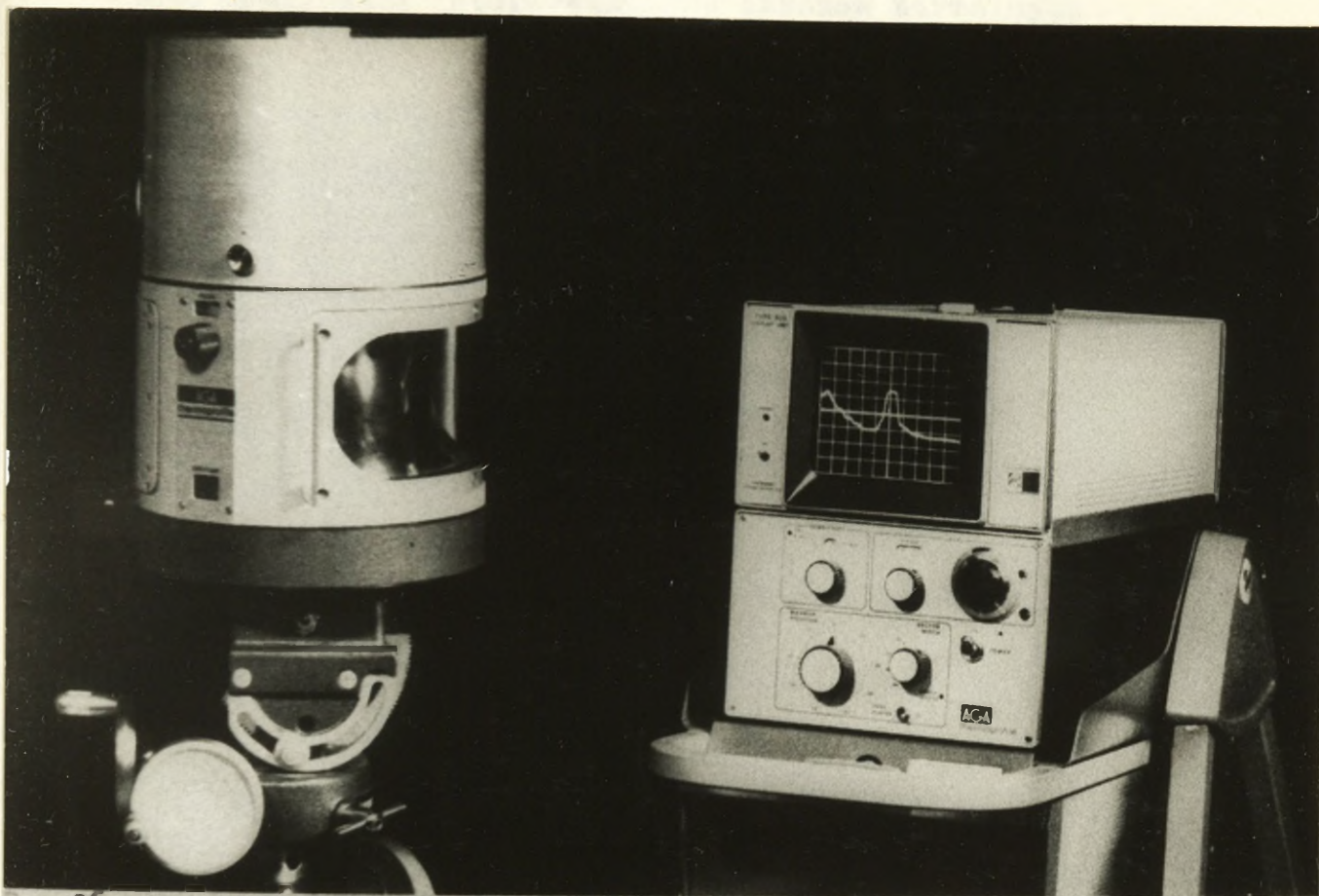


3. Dual isotherms

4. Inverted thermogram with isotherm

5. Suppressed gray scale

Rys.25. Różne warianty termogramów otrzymywanych za pomocą aparatury AGA Termovision System "680".



Rys. 26. AGA Thermopprofile Model THP - 1. Na zdjęciu - głowica wybierająca obraz oraz wskaźnik profilu.

Waga skanera wynosi 14 kg, zespołu zobrazowania - 15,5 kg. Urządzenie AGA Thermopprofile Model THP-1 wchodzi w skład systemu kartograficznego AGA Thermopprofile Infrared Mapping System, w którym wykorzystuje się je do otrzymania mapy termalnej powierzchni ziemi. Ponadto ma zastosowanie w przemyśle i w różnego rodzaju badaniach naukowych.

3. MOŻLIWOŚCI ROZPOZNANIA TERMALNEGO.

3.1. Możliwości interpretacyjne obrazów termalnych

Możliwości prowadzenia rozpoznania termalnego wstępnie oceniono w ramach opisu samych urządzeń. Wówczas podawano przedziały wysokości z których można prowadzić rozpoznanie termalne, długość i szerokość fotografowanego pasa terenu, rozdzielczość kątową i cieplną aparatury i jeszcze szereg innych danych. Są to jedynie możliwości techniczne danego konkretnego urządzenia termalnego zastosowanego w rozpoznaniu.

Natomiast niżej podaje się uwagi dotyczące możliwości rozpoznania termalnego wynikających z samej istoty promieniowania i cieplnego obiektów detekcji w tej części widma.

Znajomość właściwości promieniowania w podczerwieni, szczególnie w podczerwieni cieplnej a więc średniej i dalekiej/, jak również znajomość absorpcji tego promieniowania, jest potrzebna zarówno do określenia i wyboru warunków fotografowania, jak i do interpretacji obrazów termalnych. Nie wnikając w teorię rozpoznawania obrazów można jedynie stwierdzić, że do cech demaskujących obiekty jakie się wykorzystuje podczas foto interpretacji zwykłych zdjęć lotniczych, w przypadku obrazów termalnych doszło wiele nowych cech charakteryzujących właściwości materii, z której jest zbudowany obiekt, właściwości pól obiektu /np. elektromagnetycznego, grawitacyjnego, jądrowego, cieplnego itp./ cech charakteryzujących wzajemne powiązanie obiektów oraz w większym niż dotychczas stopniu faktor czasu. W wyniku tego uzyskano szereg nowych możliwości wykrywania obiektów i zjawisk oraz określenia stanu w jakim się znajdują dane obiekty. Dotychczas cechy te nie fotografowały się na zdjęciach, dopiero w wyniku zastosowania aparatury termalnej nastąpiła jakby ich wizualizacja. Znając Znając już fizykę detekcji w podczerwieni dalej ograniczmy się do

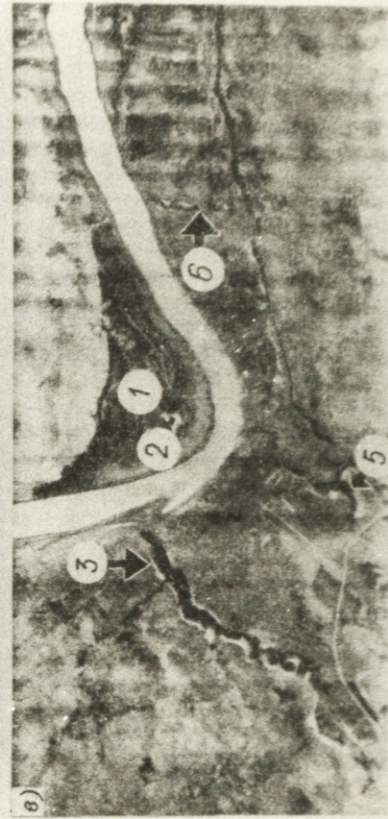
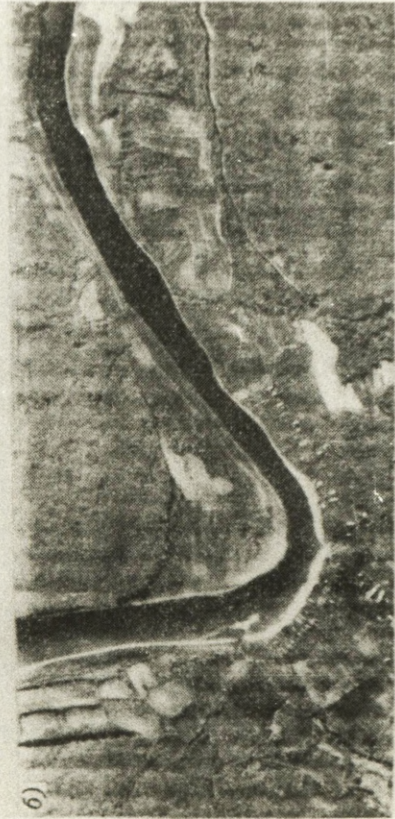
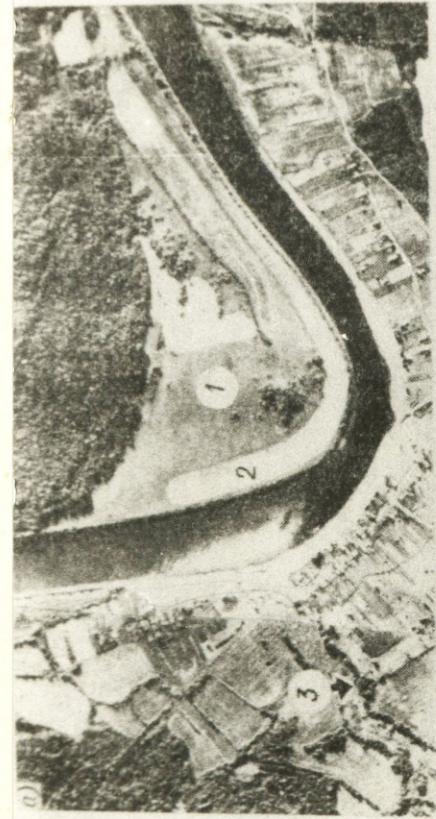
podania szeregu przykładów z zastosowania obrazów termalnych w nauce, technice działalności gospodarczej i wojskowej.

Zdjęcia termalne charakteryzują rozkład temperatury / lub promieniowanie temperaturowe/ na powierzchni obiektów i tła. Miejsca cieplejsze na normalnych termogramach wychodzą w tonach jaśniejszych, miejsca chłodniejsze - jako ciemne lub czarne plamy. Obraz przedmiotów powstaje nie tylko wówczas, gdy obiekt zajmuje swe miejsce w terenie; niektóre obiekty można fotografować nawet po pewnym czasie od ich usunięcia, jeśli pozostawiły po sobie trwałe "ślady" temperaturowe. Ponadto istnieje możliwość zarejestrowania obecności obiektów zamaskowanych, podziemnych i podwodnych, jeśli ich obecność oddziałuje termalnie na powierzchnię ziemi lub wody, pod którą się znajdują.

W rolnictwie te obrazy termalne wykorzystuje się do obeny rodzaju gleb i gruntów, określenia stanu wilgotności gleby, rodzaju użytków rolnych i oceny ich produktywności, stanu roślinności badania czynników wpływających na urodzaj jak również do prognozowania urodzajów. Na podstawie obrazów termalnych wykorzystując kontrasty temperaturowe można wykryć stany chorobowe upraw rolnych, sadów i kultur leśnych.

W hydrografii i oceanografii obrazy termalne służą do badania stanu zbiorników wodnych, temperatury, czystości i stopnia zasolenia wody; cyrkulacji prądów morskich, obecności i głębokości wód gruntowych, stanu urządzeń i rygiacyjnych itp.

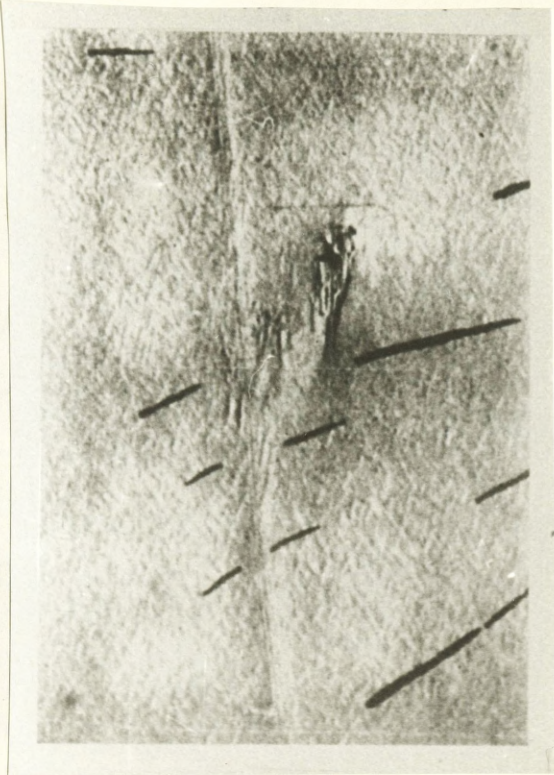
W geologii i górnictwie - ^{termogramy} służą do badania budowy geologicznej powierzchni ziemi, w tym niezwykle użyteczne są przy poszukiwaniu złóż bogactw mineralnych. W badaniach terenów aktywnych wulkanicznie służą do uzyskania rozkładu temperatur, a przez to do otrzymania informacji o budowie wulkanów. Np. na podstawie



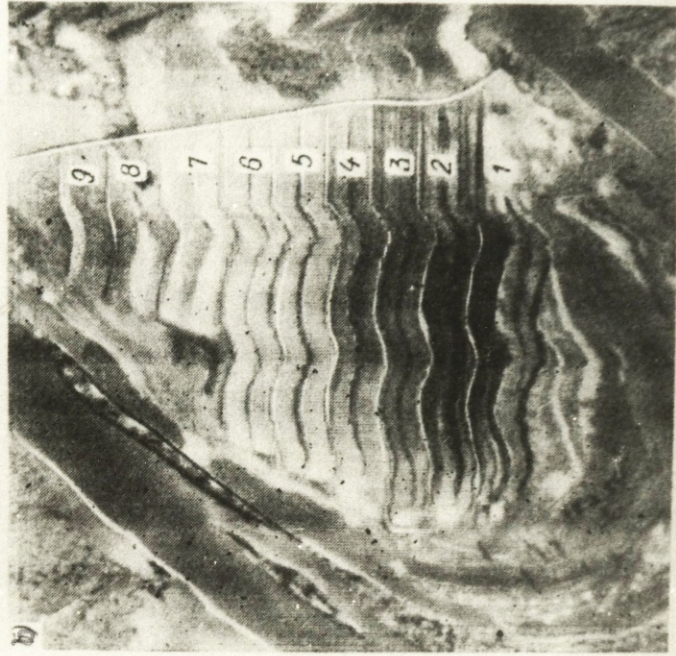
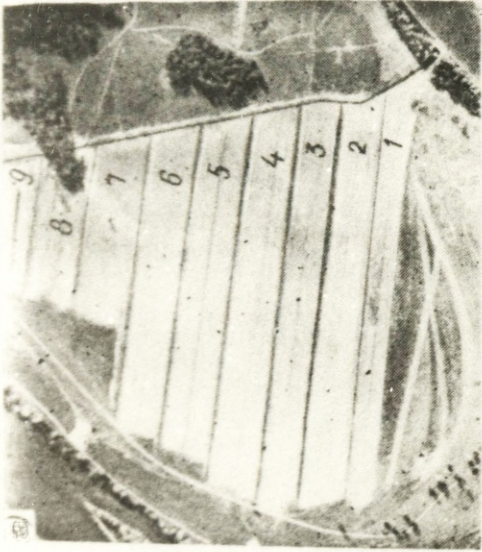
Rys. 27. Zdjęcie lotnicze a/ oraz obrazy termalne doliny rzecznej, wykonane w pasmie 3, 2-5, 3 um o godzinie 18^h15^m /b/ i 21^h00^m /c/.



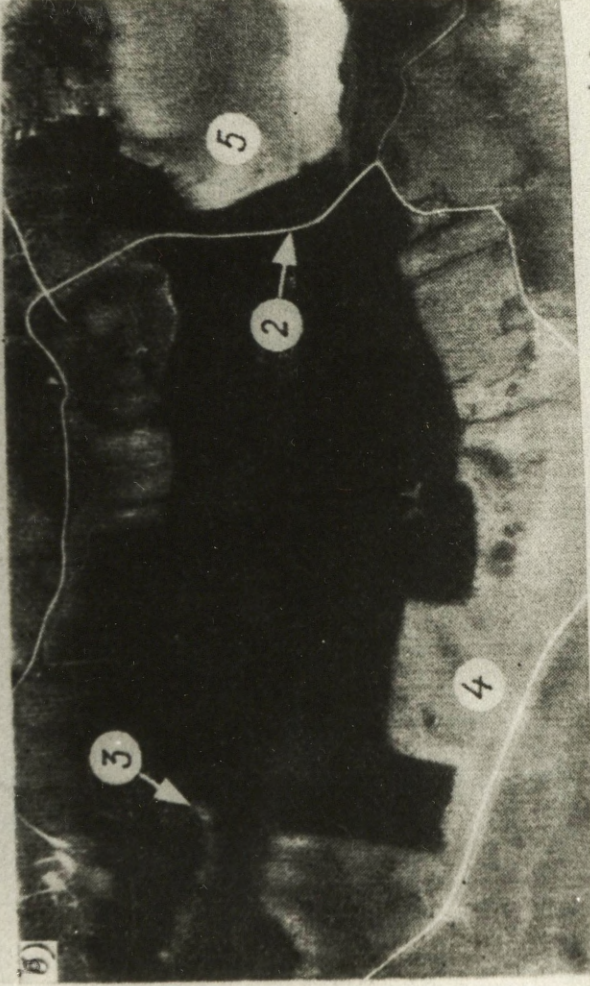
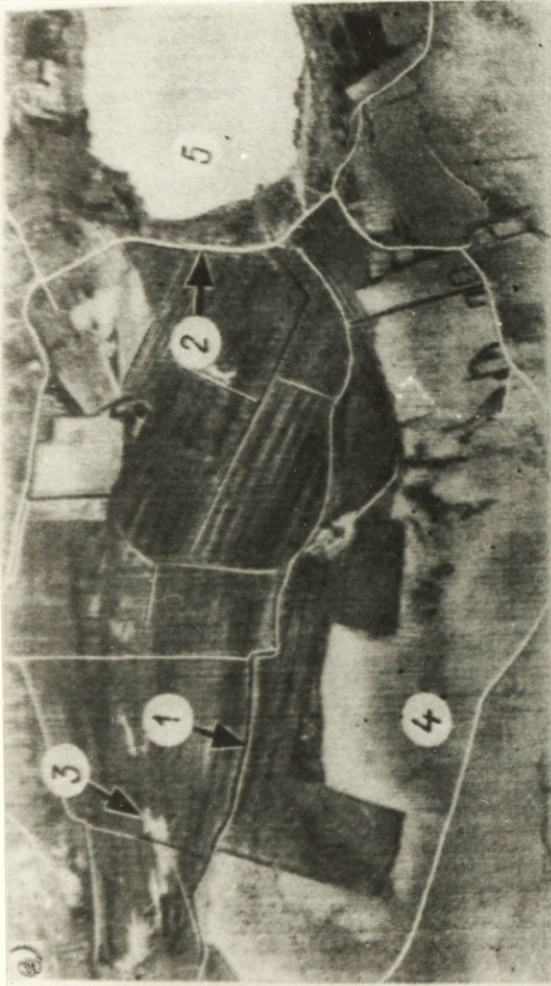
Rys. 28. Termogram obszaru nadmorskiego. Prąd ciepły wychodzi w postaci jasnych smug.



Rys. 29. Termogram z Grenlandii. Szczeliny w lodzie wychodzą w postaci ciemnych smug, chociaż są przykryte powierzchniową warstwą sniegu.



Rys. 31. Zdjęcie lotnicze /a/ i termelne /b/ obszaru upraw roślinnych. Na zdjęciu termalnym zwiększanie linii są spowodowane niespewnością systemu stabilizacji.



Rys. 30. Obrazy termalne otrzymane w dwóch przedziałach widmowych: 8-13 $\mu\text{m}/\text{cm}$ i 1,8-5,3 $\mu\text{m}/\text{b}$. Czas wykonania - 21h45m, wysokość lotu 1000 m. / M^3 Szt. lins/.

ciągłych badań temperatury można przewidzieć zbliżający się okres aktywności wulkanu.

W glaciologii obrazy termalne służą do badania pól i gór lodowych, badania wiecznych zmarzlin terenów przykrytych wiecznym śniegiem itp.

Na termogramach wyraźnie wydzielają się zamrożłe jeziora i ciekł wodne przykryte śniegiem, można odczytać granice pomiędzy szelfem lodowym a lodem morskim, obserwuje się grzędy, pęknięcia, wyżłobienia, stopień zamarzania wód i inne zjawiska hydrologiczne i glaciologiczne.

W przemyśle aparaturę termalną wykorzystuje się do określenia miejsc powstawania strat ciepła; do kontroli stanu nagrzewania się poszczególnych elementów, węzłów lub innych konstrukcji, do kontroli szczelności gazociągów i naftociągów oraz określenia miejsc upływu ropy lub ucieczki gazu; do kontroli linii przesyłowych energii elektrycznej i określenia miejsc strat energii; w systemie ochrony i sygnalizacji przeciwpożarowej, w tym do kontroli i określenia granic pożaru lasów, torfowiska itp.

Istotną rolę dla interpretacji odgrywa wybór właściwego przedziału widmowego oraz wybór pory doby w zależności od rodzaju obiektów lub zjawisk, jakie chce się zarejestrować na termogramach. Np. obiekty o temperaturach anomalnych najlepiej fotografować w nocy, z tym, że najodpowiedniejsze warunki do tego celu panują tuż po zmierzchu oraz przed świtem. Obiekty o różnej bezwładności temperaturowej najlepiej wychodzą na termogramach wykonanych w dni słoneczne w godzinach południowych, gdy różnice w nagrzaniu powierzchni ziemi są największe /w tym okresie szczególnie wyróżniają się obszary wodne, podmokłe i nawilgocone/. Rzeźba terenu wychodzi dobrze przy niskim położeniu słońca, wówczas największy

wpływ w wywierania tzw. efekt topograficzny. Lecz przy dużych różnicach wysokości efekt topograficzny może osłabić czytelność innych obiektów terenu wówczas najlepiej wykonywać zdjęcia cieplne w godzinach południowych i popołudniowych. Deszcze, mgły i zachmurzenia w sumie prowadzą do szybkiego wyrównywania kontrastów cieplnych. Lecz przy jednolitym tle temperaturowym w czasie deszczu mogą się wyróżniać obiekty anomalne, obiekty o dużej bezwładności cieplnej, jak również te obiekty, które na skutek otrzymania pewnej ilości wody powiększyły swoją bezwładność temperaturową. Wynika więc, że te same obiekty w zależności od wybranego przedziału widmowego, pory doby i warunków zewnętrznych będą wychodziły w różny sposób na obrazach termalnych. Należy przy tym mieć na uwadze fakt, że istnieją wielkokanałowe systemy termalne i porównanie obrazów o otrzymanych^w różnych przedziałach widma ułatwia proces fotointerpretacji. Ponadto rozpoznanie termalne jest tylko jednym z kilku równocześnie stosowanych systemów. Rozpoznanie i porównanie wyników otrzymanych równoległe z kilku systemów może dać bardzo bogatą informację o terenie i obiektach.

3.2. Możliwości rozpoznania termalnego obiektów wojskowych i sprzętu technicznego.

Współczesna armie charakteryzują się posiadaniem dużej ilości różnorodnego sprzętu bojowego i technicznego. Można nawet mówić o masowym zastosowaniu tego sprzętu, w wyniku czego następuje naruszenie bilansu cieplnego środowiska naturalnego zarówno poprzez samą obecność sprzętu, jak i poprzez jego działalność. Działalność sprzętu bojowego i technicznego najbardziej uwidacznia się w postaci energii cieplnej, której znaczne ilości są wypromieniowane w przestrzeń. Energia ta uzewnętrznia się w wyniku ruchu danego obiektu albo w wyniku prowadzenia ognia, lub jako

rezultat równoczesnego działania obu tych czynników. Obiekty te są zazwyczaj źródłami powstawania anomalii cieplnych. Ze względu na miejsce występowania obiekty te możemy podzielić na: naziemne, podziemne, nawodne, podwodne i powietrzne.

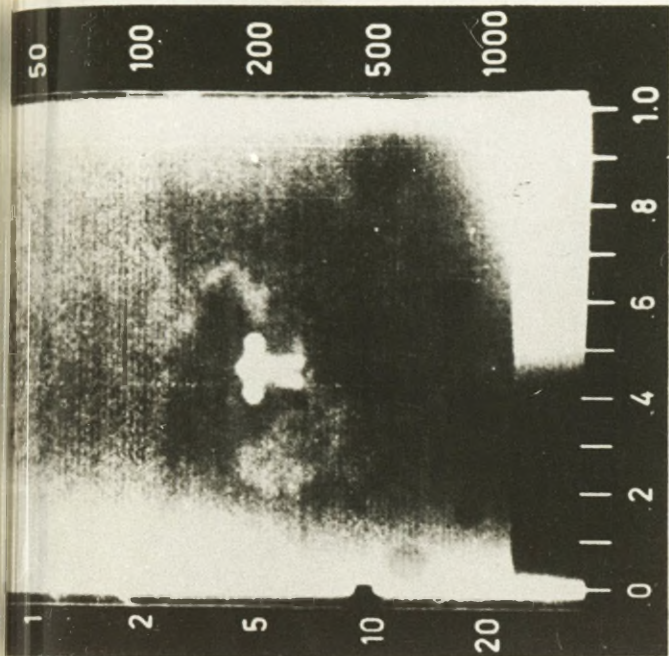
Wśród obiektów naziemnych istnieje duża różnorodność, zarówno ze względu na ich wielkość, rodzaj, jak i budowę wewnętrzną. Wśród sprzętu bojowego i technicznego można najogólniej wyróżnić obiekty o korpusach metalowych, jak czołgi, transportery opancerzone, działa samobieżne, samoloty bazujące na lotniskach itp. oraz obiekty posiadające liczne elementy wykonane z innych tworzyw. Wywierają to określony wpływ na rozkład temperatur na powierzchniach zewnętrznych tych obiektów i na ich rozpoznawalność termalną /kontrast/.

Inną grupę stanowią takie obiekty wojskowe, jak:

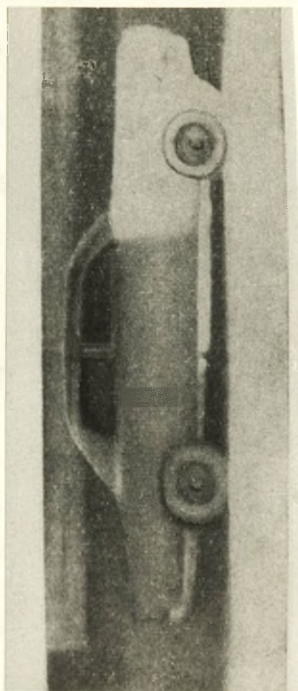
- polowe składy uzbrojenia i materiałów;
- naziemne stanowiska dowodzenia;
- polowe warsztaty remontowe;
- kuchnie polowe;
- fortyfikacje i inne.

W skład tych obiektów wchodzi różnorodny sprzęt i uzbrojenie, które w wyniku swej działalności nagrzewa się i wydziela energię w postaci promieniowania cieplnego. Oprócz działalności cieplnej, przy rozpoznawaniu obiektów naziemnych wykorzystuje się również inne cechy demaskujące obiektów, mianowicie te same, które mają zastosowanie przy wszelkiego rodzaju rozpoznawaniu zdjęć lotniczych.

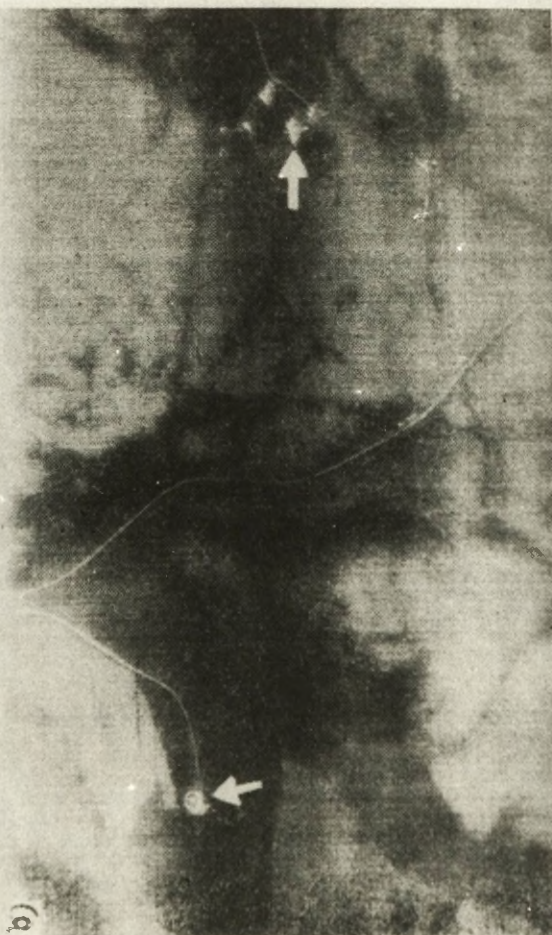
Obiekty podziemne w zależności od ich wielkości, rodzaju, charakteru działalności i głębokości położenia oddziałują cieplnie w różnym stopniu na powierzchnię ziemi powodując w ten sposób różnicę kontrastów cieplnych w stosunku do otaczającego tła.



Rys.33. Termogram manekinu; zdjęcie wykonano w nocy z wysokości około 100 m, za pomocą aparatury AGA Termovision System "680".



Rys.34. Zdjęcie termalne samochodu z pracującym silnikiem /wg. Soule/.



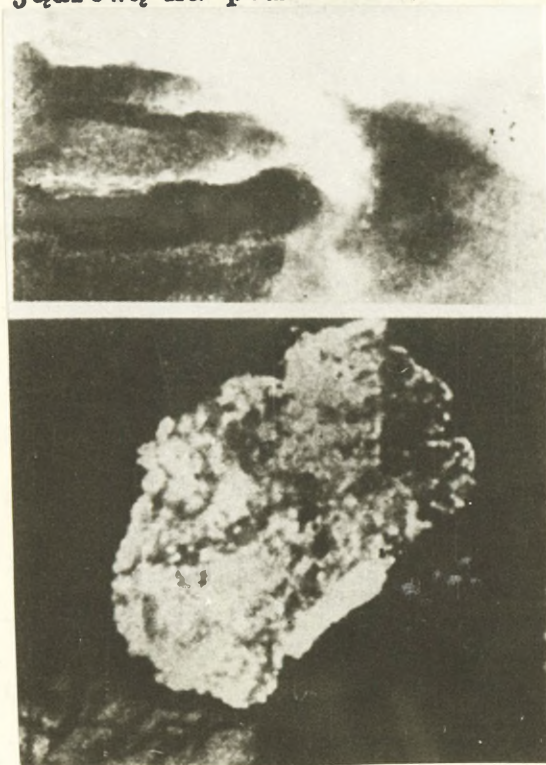
Rys.32. Obrazy termalne obiektów o temperaturze anomalnej: a - w przedziale 8-13 i b - w przedziale 3,2-5,3 um. Czas fotografowania 15h28m, wysokość 500 m. /wg Szylina B.W./

Dodatkowe oddziaływanie cieplne na roślinność, porastającą obszar nad obiektem, umożliwia umiejscowienie obiektu na skutek różnic w stanie fenologicznym, roślinności w zawartości chlorofilu w liściach itp. Często obiekt można umiejscowić na podstawie naruszenia struktury gleby, powstałego na etapie budowy obiektu. Wymienione elementy roślinności i struktury gleby są dobrze czytelne na obrazach termalnych. Ponadto wykorzystuje się inne cechy demaskujące, jak: usytuowanie obiektu /np. podziemne składy paliw na lotnisku/ kształt obiektu /np. gazociąg, ropociąg/ i inne. Np. w okresie wojny wietnamskiej Amerykanie na jednym z poligonów wybudowali szereg podziemnych ukryć, składów żywności i uzbrojenia, takich jakie wykorzystywali partyzanci wietnamscy. Następnie obiekty te rozpoznawano za pomocą techniki termalnej, a wyniki wykorzystywano do sprawdzenia parametrów tej aparatury i określenia jej możliwości rozpoznawczych, a następnie, już praktycznie, w działaniach wojennych. Jedną z pierwszych reakcji na tego rodzaju rozpoznania, było rozpalanie dużych ognisk przez Wietnamczyków w chwili zbliżania się samolotów nad rejony ukryć podziemnych.

Obiekty nawodne odczytuje się przy wykorzystaniu tych samych zasad, które podano dla obiektów naziemnych.

Obiekty podwodne są możliwe do wykrycia, jeśli wykazują działalność cieplną. Np. wykrywanie płynących okrętów podwodnych o napędzie atomowym odbywa się na podstawie różnicy temperatur wody oceanicznej; pióropusza wodnego ciągnącego się za okrętem. Oddziaływanie to ma miejsce nawet przy dużym zanurzeniu okrętu i jest wykrywalne za pomocą satelitarnej aparatury termalnej, której czułość cieplna jest rzędu ułamków stopnia. W podobny sposób na podstawie różnicy temperatur pomiędzy masą atmosfery, a smugą

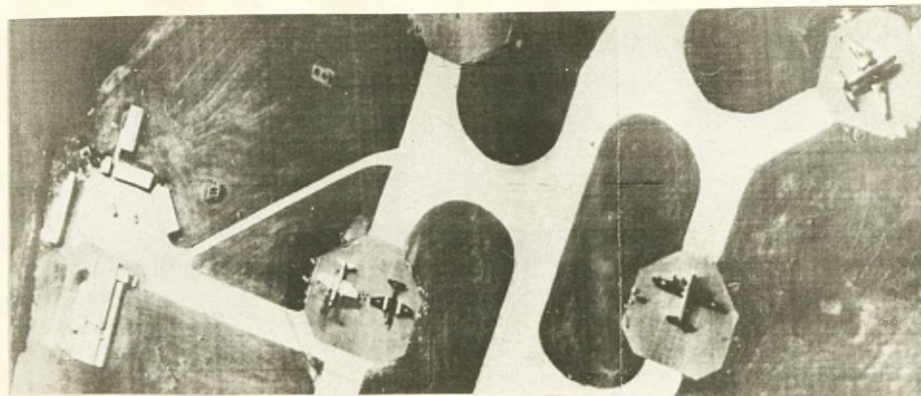
kondensacyjną, obserwuje się przeloty samolotów szczególnie bombowców strategicznych odbywających rejsy dyżurne z bronią jądrową na pokładzie.



Rys.35. Płonący las; u góry - zdjęcie lotnicze, u dołu - termogram tego samego obszaru, na którym jest widoczne ognisko pożaru.



Rys.36. Obraz termalny czołgów /wg. Interavia/.



Rys.38. Termogram fragmentu lotniska /wg. Interavia /.

4. ZASADY FUNKCJONOWANIA SYSTEMÓW ROZPOZNANIA TERMALNEGO W STRUKTURZE ORGANIZACYJNEJ WOJSK

Na obecnym etapie rozwoju sił i środków rozpoznania Stany Zjednoczone odgrywają wiodącą rolę w rozpoznaniu termalnym. Dlatego im poświęcono najwięcej uwagi przy omówieniu środków i systemów termalnych. Z kolei na przykładzie USA niżej przedstawia się zasady funkcjonowania systemów rozpoznania termalnego w ogólnym systemie rozpoznania, ocena sił i środków działających w związkach operacyjnych i taktycznych /w korpusie armijnym i w dywizji/, sposoby zastosowania i opracowania wyników rozpoznania, jak również perspektywy działania systemu rozpoznawczego włącznie z rozpoznaniem termalnym. Przedłożony niżej sposób podania informacji wynika z faktu, że rozpoznanie termalne nie stanowi oddzielnego wyodrębnionego systemu. Jest jednym z systemów rozpoznawczych wykorzystywanych przy ścisłej współpracy i współzależności z innymi. Świadczy o tym zarówno wyposażenie samolotów lub zasobników z aparaturą rozpoznawczą, jak i obieg informacji rozpoznawczej. Często rozpoznanie termalne jest tylko elementem jakiegoś systemu rozpoznawczego.

Lotnictwo USA prowadzi rozpoznanie strategiczne, operacyjne i taktyczne. Jak wynika z uprzednio podanego opisu sprzętu rozpoznawczego na tych wszystkich n/w szczeblach rozpoznania wykorzystuje się rozpoznawczą aparaturę termalną. Rola poszczególnych rodzajów rozpoznania na różnych etapach wojny lub walki zbrojnej, jest różna. Np. w ostatnim okresie wojny w Wietnamie na lotnictwo rozpoznania taktycznego przypadko

97 % wszystkich lotów, a na strategiczne - tylko 2 % / 1 % przypadk na środki bezpilotowe/.

Pod względem technicznym i taktycznym rozróżnia się rozpoznanie sytuacji /w tym obserwacja pola walki/ oraz rozpoznanie celów.

Przy rozpoznaniu pola walki rozróżnia się dwie fazy:

- fazę pierwszą - obejmującą przestrzenne rozpoznanie wstępne oraz
- fazę drugą - obejmującą rozpoznanie ukierunkowane, w wyniku którego wykrywa się, klasyfikuje i identyfikuje cele.

W siłach lądowych ze względu na głębokość rozróżnia się następujące rozpoznania: bliskie - do 10 km, średnie - od 10 do 50 km oraz dalekie - od 50 do 150 i więcej kilometrów.

Podczas działań bojowych poszczególne związki prowadzą rozpoznanie na głębokość odpowiadającą podwójnej szerokości pasa natarcia. Jeśli korpus armijny działa w pasie 70-120 km, to winien prowadzić rozpoznanie na głębokość 150-250 km. Przyjmuje się więc, że obserwację pola walki na głębokość 50-250 km prowadzi się siłami korpusu, a na głębokość 10-50 km siłami dywizji.

AN/AS - 21	AN/AS - 21	AN/APD - 7
AN/AS - 22	AN/AS - 22	AN/APQ - 102
AN/AS - 23	AN/AS - 23	AN/APQ - 103
AN/AS - 24	AN/AS - 24	AN/APD - 8

Na szczeblu korpusu istnieje batalion lotniczy sił lądowych który m.in. posiada eskadrę rozpoznawczą wyposażoną w samoloty OV-1 "Mohawk" i inne, a te zaś posiadają na pokładzie rozpoznawczą aparaturę termalną. Rozpoznanie korpusu może być wspierane przez eskadry rozpoznawcze połączonych taktycznych sił powietrznych wyposażone w samoloty RF-4E "Phantom II", które również posiadają aparaturę termalną. Zarówno samoloty OV-1 "Mohawk" jak i RF-4E "Phantom II" mogą działać w zautomatyzowanym systemie rozpoznania i transmisji danych JIFDATS /Joint Service in Flight Data Transmission System/. System ten opracowany przez firmę amerykańską Northrop służy do odbioru informacji rozpoznawczych, opracowania ich i przesłania w czasie rzeczywistym do ośrodków rozpoznawczych znajdujących się na ziemi. Obieg informacji w systemie JIFDATS jest następujący. Informacje są zbierane za pomocą pokładowych urządzeń rozpoznawczych, takich jak: kamery lotnicze, aparatura termalna, kamery laserowe oraz stacje radiolokacyjne obserwacji bocznej /SLAR/.

Przykładowe wyposażenie samolotów rozpoznawczych działających w systemie JIFDATS^{x/}.

Typ samolotu	Aparatura fotograficzna	Aparatura termalna	Aparatura radiolokacyjna /SLAR/	Kamera laserowa
OV - 1B Mohawk	KA-76	AN/AAS - 24	AN/APS-94	-
RA - 5c	KA-51	AN/AAS - 21	AN/APD-7	-
RF - 4B Phantom	KS-87	AN/AAS - 18	AN/APQ - 102	-
RF - 4c Phantom	KS - 87	AN/AAS - 18	AN/APQ - 102	AN/AVD-2
RF - 111	KS-72	AN/AAS - 18	AN/APD - 8	-

x/ Według "WPZ", nr 5/1973. s.83.

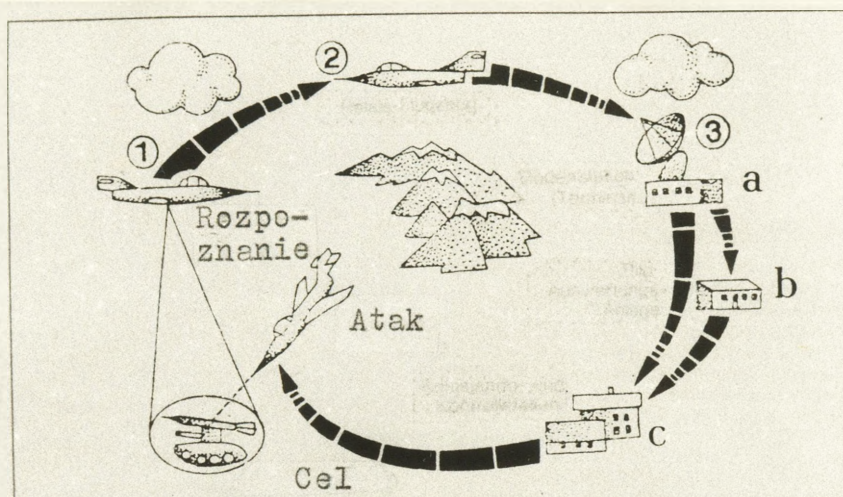
Informacje otrzymywane za pomocą aparatury termalnej i radiolokacyjnej są natychmiast przesyłane do ośrodków naziemnych, natomiast filmy z kamer fotograficznych podlegają pokładowej obróbce fotograficznej, są analizowane na pokładzie, lecz równocześnie obraz jest zamieniany na sygnały elektryczne i przekazywany z pewnym opóźnieniem do tych samych naziemnych ośrodków rozpoznawczych. Szybkość transmisji zdjęć od 12 mm do 36 mm długości taśmy filmu na sekundę.

Przesyłanie informacji zdobytych przez samolotową aparaturę rozpoznawczą jak również otrzymanych w wyniku analizy pokładowej, lub poprzez obserwacje, może się odbywać drogą radiową w sposób bezpośredni, jeśli odległość do ośrodka naziemnego nie przekracza 400 km, albo przy użyciu samolotowej stacji retransmisyjnej, jeśli odległość jest większa od 400 km. Podczas prób systemu przesyłano informacje na odległość do 900 km. Prawdopodobnie istnieje również możliwość wykorzystania satelitarnych stacji przekaźnikowych.

Naziemne ośrodki rozpoznawcze opracowują informacje i przez centralny ośrodek kierowania przekazują je drogą radiową pilotowi samolotu bojowego, który ma obezwładnić lub zniszczyć cel.

Ponadto opracowane informacje przesyła się z ośrodków rozpoznawczych za pomocą sieci kablowej lub radiowej do odpowiednich stanowisk dowodzenia poszczególnych rodzajów sił zbrojnych, gdzie się je wykorzystuje do planowania i prowadzenia działań bojowych.

Naziemne ośrodki opracowania informacji rozpoznawczych są przystosowane do odbioru i opracowania zdjęć i obrazów otrzymywanych za pomocą różnorodnych technik i systemów. Jednym z tego typu obiektów wykorzystywanych na szczeblu taktycznym, jest zestaw



Rys.30. Schemat działania systemu JIFDATS.
1 - odbiór i opracowanie wstępne informacji,
2-- przekaźnik, 3 - naziemny ośrodek rozpoznawczy: a - odbiór, b - opracowanie, c - dowodzenie i kontrola.

AN/TSQ-43 oznaczony również skrótem TIIF /Tactical Image Interpretation Facility/. Umożliwia on opracowanie zdjęć otrzymanych za pomocą tradycyjnych kamer fotograficznych /wymiary zdjęć od 5,7 x 5,7 cm do 22,86 c 47,72 cm/, zdjęć panoramicznych o szerokości od 5,0 do 22,86 cm i obrazów termalnych ciągłych o szerokości taśmy od 5,0 do 24,13 cm. W skład wyposażenia TIIF wchodzi przyrządy optyczne umożliwiające powiększenie obrazu nawet do 120 x, elektroniczna maszyna cyfrowa FADAC - M - 18, urządzenia do przekształcania informacji numerycznej na obrazową i odwrotnie, środki łączności i inne. W TIIF można dokonywać analizy i porównań różnego typu obrazów, w tym również obrazów panoramicznych, termalnych i radiolokacyjnych. Można dokonywać pomiarów obiektów na zdjęciach, określenia współrzędnych celów /w układzie UTM lub geograficznych/, pomiarów odległości itp. Najnowsze urządzenia tego typu są wyposażone w aparaturę umożliwiającą automatyczną fotointerpretację zdjęć i obrazów selekcję

celów itp. Np. jednym z najnowszych jest urządzenie naziemne AN/TAQ-1B, zamontowane w kabinie samochodu. Odebrane sygnały są zobrazowane na dwóch wskaźnikach oraz na oscylografie, który służy do regulowania wielkości ekspozycji przystawki fotorejestratora. Błona fotograficzna z zapisanym obrazem termalnym po 2-9 sekundach jest gotowa do fotointerpretacji. Urządzenie AN/TAQ-1B współpracuje głównie z samolotem OV-1 "Mohawk".

Na szczeblu dywizji pancерnej i zmechanizowanej znajdują się plutony śmigłowców rozpoznawczych wyposażone w aparaturę rozpoznawczą dzienną i nocną oraz w urządzenia laserowe do wskazywania lub podświetlania celów. Przeważająca część aparatury nocnej nie jest aparaturą termalną. Głównie wykorzystuje się aparaturę radiolokacyjną boczną oraz aparaturę telewizyjną pracującą przy niskim poziomie oświetlenia, lecz ostatnio stosuje się również aparaturę termalną typu FLIR.

Na szczeblu tym działa szereg systemów rozpoznawczych jednak przeważają w nich urządzenia radiolokacyjne / SLAR/ telewizyjne i laserowe.

System ALARM /Alerting Long Range Airborn Radar for MTL/ oraz jego udoskonalenie w postaci systemu SOTAS /Stand Of Target Agnisation System/ - są oparte na wykorzystaniu aparatury radiolokacyjnej bocznej.

System AQUILA - jest oparty na wykorzystaniu aparatury telewizyjnej oraz samolotu bezpilotowego Agnila. Jego udoskonaleniem jest system TADAR /Target Agnisation Designation Aerial Reconaissance/, wykorzystywany dla artylerii do rozpoznania i lokalizacji celów naziemnych. W artylerii dywizyjnej znajduje się drużyna rozpoznawcza wyposażona w bezzałogowe samoloty rozpoznawcze AN/USD-501 posiadające również rozpoznawczą

aparaturę termalną. Jest to system brytyjsko-kanadyjsko - zachodniemiecki i jego opis jest podany przy charakterystyce rozpoznania tych krajów.

Zgodnie z planami USA i NATO przewiduje się dalszą integrację systemów rozpoznania oraz integrację systemów rozpoznania z systemami dowodzenia. Kierunki integracji systemów rozpoznania są następujące:

- zapewnienie załączenia każdego podsystemu do każdego systemu rozpoznawczego;
- ujednoczenie zakresów pracy urządzeń radiowych do przekazywania danych z rozpoznania, co w razie konieczności ma umożliwić przyjmowanie sygnałów przez stację dowolnego podsystemu;
- możliwość wykorzystania stacji przekaźnikowych wspólnych dla różnych systemów.

Przewiduje się osiągnięcie takiego stanu w połowie lat 80-tych. Jak wynika z prognoz w tym czasie centralny ośrodek rozpoznawczy na szczeblu dywizji co sekundę będzie przyjmował jeden meldunek. Opracowano więc system BETA /Battlefield Exploitation and Target Acgnisition/, który opracowuje informacje pochodzące z 15 różnych systemów stosowanych w siłach lądowych i powietrznych m.in. systemów SOTAS, SLAR, AWACS i innych. Obecnie opracowuje się koncepcję zintegrowania systemów rozpoznawczych z systemami dowodzenia.

5. ŚRODKI I SYSTEMY PRZECIWDZIAŁANIA ROZPOZNAWIU TERMALNEMU
W ARMIACH PAŃSTW NATO.

5.1. Ogólne poglądy państw NATO na problemy przeciwdziałania
rozpoznaniu termalnemu, oraz miejsce rola i znaczenie
maskowania termalnego w Ogólnym systemie maskowania.

Według poglądów państw NATO głównym celem maskowania jest uniemożliwienie przeciwnikowi zdobycia rzeczywistych informacji o wojskach i obiektach. Osiągnięcie tego celu będzie możliwe wówczas gdy konsekwentnie realizowane będą określone zasady maskowania wojsk i obiektów. W tym zakresie państwa NATO obecnie nie publikują żadnych obszerniejszych materiałów. Zakaz ten jest ujęty w obowiązujących regulaminach wojskowych. Zdaniem specjalistów państw NATO jest to o tyle konieczne, że gdyby nad powyższym zagadnieniem toczyła się szeroka dyskusja na łamach prasy wojskowej, to żaden nowy sposób maskowania, a w tym i maskowania przed rozpoznaniem termalnym nie mógłby być wykorzystywany z całkowitym powodzeniem.

Jednak w oparciu o fragmentaryczną literaturę, oraz analizę wniosków z wojen lokalnych prowadzonych po drugiej wojnie światowej przez państwa imperialistyczne należy sądzić, że problemy maskowania wojsk i obiektów na współczesnym polu walki nabierają szczególnego znaczenia. Aktualnie w państwach NATO poszukuje się najkorzystniejszych sposobów i środków maskowania przed wszystkimi środkami i sposobami rozpoznania. W tym celu zaangażowano wiele ośrodków naukowo-badawczych, w których uczestniczą wybitni naukowcy i specjaliści z różnych dziedzin nauki i techniki.

Państwa NATO przedsięwzięcia maskowania wojsk i obiektów ściśle łączą ~~z~~ z prowadzeniem wojny ^{psychologicznej.} ~~psychologicznej.~~ Wyrażana jest opinia, że przedsięwzięcia maskowania nacelowane są głównie na wprowadzenie w błąd dowódców, sztabów i organów rozpoznawczych

przeciwnika, podczas gdy wojna psychologiczna wymierzona jest przeciwko wojskom strony przeciwnej. Uważa się, że tylko wspólna realizacja przedsięwzięć maskowania i wojny psychologicznej utwierdzą organa rozpoznawcze przeciwnika co do wiarygodności zdobytych danych.

Według poglądów państw NATO maskowanie wojsk i obiektów przed rozpoznaniem termalnym jest częścią składową ogólnego systemu maskowania przed wszystkimi środkami, systemami i sposobami rozpoznania przeciwnika.

Pogląd W zakresie maskowania przed rozpoznaniem termalnym regulaminy państw NATO przewidują następujące zadania dla wojsk:

- a/ Ciągłe stosowanie pozorowania termalnego przez wszystkie rodzaje wojsk poprzez wykorzystanie różnego rodzaju sprzętu wojskowego.
- b/ Kamuflowanie promieniowania podczerwonego realizowane przez organiczne jednostki wojsk inżynieryjnych i chemicznych dywizji, korpusów i armii polowych.
- c/ Zakłócanie podczerwieni przez pododdziały reflektorów korpusnych i armijnych jednostek artylerii polowej;
- d/ Unikanie rozpoznania w podczerwieni przez wszystkie pododdziały przestrzegając dyscypliny ognia, stosując urządzenia rozpraszające energię cieplną oraz wykorzystanie właściwości maskowniczych terenu.

Oprócz nakazów regulaminowych warto przytoczyć kilka ciekawszych poglądów teoretyków państw NATO na problemy maskowania. Stwierdzają oni że stosowanie konwencjonalnych środków i sposobów maskowania w tym i przed rozpoznaniem termalnym przy obecnych możliwościach rozpoznania staje się bezużyteczne.

O skuteczności maskowania decydować będzie różnorodność form i metod jego stosowania. Wszystkie prace maskownicze powinny być prowadzone z uwzględnieniem maksymalnej realności i ich skuteczności. Pożądany efekt może być uzyskany tylko wtedy, gdy przedsięwzięcia maskowania będą odbywały się we właściwym czasie. Uważa się, że maskowanie jest skuteczne od kilku godzin do kilku dni w zależności od szczebla i musi być ściśle powiązane z aktualną sytuacją strategiczno-operacyjną i taktyczną. Aby uzyskać zamierzony efekt maskowania przed rozpoznaniem termalnym przedsięwzięcia powinny być realizowane kompleksowo, oraz w ścisłym powiązaniu z terenem, charakterem działań i aktualną sytuacją taktyczno-operacyjną. Istnieje pogląd, że największe efekty w zakresie maskowania wojsk można uzyskać przez pozorowanie rejonów rozmieszczenia wojsk i obiektów wojskowych.

Do obiektów wymagających maskowania zalicza się:

- systemy dowodzenia wojskami i kierowania środkami rażenia;

- składy amunicji specjalnej;

- stanowiska ogniowe rakiet i artylerii;

- lotniska, bazy i porty;

- węzły i urządzenia łączności.

Do zasadniczych zadań maskowania wojsk i obiektów zaliczają:

- ochronę wojsk i obiektów przed zniszczeniem;

- uzyskanie zaskoczenia;

- dezorientowanie przeciwnika i sprowokowanie go do pożądanych dla siebie działań;

- poprawienie stosunku sił lub złagodzenie efektów niekorzystnego ugrupowania;

- sprowokowanie przeciwnika do użycia sił i środków walki na cele pozorowane.

Słp

Obrona przed rozpoznaniem termalnym może być prowadzona przeciwśrodkami aktywnymi i pasywnymi. Stosowanie środków aktywnych uzależnione jest od posiadania odpowiednich urządzeń technicznych. Stosowanie przedsięwzięć pasywnych wymaga tylko odpowiedniego przygotowania stanów osobowych a cel osiąga się ~~przez~~ przez maskowanie, pozorowanie ⁱ kamuflaż.

Obrona przed środkami rozpoznania termalnego opiera się na odpowiednim wykorzystaniu ujemnych cech promieniowania podczerwonego do których ~~zaliczają się~~ ^{pensja NATO} zaliczają się:

- możliwość stosunkowo łatwego rozpoznania aktywnych urządzeń na podczerwień z powodu wydzielania przez nie energii cieplnej;
- ograniczony zasięg promieniowania;
- ~~niekoherentne~~ rozchodzenie się fal podczerwonych;
- ograniczone pole widzenia urządzeń na podczerwień.

Biorąc pod uwagę powyższe ujemne cechy promieniowania w podczerwieni, należy przy maskowaniu zwrócić szczególną uwagę na:

- rozpoznanie źródeł promieniowania;
- ochronę wojsk i obiektów przed rozpoznaniem termalnym;
- zabezpieczenie własnych źródeł promieniowania cieplnego;
- aktywne przeciwdziałanie rozpoznany i nierozpoznany źródłem promieniowania.

W celu przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu ośrodki naukowo-badawcze armii państw NATO prowadzą szerokie badania nad konstrukcją urządzeń do rozpoznania źródeł promieniowania.

Istniejące już urządzenia sygnalizują obecność promieniowania podczerwonego optycznie lub akustycznie. Optyczną sygnalizację mają takie urządzenia jak: metaskop wyprodukowany w Szwajcarii pokazujący źródło promieniowania podczerwonego na szybcie o zabarwieniu pomarańczowym. Ciężar urządzenia wynosi 0,12 kg o kącie obserwacji 12°.

Prawdopodobnie tego typu urządzenia znajdują się w wyposażeniu armii państw NATO.

Akustyczną sygnalizację obecności promieniowania podczerwonego mają urządzenia podczerwone wyprodukowane w RFN. Urządzenia te sygnalizują obecność promieniowania podczerwonego za pomocą brzęczyka. Ciężar tego urządzenia wynosi 0,15 kg a kąt obserwacji 140° .

Ochrona wojsk i obiektów przed rozpoznaniem i nie rozpoznaniem promieniowaniem może być realizowana przez:

- właściwe wykorzystanie właściwości ochronnych terenu;
- maskowanie przed rozpoznaniem w podczerwieni wykorzystując jego ujemne cechy;
- stosowanie przedsięwzięć aktywnych.

Wykorzystanie terenu powinno być oparte na następujących zasadach:

- nie rozmieszczać nocą obiektów i urządzeń emitujących ciepło w terenie otwartym, należy ukrywać je za stokami, skarpami w jarach, wąwozach lub innych ukryciach;
- w wypadku opromieniowania należy natychmiast usunąć ludzi i sprzęt z pola widzenia;
- należy poruszać się pod osłoną przedmiotów terenowych i pamiętać o periodycznym sprawdzaniu opromieniowania i przestrzegania zasad maskowania jak w czasie dnia;
- najlepsze warunki do rozmieszczenia wojsk i sprzętu zapewniają obszary miejskie i przemysłowe;
- dobre warunki pchrony przed rozpoznaniem termalnym stwarzają również tereny zalewowe a szczególnie ich obrzeża;
- w okresie nocy letnich pojazdy o nagrzanym silnikach wskazane jest ustawiać bezpośrednio na drogach asfaltowych i betonowych;

- pojazdów pracujących w ciągu dnia nie należy ustawiać w miejscach nawodnionych.

Ogromna większość środków materiałowych w przeciwieństwie do światła widzialnego, w podczerwieni charakteryzuje się znacznie różnicowanymi właściwościami odbicia i obserwacji. A więc przedmioty posiadające ten sam kolor i trudne do rozpoznania w świetle widzialnym /dziennym/, mogą być dokładnie rozpoznane w ciemności przy pomocy urządzeń na podczerwień. Fakt ten daje możliwości porównania i potwierdzenia wyników rozpoznania uzyskanych w ciągu dnia lub zdobytych z innych źródeł rozpoznania.

rozpoznaniu w podczerwieni
Przeciwdziałanie może być realizowane przez przemalowanie sprzętu /obiektu/ farbą o właściwościach odbicia otaczającego przedmiot tła lub nałożenie odpowiednich powłok. Przemalowanie przedmiotów, szczególnie mobilnych jest bardzo trudne, przede wszystkim ze względu na dynamikę pola walki, natomiast jest realne i może być w pełni opłacalne dla ważnych obiektów stacjonarnych.

Skuteczność tego sposobu maskowania może być oceniona na podstawie trafności dobrania parametrów odbicia i absorpcji maskowanego obiektu oraz tła.

Prace naukowo-badawcze w tym zakresie koncentruje się na nadaniu umundurowaniu, oporządzeniu i technice bojowej odpowiedniej nawierzchni, która charakteryzowałaby się określonymi średnimi wartościami odbicia i obserwacji, a jednocześnie umożliwiały szybki i nieskomplikowany sposób dostosowania ich do zmieniających się warunków otoczenia. Fakt łatwego wykrycia nocą obiektów przy pomocy urządzeń rozpoznawczych w podczerwieni może być jednocześnie w pełni wykorzystany do mylenia przeciwnika w stosunkowo dość łatwy i prosty sposób szczególnie przy wykorzystaniu ściętej roślinności. Właściwości odbicia ściętej

roślinności zmieniają się bowiem radykalnie i fakt ten może być wykorzystany do rozbudowy obiektów pozornych. Świeżo ścięta roślinność powinna być wykorzystana do maskowania obiektów zgodnie z otaczającym terenem, a zwiędnięta, ze względu na zmienione właściwości jej odbicie i absorpcji może być użyta do pozorowania obiektów. W armiach NATO do maskowania i pozorowania roślinnością używa się różnego rodzaju stojaków i wsporników pozwalających na maskowanie obiektów w ruchu, na postoju i w czasie prowadzenia ognia.

Przedmioty o dużych możliwościach absorpcyjnych promieniowania podczerwonego mogą być również łatwo wykryte a szczególnie gdy obiekty te znajdują się w pobliżu silnie imitujących promieniowanie podczerwone. Z powyższego wynika że nadmierne stosowanie farb pochłaniających promieniowanie podczerwone mija się z celem a wręcz może demaskować obiekt.

Maskowanie własnych źródeł promieniowania cieplnego realizuje się dwoma metodami: pasywną i aktywną.

Metoda pasywna polega na tym, że między maskowanym obiektem a przypuszczalnym kierunkiem rozpoznania stosuje się ekranowanie termalne. Do wykonywania ekranów /zasłon/ używa się tworzywa sztuczne, materiały pochodzenia organicznego i mineralnego w postaci przepon, parasoli, kopuł i odbijaczy.

Metoda aktywna polega na stosowaniu środków pozorujących przez zainstalowanie źródeł promieniowania cieplnego w prawdopodobnych miejscach rozmieszczenia obiektów rzeczywistych. Źródła te powinny mieć większe lub podobne właściwości promieniowania cieplnego niż rzeczywiste obiekty maskowane. Metoda ta w znaczny sposób utrudnia przeciwnikowi lokalizację i klasyfikację obiektów właściwych. *rzeczywistych.*

Zakłócenie działania źródeł promieniowania podczerwonego i urządzeń odbiorczych państwa NATO realizują m.in. przez oświetlenie pola walki za pomocą konwencjonalnych środków oświetlających oraz stawiania sztucznych zasłon mgielnych lub dymnych stosowanych zarówno w dzień jak i w nocy.

Stosowanie ich przewidują przede wszystkim do krótkotrwałego ukrycia wojsk i obiektów w takich sytuacjach jak, wykorzystanie ataku przez przeciwnika lub skrytego manewru wojsk i techniki na polu walki. Zasłony dymne utrudniają również wykorzystanie pocisków kierowanych w tym na podczerwień. Wozy bojowe armii NATO posiadają pojemniki z których w ciągu ok. 2 sekund można wytworzyć zasłonę dymną osłaniającą pojazd przez ok. 2 minuty. Kolumny pojazdów mogą wytworzyć baldachimy dymne uniemożliwiające rozpoznanie i skuteczny atak przeciwnika a jednocześnie pozwalające kierować pojazdami, ponieważ dym unosi się w pewnej wysokości nad gruntem lub drogą. Przewiduje się też maskowanie za pomocą zasłon dymnych i aerozolowych w postaci powietrznych ścian dymnych uniemożliwiających atak samolotem i śmigłowcem na wojska i obiekty naziemne. Ściana dymna wykonywana jest przy pomocy małokalibrowych pocisków raketowych wybuchających na różnych wysokościach. Czas wykonania zasłony wynosi kilka sekund.

W celu uniemożliwienia prowadzenia rozpoznania przez urządzenia optoelektroniczne przeciwnika tak w paśmie podczerwieni jak i w widzialnym wykorzystywane są źródła i środki niekoherentne jak i koherentne. Jako środki niekoherentne stosowane są między innymi świece dymne bezbarwne dające dość szerokie pasmo zakłóceń, lampy promieniujące oraz fałszywe pułapki /mini-rakiety/ promieniujące w paśmie $1,8 - 5,2 \mu\text{m}$. Jest to widmo termiczne silników samolotowych a także w nieco dalszym zakresie

silników pojazdów mechanicznych. Minirakiety palą się od 5-30 sek. stanowiąc dodatkowe źródło promieniowania podczerwonego wprowadzając w błąd rakiety przeciwnika naprowadzone na podczerwień a przez to ochronę własnych samolotów. Do lamp promieniujących można zaliczyć lampy łukowe, na ksytonie, cyrkonie cezie i argonie. Każda z nich wytwarza promieniowanie w paśmie widzialnym i podczerwieni. Źródła te ściągają na siebie środki rażenia przeciwnika lub nasycają układy śledzące dając jasne tło co maskuje cele lub też stwarzają kilka jednakowych źródeł promieniowania jako cele mylące.

Fałszywe pułapki wyrzucane są przez urządzenia pirotechniczne lub sprężone powietrza z samolotów. Np. urządzeniem w systemie AN/ALE 29 zainstalowanym w samolocie można w ciągu ok. 2,5 sek. wyrzucić 60 szt. pułapek. Źródła państw NATO podają, że w powietrzu mogą być też wyrzucane niewielkie bomby świecące jak również paliwa typu "galaretowatego" spalające się na spadochronach.

Do źródeł koherentnych zaliczyć można lasery pracujące w paśmie widzialnym i podczerwieni zakłócające optyczne odbiorniki radarowe, układy śledzące i dalmierze. Obejmuje ono zakłócanie bezpośrednie, zakłócanie odbiciem od celu i zakłócanie rozproszone. Zakłócanie bezpośrednie "nasyca" odbiorniki optoelektroniczne i układy dalmierzy. Jest ono realizowane przez urządzenia optoelektroniczne pracujące na fali ciągłej, które kieruje energię na wybrany odbiornik.

Zakłócanie odbicia od celu realizowane jest przez urządzenia optoelektroniczne pracujące impulsowo wytwarzające w tej samej długości fali i częstotliwości powtarzania co impulsy urządzenia laserowego. Natomiast zakłócenia rozproszone to wykorzystanie aereozoli w właściwościach rozszczepiania i załamania promieni

światlnych i podczerwonych.

Nowe metody przeciwdziałania elektrooptycznemu opracowano w ramach programu COMPASS GHOST. Jedną z metod polegała na dezorientacji oka ludzkiego i spowodowania czasowego zaburzenia równowagi u ludzi usiłujących śledzić wzrokiem lecący samolot. Zasada działania polega na tym, że jeżeli oko przyłożone do soczewki zostanie opromienione np. przez wiązkę laserową to odebrany impuls przez siatkówkę zostanie wzmocniony do kwadratu mocy impulsu urządzenia laserowego. W tym celu stosowano emisję bardzo silnych impulsów światła /błysków/ z gondoli umieszczonej pod kadłubem samolotu lub śmigłowca.

Aktualnie prace naukowo-badawcze państw NATO w zakresie przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu prowadzone są nad rozwojem urządzeń technicznych oraz stosowanie różnych nowych działań taktycznych. Zadaniem urządzeń technicznych jest wprowadzenie w błąd elementów rozpoznawczych samonaprowadzających na podczerwień. Działania taktyczne polegają na wykorzystaniu ruchu i manewru wojsk i sprzętu technicznego w celu ochrony ich przed rażącym działaniem środków walki.

Jednym z najpoważniejszych problemów rozpoznania termalnego jest wyróżnienie obiektu z tła. Należy tutaj zwrócić uwagę na poważne różnice występujące zarówno przy rozpoznaniu jak i przeciwdziałaniu w podczerwieni w powietrzu i na ziemi. Szczególnie trudne warunki przeciwdziałania w podczerwieni występują w powietrzu. Wykrywanie celu z tła jakim jest firmament nie przedstawia większych trudności. Natomiast tło naziemne a szczególnie rzeźba terenu i infrastruktura stanowią bardzo poważną przeszkodę w określaniu sygnału wydobywającego cel z tła. Dlatego też charakterystyka tła staje się nowym przedmiotem badań.

Duże sukcesy rakiet kierowanych na podczerwień typu powietrze powietrze są konsekwencją łagodnego tła oferowanego przez firmament

Przedstawione powyżej fakty spowodowały zwrócenie szczególnej uwagi na rozwój badań i doświadczeń w zakresie przeciwdziałania rozpoznaniu w podczerwieni w powietrzu prawie we wszystkich armiach państw NATO.

Zasadniczymi obiektami powietrznymi są samoloty, śmigłowce i rakiety. Ich głównymi źródłami podczerwieni są silniki i wyrzucane produkty spalania. Przeciwdziałanie w zakresie rozpoznania termalnego i możliwości zniszczenia tych obiektów koncentrują się na:

- a/ obniżenie temperatury silników samolotów odrzutowych a szczególnie z dopalaczami strumieniami ^{wodnej mgły} ~~wody~~ lub przez dozowanie pyłów aluminiowych do gazów spalinowych.)
- b/ osłanianiu elementów promieniowania podczerwonego przez zastosowanie odpowiednich ekranów między źródła promieniowania a detektory.

Powyższy rodzaj przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu może mieć ogromne zastosowanie również do maskowania obiektów naziemnych.

Według danych państw NATO izolowanie silników i rur wydechowych oraz stosowanie turbowentylatorów w samolotach turboodrzu-
wych powoduje zmniejszenie promieniowania podczerwonego smugi spalin o ok. 50%. Prowadzone są również badania nad konstrukcją urządzeń rozpraszających strumień gazów na szereg mniejszych smug co powoduje szybkie studzenie i zmniejszenie intensywności promieniowania cieplnego. Należy stwierdzić, że ⁹ dotychczas uzyskane wyniki w tym zakresie są znikome i dalszy postęp wydaje się mało prawdopodobny. Mając powyższe na uwadze państwa NATO skierowały badania i doświadczenia na wykorzystanie działań taktycznych do przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu. Uważają, że np. samolot odrzutowy z dopalaczem poprzez wykonywanie ruchów taktycznych

może w znacznym stopniu ochronić się przede wszystkim przed działaniem rakiet przeciwlotniczych naprowadzanych na podczerwień. Między innymi przewidują następujące ruchy dla samolotów:

- a/ zejście z pola widzenia detektora;
- b/ lot między detektorem a słońcem;
- c/ emitowanie dymu z silników;
- d/ wyrzucanie z samolotu granatów o wysokiej temperaturze;
- e/ użycie pułapek podczerwieni;
- f/ wykorzystanie obłoku lub mgły i chmur przez wybór odpowiedniego korytarza lotu. /Para wodna znajdująca się między detektorem a samolotem częściowo lub całkowicie rozprasza promieniowanie podczerwone emitowane z samolotu/..

Przeciwdziałanie termalne w powietrzu jest związane ściśle z ucieczką obiektów powietrznych przed rażącym działaniem rakiet ziemia - powietrze i powietrze - powietrze samonaprowadzających się na podczerwień.

Datad

5.2. Środki i systemy przeciwdziałania rozpoznaniu termalnemu oraz sposoby i zakres ich wykorzystania

Zgodnie z istniejącymi poglądami państw NATO stwierdzającym że, tradycyjne środki i sposoby maskowania na przyszłym polu walki będą nieskuteczne, zaszła konieczność rozwinięcia prac naukowo-badawczych nad nowymi środkami, sposobami i systemami maskowania, które byłyby ^w stanie przeciwdziałać współczesnym środkom i sposobom i systemom rozpoznania przeciwnika.

Badaniami i produkcją sprzętu do maskowania termalnego zajmuje się na zachodzie szereg laboratoriów naukowych i koncernów przemysłowych. Znaczne postępy w zakresie produkcji siatek maskujących oraz farb pochłaniających osiągnęła szwedzka firma BARRACUDAVERKEN AB.

Środki maskowania powyższej firmy są szeroko wykorzystywane przez armie państw NATO.

Zestaw siatek maskujących Barracuda charakteryzuje się interesującymi właściwościami maskującymi w zakresie znaczenie szerszym od widzialnej części widma, co stwarza możliwości uniwersalnego ich wykorzystania. Firma produkuje środki przeznaczone do maskowania sprzętu i uzbrojenia we wszystkich porach roku w terenie lesistym i pustynnym, a także maskowania okrętów w portach. Firma produkuje również siatki i parasole maskujące i pozorujące, służące do pozoracji samolotów oraz innego sprzętu i uzbrojenia. Zestaw umożliwia również przemalowanie sprzętu, w zależności od pory roku i terenu. Siatki do wykorzystania w terenie pokrytym roślinnością są nasączone farbami chlorofilowymi, ponieważ ten składnik ma decydujące znaczenie w terenie pokrytym roślinnością.

W terenie zaśnieżonym najistotniejszą rolę odgrywa wielkość współczynnika odbicia promieniowania ultrafioletowego, którego wartość dla śniegu wynosi 80-90%. Barracuda produkuje farbę o wysokim współczynniku odbicia łatwą zarówno w użyciu jak i usuwaniu nawet przy niskich temperaturach.

Barracuda produkuje także ~~siatki~~ maskujące przed rozpoznaniem w podczerwieni, siatki powodują rozproszenie i częściowe pochłanianie promieniowania cieplnego maskowanych obiektów posiadających temperaturę wyższą od temperatury otoczenia. Powoduje to zamazanie obrazu zmniejszając możliwości identyfikacji rozpoznawanych obiektów. Przy bardzo dużej różnicy temperatur obiekt powinien być jednak izolowany termicznie. Siatki spełniają również wymagania podczas rozpoznania przy pomocy lasera. Powodują rozproszenie promieni laserowych i zamazują obraz.

Produkowane przez Barracudę siatki maskujące charakteryzują się wieloma dodatnimi cechami do których należy zaliczyć:

- lekkość, łatwość łączenia i wysoka wytrzymałość;
- uniwersalność /od maskowania czołgu do okrętu/;
- niezmiennosc właściwości w wysokich i niskich temperaturach; /od $- 20^{\circ}$ do $+ 40^{\circ}$ /.
- szybkość maskowania /okręt w ciągu 20 minut/.

Wzór maskujący siatek składa się z 3-5 warstw, każda o innych właściwościach. Grubość warstwy wynosi 0,2 mm i ma powierzchnię matową. Materiał nakładany jest na siatkę specjalną techniką dającą efekt trójwymiarowy podobny do efektów naturalnego pokrycia terenu. Nakładanie materiału na siatki odbywa się przez zanurzenie ^{komponentach} o różnego rodzaju ~~komponentach~~ z polichloru winylu.

Oprócz siatek maskujących i farb państwa NATO do maskowania wojsk i obiektów stosują różnego rodzaju areozole. Do areozoli zaliczają dymy i pyły. Stawiane im wymagania to mała masa i tworzenie dużych obłoków.

Dotychczas stosowane areazole częściowo rozpraszają i ~~absorbują~~ promienie świetlne. Efekty rozpraszające stały się inspiracją do prowadzenia szeroko rozwiniętych prac naukowo-badawczych. W wyniku prowadzonych badań i doświadczeń wprowadzono w armiach państw NATO szereg nowych działań taktycznych wojsk i sprzętu wojskowego umożliwiających aktywne przeciwdziałanie rozpoznaniu termalnemu a zwłaszcza myleniu ^{ów} środków bojowych ^{ych} samonaprowadzających ^{działań} się na podczerwień. Do ~~uwagi~~ wojsk wprowadzono nowe pojęcia takie jak: atak w nocy, atak we mgle, atak od strony słońca, polerowanie obrony czyli użycie ekranów jako reflektorów kierujących odbite promienie w oczy przeciwnika itp.

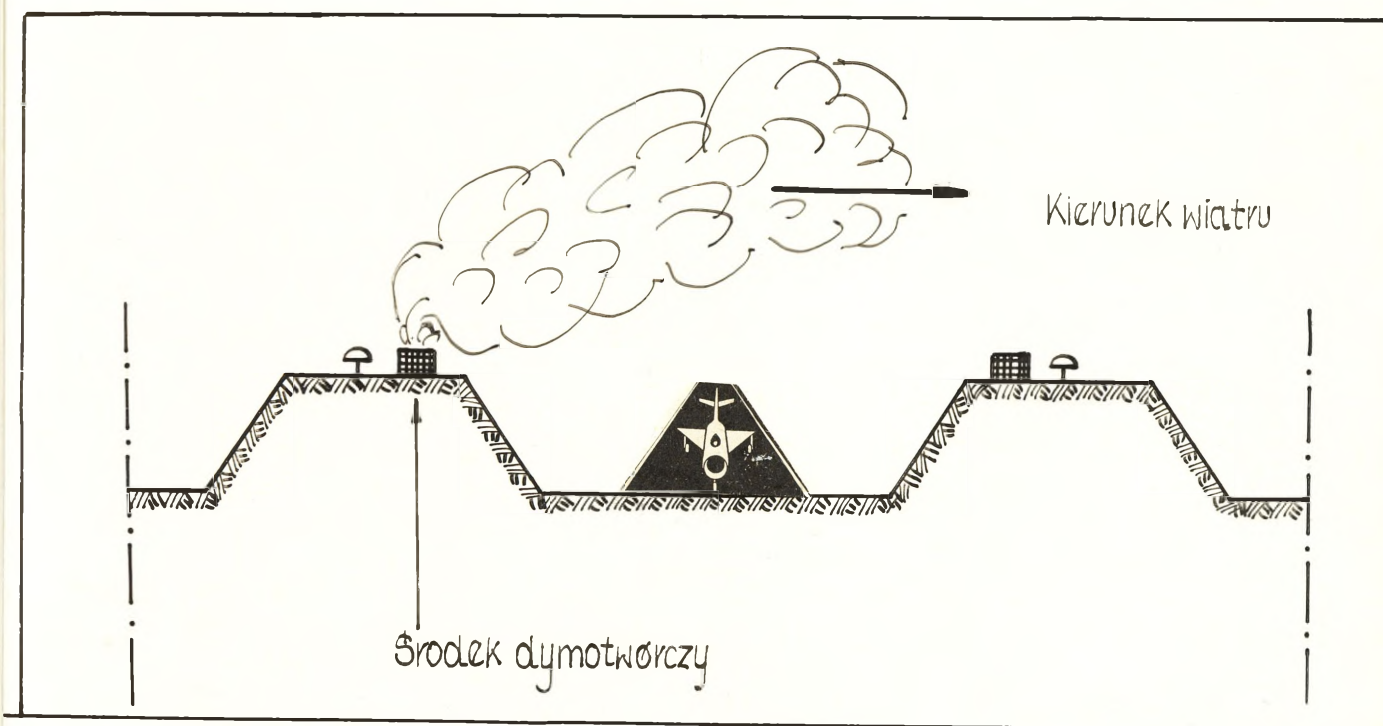
Obecnie w armii USA prowadzone są badania nad następującymi rodzajami pirotechnicznych areazoli: mgła olejowa, dymy typu HC, biały fosfor oraz mieszaniny: boru, potasu, chloru, tytanu.

- a/ Mgła olejowa polega na wytwarzaniu mieszaniny oleju z powietrzem. Po połączeniu oleju z powietrzem wytwarzają się bardzo małe kropelki, które powodują rozproszenie światła. Jeśli olej się spali efektywność gwałtownie spada. Jest to jeden z najmniej wydajnych aerozoli.
- b/ Dymy typu HC są nową technologią w porównaniu do mgły olejowej. Jest to pirotechniczna mieszanka zawierająca proszek aluminiowy, tlenek cynku i heksachloro^oetan. Produktami spalania są: tlenek aluminium, chlorek cynku i różne postacie węgla.
- c/ Biały fosfor /aerazol/ jest wytwarzany przez spalanie białego fosforu. Dym łączy się z wilgocią w powietrzu tworząc kropelkową zawiesinę. Powstały aerazol jest podobny do aerozolu HC, a jego efektywność zależy od wilgotności powietrza.
- d/ Firma MBA wyprodukowała nowy materiał aerozolowy. Składa się on z mieszaniny boru, potasu chloru i tytanu. Aerazol wytwarza się przez spalenieⁱ może być użyty nie tylko do rozpraszania światła. Jest nietoksyczny i odporny na zawilgocenie, zapalony w postaci proszku gwałtownie tworzy gęstą aerozolową chmurę. Może być prasowany w kostki wówczas spala się wolniej dając dłuższy efekt w postaci aerozolowego obłoku.

Możliwości przedstawionych środków ilustruje poniższa tabela.

Typ aerozolu	Pokrycie powierzchni w stopach kwadratowych z funta
Biały fosfor	6600
MBA	5900
HC	4450
Mgła olejowa	3200

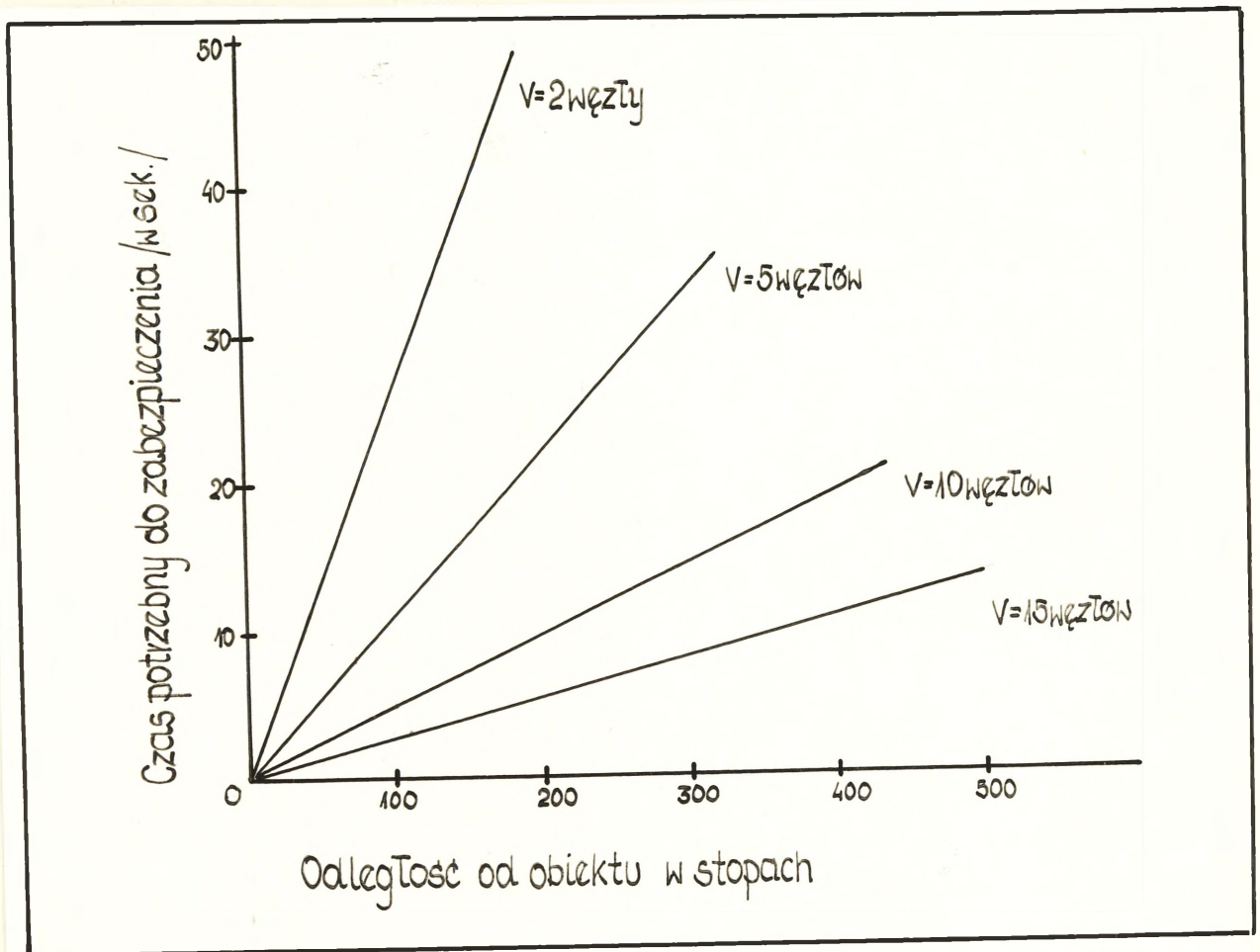
Na rysunku Nr 39. przedstawiono jeden ze sposobów użycia aerozolu. Na obrzeżach polowego ukrycia dla samolotu ustawiono pojemniki z mieszanką aerozolową oraz detektory mające za zadanie przejęcie impulsów, laserowych i zapalenie mieszanki. Według doświadczeń taki sposób całkowicie zabezpiecza cel przed kierowanymi uderzeniami. Ponadto zabezpiecza przed obserwacją wzrokową a także może mylić w podczerwieni. Niedomoganiem tego sposobu jest zależność od kierunku a szczególnie zmienności wiatru.



Rys. nr 39. Sposób użycia aerozolu.

Na wykresie rys. 40. przedstawiono wymagany czas na zabezpieczenia obiektu w zależności od odległości między urządzeniem wytwarzającym aerozol a obiektem, przy różnych szybkościach wiatru. W taki sam sposób mogą być zabezpieczone inne obiekty zwracając uwagę na następujące czynniki:

- wielkość obiektu, jego powierzchnia;
- szybkość i kierunek wiatru;
- odległość w jakiej można ustawić pojemniki z aerozolem.

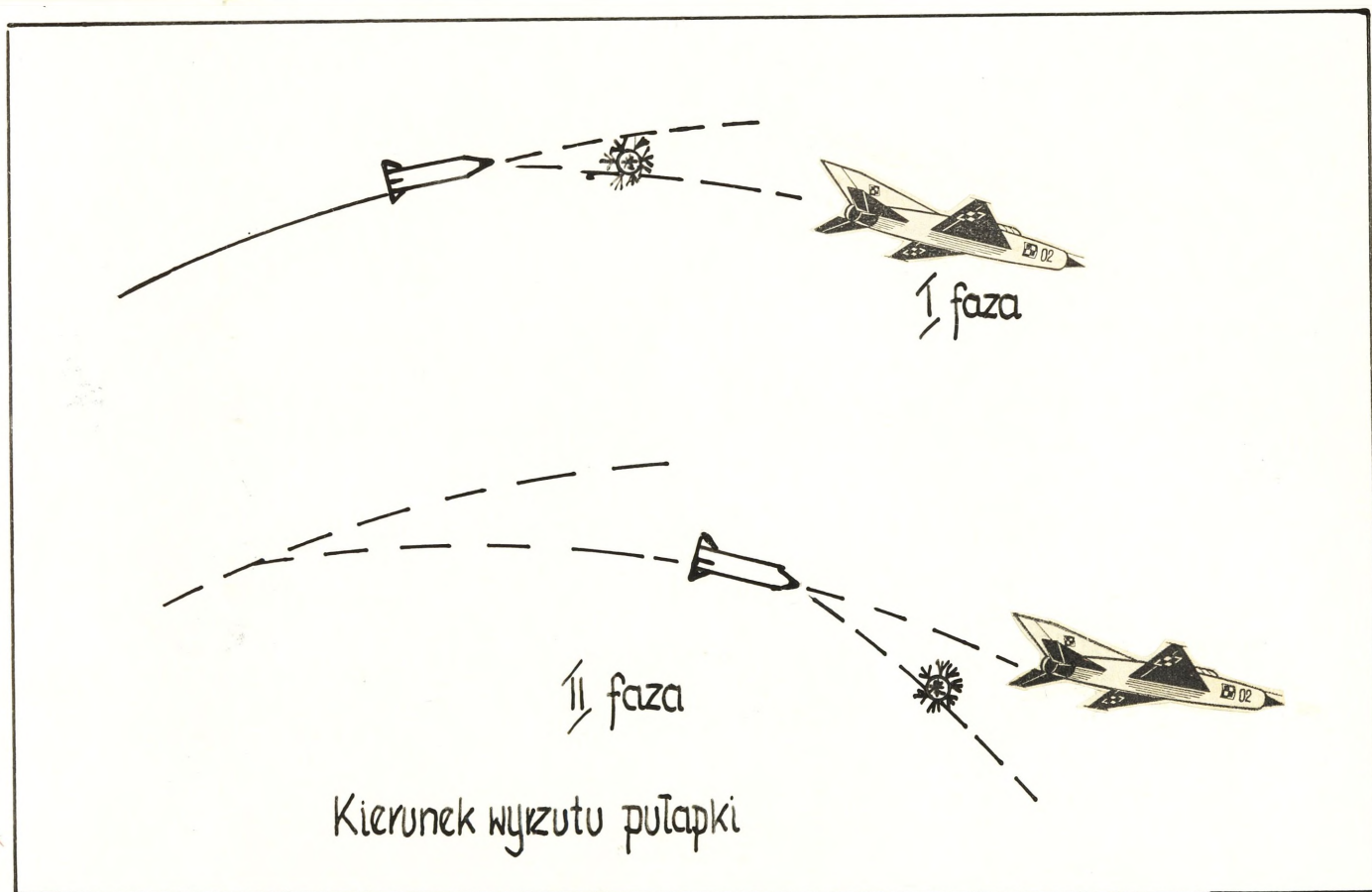


Rys. nr 40. Wykres potrzebnego czasu do zabezpieczenia obiektu w zależności od jego odległości przy różnych szybkościach wiatru.

Dotychczas prowadzone badania i doświadczenia wykazały, że najlepsze efekty w zakresie przeciwdziałania w podczerwieni a zwłaszcza w powietrzu osiągnąć można przez mylenie.

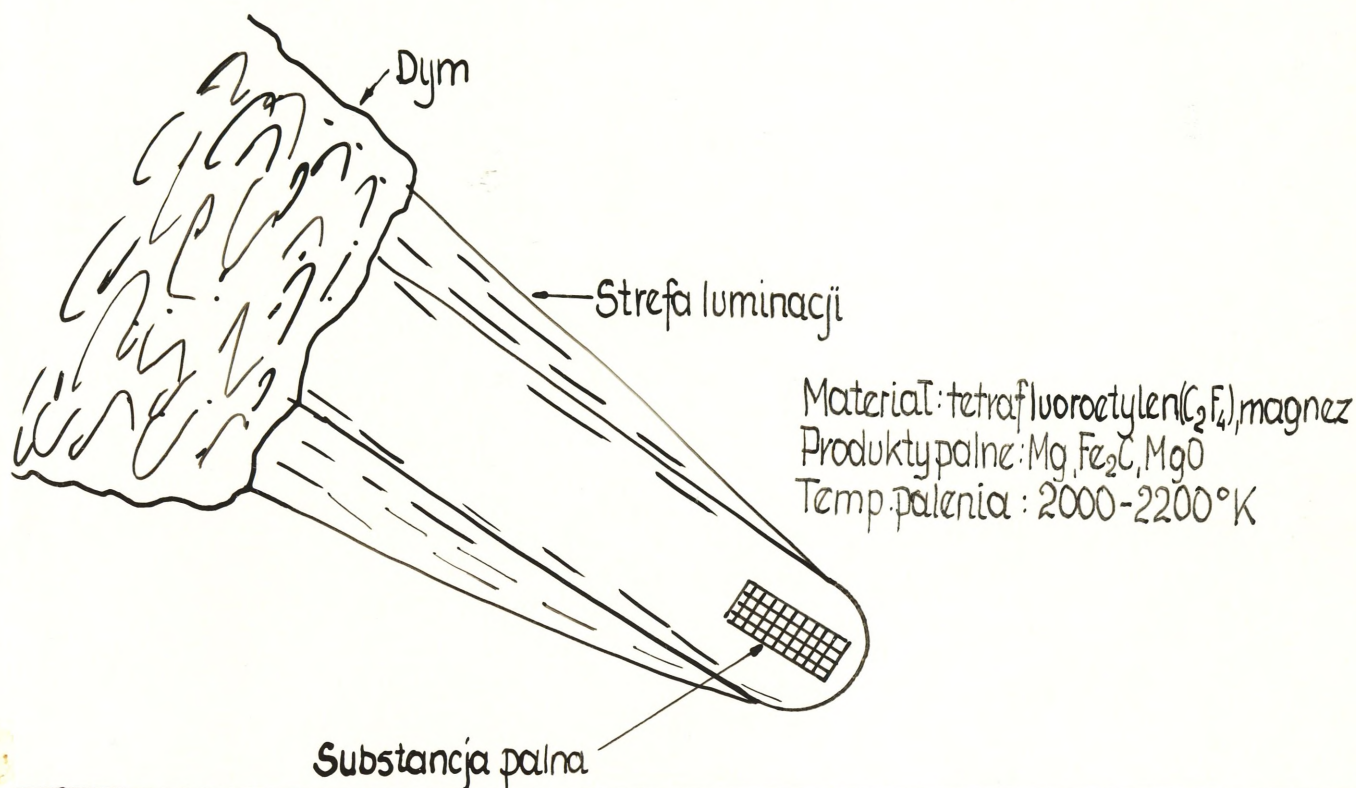
Państwa NATO a ~~XX~~ zwłaszcza USA opracowały systemy zabezpieczające środki powietrzne przed rażącym działaniem rakiet samonaprowadzających się na podczerwień. Zasadą opracowanych środków

i systemów jest jak już wspomniano w niniejszym opracowaniu odwrócenie "uwagi" rakiety od celu zasadniczego i skierowanie jej na cel pozorny wyrzucany z samolotu lub innego środka powietrznego w postaci rakiet świetlnych, granatów świetlnych, pułapek podczerwieni i innych gorących substancji, których promieniowanie cieplne jest silniejsze od promieniowania samolotu. W ten sposób raketę naczelowaną np. na samolot myli się i kieruje jej lot do źródła intensywniejszego promieniowania czyli w kierunku zastosowanej pułapki. Kolejne fazy działania rakiety przedstawiono na rysunku nr. 41.



Rys. nr. 41. Wykres kolejnych faz lotu rakiety samonaprowadzającej się na podczerwień po zastosowaniu pułapek cieplnych.

Na rys. nr. 42 przedstawiono granat świetlny wyrzucany np. z samolotu wykorzystywany do mylenia rakiet samonaprowadzających się na podczerwień, materiały użyte do jego produkcji, produkty palne oraz uzyskane temperatury palenia.



Rys. nr **42** Schemat działania granatu świetlnego.

Wyrzucanie granatów świetlnych musi odbywać się w "polu widzenia" rakiety a pilot samolotu odpowiednim manewrem podanym w mniejszym opracowaniu powinien wyjść z tego pola.

Stpol → W celu ochrony ^{przeciwnym kierunku} środków powietrznych przed rażącym działaniem rakiet samonaprowadzających się na ^{radiolokacyjnie} podczerwień państwa NATO opracowały ~~xxx~~ szereg systemów. Jednym z nich jest system amerykańskiej firmy TRAKOR INC z Teksasu. Jest to system o nazwie ALE-40. System ten składa się z urządzenia programującego, urządzeń kontrolnych i urządzeń dozujących /dozowników/.

Najczęściej stosowanym urządzeniem programującym jest C - 10286 /ALE - 40 /V/ pokazanym na zdjęciu nr ~~43~~ *4*

przebieg 10 cm

C-10286/ALE-40(V) Programmer, Electric Command Signal



Rys. nr. ~~43~~⁴ Zdjęcie urządzenia C-10286/ALE-40/V/

C-10286/ALE-40/V jest małym i lekkim urządzeniem przeznaczonym do zestawu AN/ALE-40. Może być zainstalowany w samolocie F-4, F5E/F i F16 A/B. Podobne urządzenie o niższych parametrach było już stosowane od 1975r.

Urządzenie może być zaprogramowane do miotania folii i granatów świetlnych pojedynczo lub salwą kolejno i jednocześnie bez względu na warunki. Używane jest również do treningu. Urządzenie może być sterowane automatycznie, reagując na sygnały odbierane z zewnątrz przez urządzenia ostrzegawcze. Dozowanie odbywa się poprzez selektor. Może być również sterowane ręcznie z kabiny i pilota.

System ALE-40 produkowany jest w kilku wersjach do różnych różnych typów samolotów. Przeznaczony jest do przeciwdziałania

radiolokacyjny

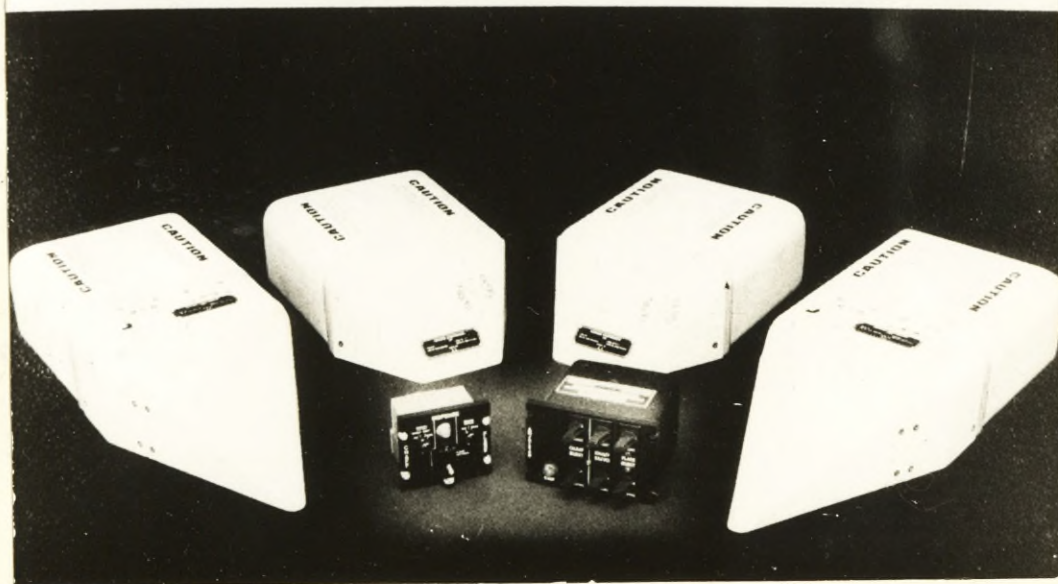
radarowych i w podczerwieni. Jako ładunki przeciwradarowe używane są naboje RR-170 załadowane folią, a przeciw podczerwieni granaty świetlne MJU-7/B. System został poddany badaniom w siłach lotniczych USA i innych państw NATO. System posiada kilka wersji z których najważniejsze przedstawia się poniżej.

mp a) System AN/ALE-40/V/ 1,2,3 Pylon Mount przeznaczony jest do przeciwdziałania środkom rażenia obiektów powietrznych. Może być montowany we wszystkich samolotach F-4 i ich pochodnych. Składa się z 4 urządzeń dozujących folię lub granaty świetlne, urządzenia programującego i urządzenia kontrolnego. Urządzenia dozujące zamontowane są dwustronnie na dwóch pylonach. Każde urządzenie dozujące mieści 30 naboji RR-170 a więc samolot może przenosić 120 naboji. Oprócz tego każde zewnętrzne urządzenie dozujące może być załadowane 15 nabojami MJV-7/8, czyli samolot może być wyposażony w 30 granatów świetlnych. Ciężar ładunku około 60 kg.

Zestaw przedstawiono na zdjęciu *44 mp nr 5*

memoria 40 am

AN/ALE-40(V) 1, 2, 3 Pylon Mount for F-4 family of aircraft

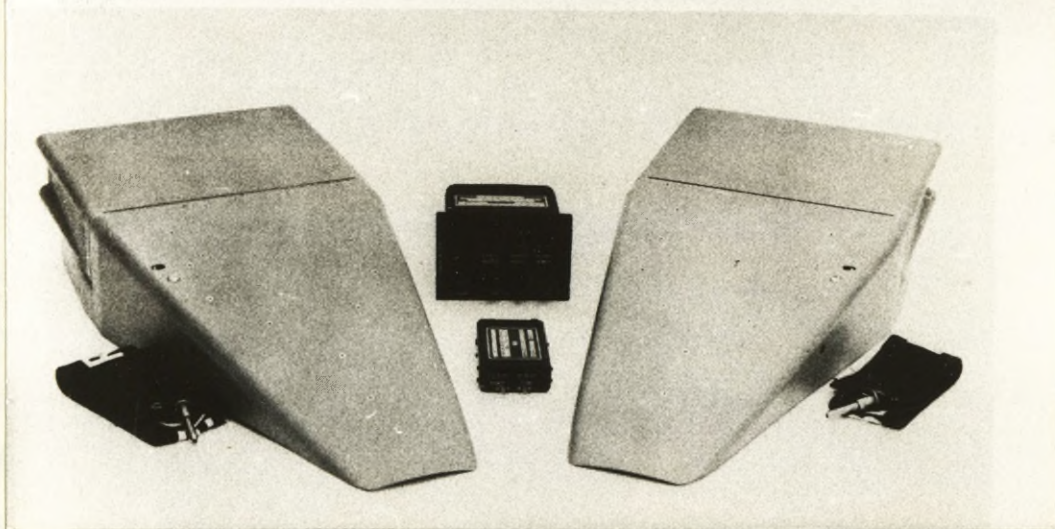


Rys. nr *44*. Zestaw systemu AN/ALE-40/V/ 1,2,3 Pylon Mount.

b/ System AN/ALE-40 /N/ wykonany został dla holenderskich sił lotniczych, do samolotów NF-5. System składa się z urządzenia kontrolnego montowanego w kabinie pilota, urządzenia programującego i dwóch urządzeń dozujących. Każde urządzenie dozujące mieści 30 naboji RR-170 lub 30 granatów świetlnych /innego typu/ lub 15 granatów świetlnych typu MJU-7/B w każdym urządzeniu dozującym. Może być montowane wzdłuż całego kadłuba samolotu. Waga urządzenia około 32 kg. System był również sprawdzony na samolotach F-104. Zestaw przedstawiono na zdjęciu rys. nr ~~45~~ 6

memoria

AN/ALE-40(N) Aircraft Skin Mounted where drag and weight are unusually critical



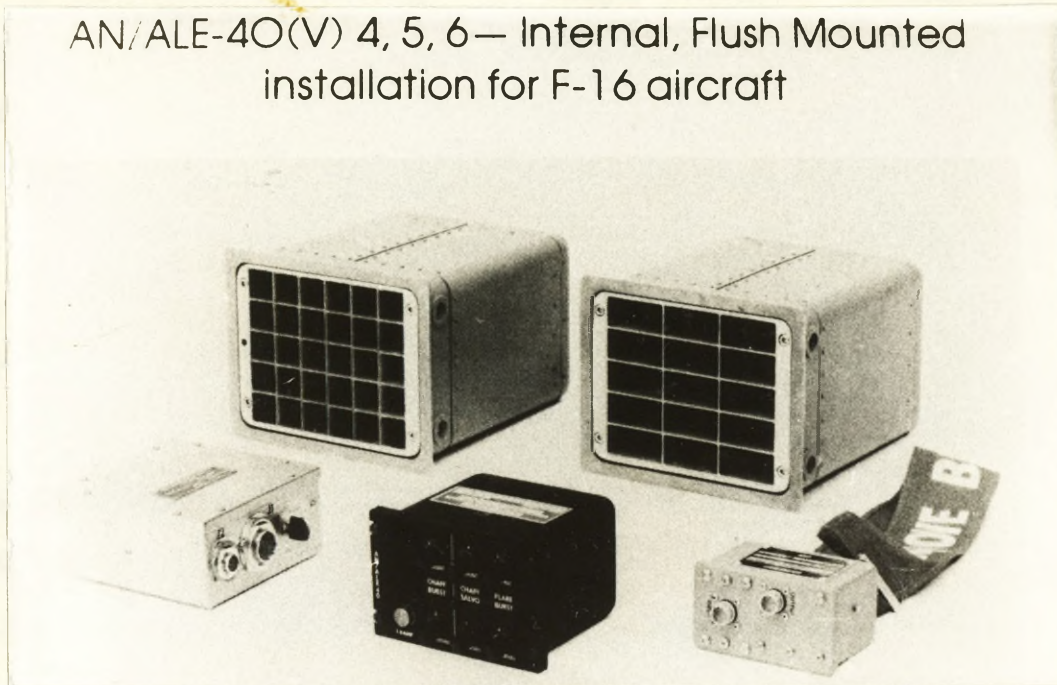
Rys. Nr. ~~45~~ 6. Zestaw systemu AN/ALE-40/N/.

c/ System AN/ALE-40/V/ 4,5,6 montowany jest w samolotach R-16, budową zbliżony do systemu AN/ALE-40/N/. Posiada 2 urządzenia dozujące mieszczące po 30 naboji RR-170 lub 15 naboji MJU-7/B. Dodatkowo posiada filtr EMI. Zestaw znajduje się aktualnie w produkcji.

Przedstawiony jest na zdjęciu nr. ~~96~~⁷

muzeum 1000

AN/ALE-40(V) 4, 5, 6 — Internal, Flush Mounted
installation for F-16 aircraft



Rys. nr ~~46~~⁷ Zestaw systemu AN/ALE/V/ 4, 5, 6.

d/ System AN/ALE-40/V/ 7, 8, 9 montowany jest na samolotach F-5 E/F. Budową podobny do poprzedniego i o takich samych możliwościach. Posiada dwa urządzenia dozujące umieszczone w jednym kontenerze, który zamontowany jest u nasady lewego skrzydła samolotu. Dane nabojów używanych we wszystkich przedstawionych wyżej systemach:

Nabój RR-170 *nie* wypełniony folią, o przekroju kwadratowym 2,5 cm x 2,5 cm i długości 21 cm. Nabój składa się z plastikowego pudełka mieszczącego wewnątrz bloki folii której grubość wynosi 25,4 mikrona, korka, zapalnika elektrycznego i ładunku prochowego powodującego wyrzucenie folii z pudełka. *W jednym ładunku znajduje się 390000 wstoków folii.*
Nabój MJA-7B ma przekrój prostokątny o wymiarach 2,46 x 5,1 cm i długości 21 cm. /innych danych brak/.

- e/ System TBC-72 składa się z urządzenia programującego i 4 urządzeń dozujących, w każdym z nich znajduje się 18 nabojów z folią lub 18 granatów oświetlających. Może być montowany wewnątrz i na zewnątrz samolotu.
- f/ System QRC-490/TBC-600 jest zmodyfikowaną wersją systemu SUU-38 urządzenia dozującego dla myśliwców taktycznych. Przenosi 600 nabojów RR-170 /folia/ w 10 urządzeniach dozujących po 60 w każdym. Każde urządzenie dozujące ma integralny program oraz może być załadowane nabojami z folią lub nabojami - pułapkami podczerwieni. Ciężar ładunku około 350 kg.
- g/ System AN/ALE-29/A montowany jest wewnątrz samolotu, składa się z urządzenia programującego i kontrolnego, ⁱ dwóch urządzeń dozujących. W każdym może być przenoszone 30 granatów z folią lub 30 granatów świetlnych. Montowany jest na samolotach A-4, A-6, A-7, RA-56, F-4 i F-14
- h/ System AN/ALE-39 produkowany jest przez firmę Goodyear Aerospace Corporation w USA. Jest w stanie dozować mieszany ładunek 60 naboji z folią i pułapkami podczerwieni wyrzucanymi w różnych wariantach. System jest standardowym wyposażeniem samolotów marynarki wojennej USA oraz innych państw NATO. Wyposażenie rozpoczęto w 1977 roku na następujących typach samolotów: A-6, A-7, F-14, F-18 i Harrier. System może być połączony z elektronicznymi urządzeniami ostrzegawczymi w celu automatycznego działania w zależności od zagrażającego niebezpieczeństwa. System działa niezawodnie w różnych położeniach samolotu i w różnych rodzajach walki.
- g/ System M-120 jest samolotowym ^{urządzeniem} dozującym wielorakiego przeznaczenia. Jest systemem opartym na technologii ALE-40, do zabezpieczenia samolotów przed atakiem rakiet naprowadzanych

na radiolokacji

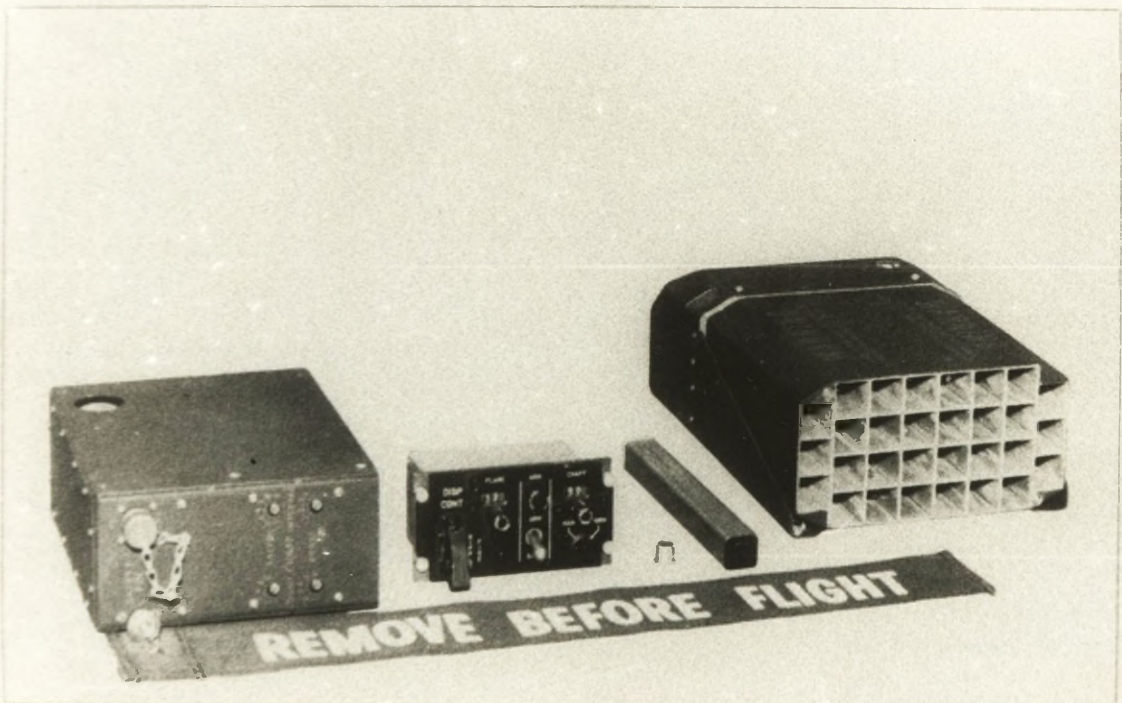
~~radarowo i na podczerwień~~. W skład systemu wchodzi urządzenie kontrolne w kabinie, elektroniczny modulator, jedno lub więcej urządzeń dozujących. Jako ładunki używane są M-1 /folia/ i M-206 /granaty świetlne/. W każdym urządzeniu dozującym mieści się 30 ładunków. Naboje M-1 i M-206 posiadają takie same wymiary jak opisany już poprzednio nabój RR-170.

Poszczególne elementy systemu pokazano na zdjęciu rys. nr ~~47~~ ⁸

Menu 1000

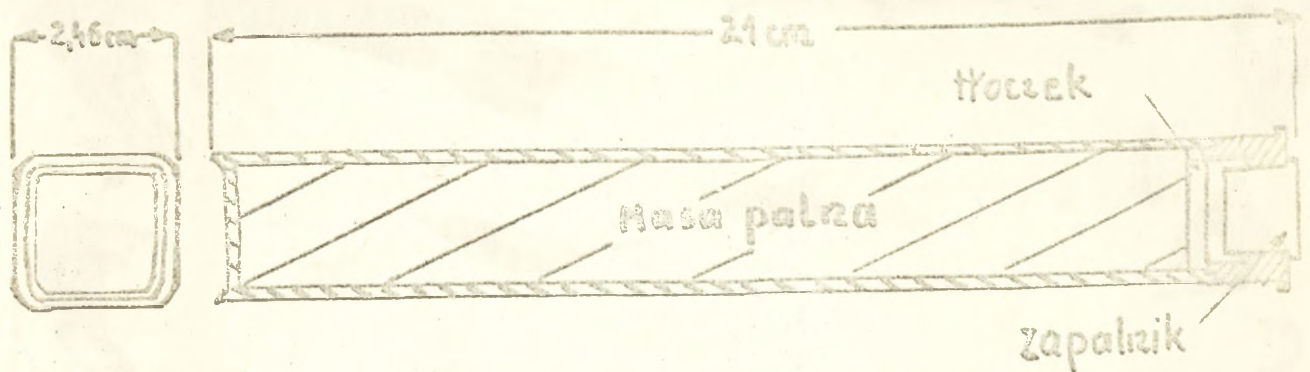
M-130

Aircraft General Purpose Dispenser



Rys. nr ~~47~~ ⁸ Zestaw systemu M-130

Przekrój granatu świetlnego M-206 pokazano na rysunku nr 48



Rys. nr 48 GRANAT ŚWIETLNY M-206

Amerykańska firma ^OSONDERS ASSOCIATES do przeciwdziałania w podczere-
wieni opracowała system AN/ALQ-132 i AN/ALQ-144 którego źródłem
promieniowania podczerwonego jest ciekła paląca się mieszanina
typu "Hot Brick" /gorąca cegła/. Skonstruowano dwa warianty
promieniowania podczerwonego: jeden we wszystkich kierunkach,
drugi tylko do tyłu. Powyższe systemy dostosowane są do samolotów
oraz śmigłowców. Ciężar podwieszanego kontenera wynosi 67 kg.
Na zdjęciu rys. nr 49 pokazano system AN/ALQ-132 dostosowany
do samolotu Mohawk OV-10 /litera B/, dla śmigłowca Boeing
CH-47 /litera C/, oraz dla małych śmigłowców /litera D/.

memo 100

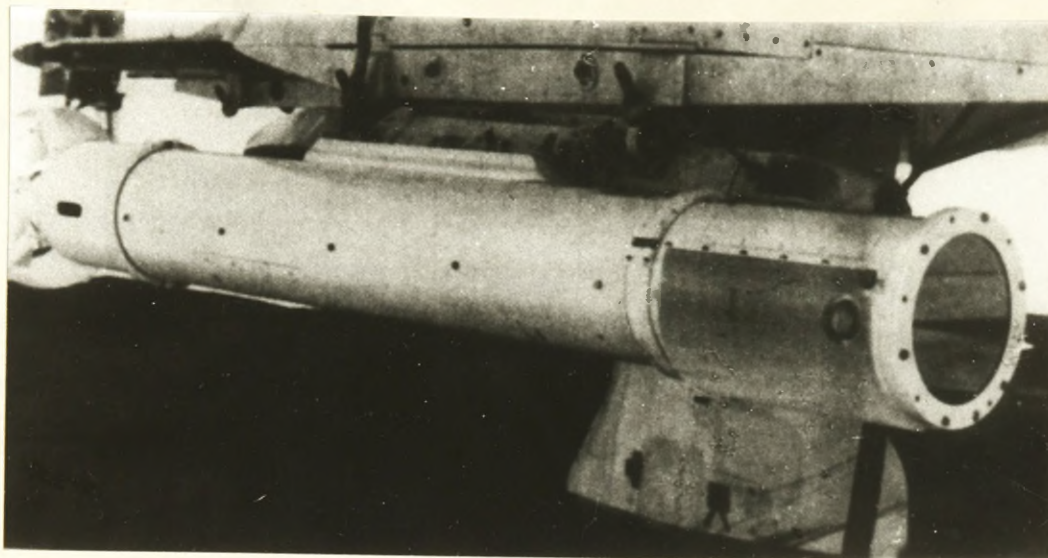


Rys. nr ⁹ 49 System AN/ALQ-132

Dowództwo sił powietrznych marynarki wojennej USA podpisało kontrakt z firmą ELEKTROOPTIKA SYSTEM na produkcję 120 kpl. systemu AN/ALQ-123. Wartość kontraktu wynosi ok. 6 milionów dolarów. Źródłem promieniowania podczerwonego w powyższym systemie są lampy cezowe, gdzie specjalnymi wylotami generowane są impulsy energii podczerwonej w tył samolotu powodując mylenie działania rakiet naprowadzających się na podczerwień. Nadajniki mogą działać automatycznie lub kierowane przez pilota. Czas pracy lampycezowej w nadajniku zakłóceń wynosi 150 godz. System zasilany jest z generatora turbiny. Ciężar kontenera z nadajnikiem wynosi 172 kg. Masa pulpitu kierowania w kabinie pilota około 1 kg. Powyższy system montowany jest na samolocie bliskiego wsparcia Fairchild Industries A-10.

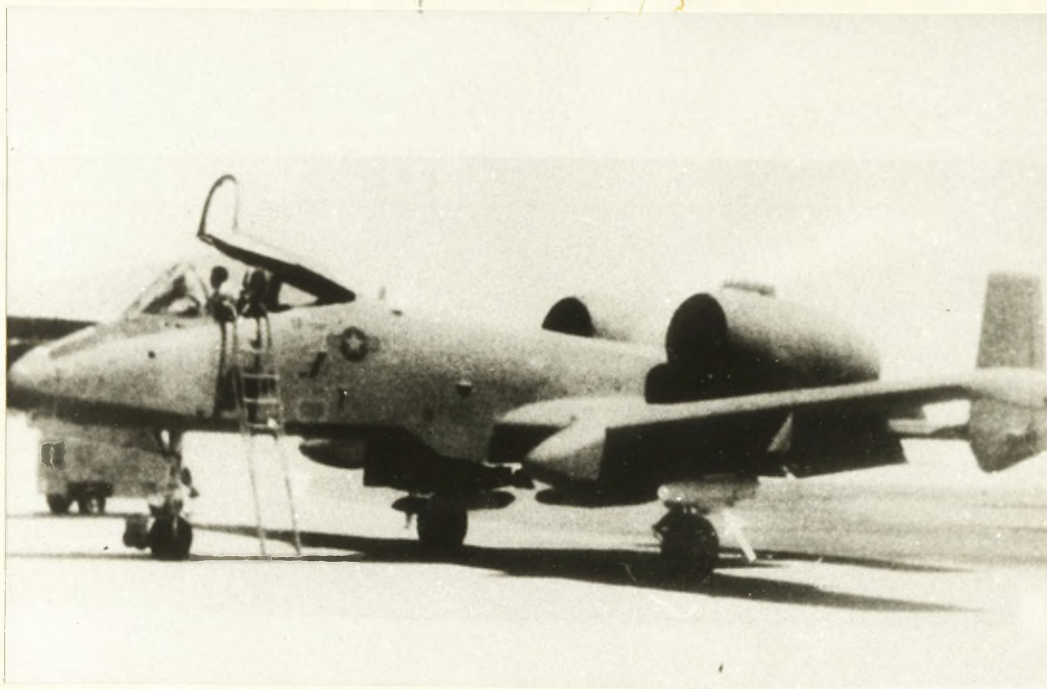
System AN/ALQ-123 pokazano na zdjęciu rys. nr. ¹⁰ 50. a miejsce montowania go na samolocie pokazano na zdjęciu rys. nr ¹¹ 51

memoriale



¹⁰
Rys. nr ~~50~~ 50. System AN/ALQ-123.

memoriale



¹¹
Rys. nr ~~51~~ 51. Samolot A-10 z system AN/ALQ-123.

Dla marynarki wojennej Szwecji i wykorzystywany przez niektóre państwa NATO firma Philips opracowała pokładowy antyrakietowy system "Pilax-106". Celem powyższego systemu jest zabezpieczenie okrętów przed rażącym działaniem rakiet naprowadzanych

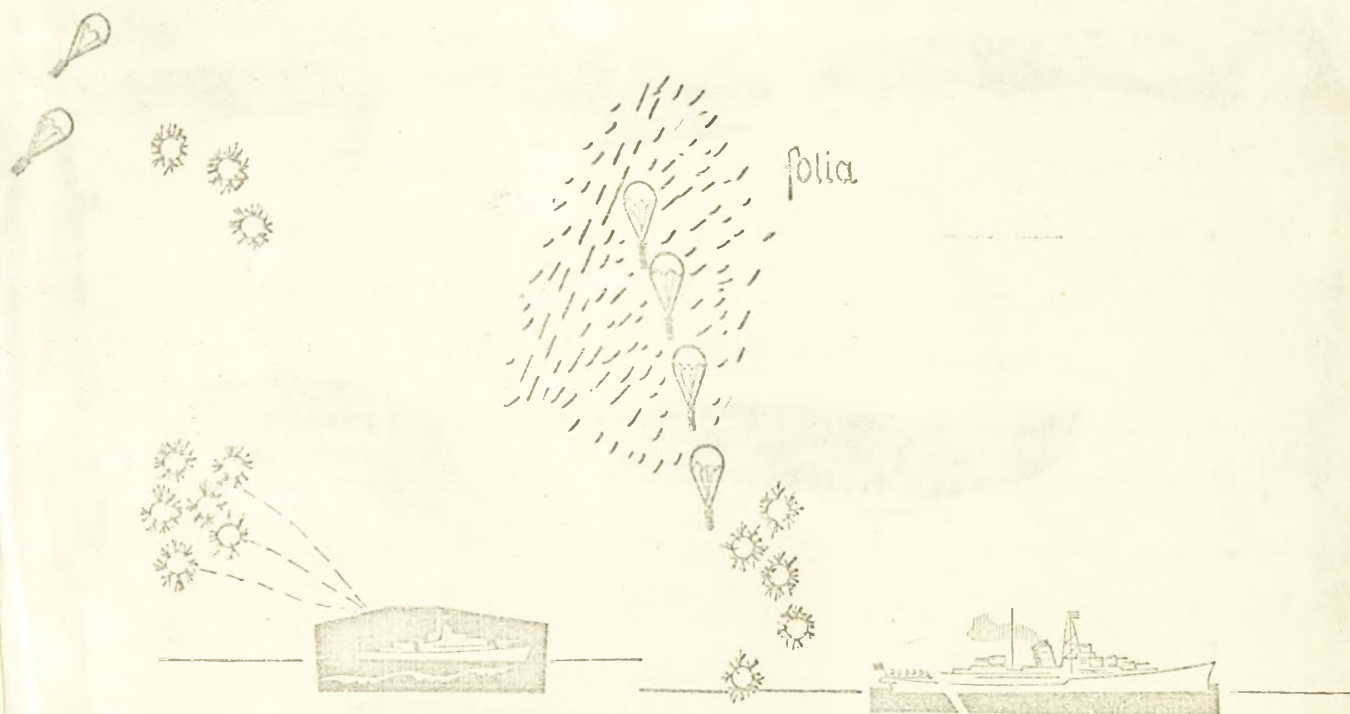
rodzich kasyjne
radarem i na podczerwień.

System "Pilax-106" połączony jest z zestawem "MATYLDA-105".

W skład systemu wchodzi wyrzutnia załadowana 144 sztukami 40 mm granatów napełnianych pociętą folią, ułożonych w 4 magazynkach po 36 szt. Granaty wystrzeliwane są grupowo po 9 szt. Powstaje z nich chmura folii o powierzchni ok. 1000 m². Oprócz tego w system wchodzi 3 kontenery granatów - pułapek dla mylenia w podczerwieni po jednym na każdej wyrzutni.

Salwa 21 granatów pułapek podczerwieni znajdujących się w każdym kontenerze jest wystarczająca do wymanewrowania jednej rakiety z głowicą samonaprowadzającą się na podczerwień. Całość operacji mylenia odbywa się w dwóch fazach. W fazie pierwszej wystrzelanych zostaje 5 granatów - pułapek podczerwieni w bliskiej odległości od okrętu celem zdezorientowania rakiety i odwrócenia jej "uwagi" od właściwego obiektu ataku w drugiej fazie wystrzelanych zostaje 16 szt granatów - pułapek podczerwieni w dalszej odległości od okrętu w celu skierowania rakiety w kierunku pułapki. Pułapki po zetknięciu się z wodą detonują tworząc ogniste gwiazdy w które uderza rakietą. Produkcję systemu rozpoczęto w 1980r. *detekt*

Na rys. nr ⁵² pokazano kolejne fazy wykorzystania folii i granatów - pułapek dla mylenia rakiet w celu osłony okrętów.



I faza nabienia

II faza działania granatów-pułapek na spadochronach oraz użycie folii p/radarowej.

Rys. nr 52. Sposób wykorzystania systemu "PILAX-106".

WNIOSKI

1. Na podstawie studium dostępnej literatury przedmiotu oraz wynikających z niej wniosków należy stwierdzić, że rozpoznanie termalne w państwach NATO stanowi integralną część ogólnego systemu rozpoznania i wykorzystywane jest przez wojskowe i cywilne organa rozpoznawcze dla potrzeb sił zbrojnych i gospodarki narodowej.
2. Według poglądów państw NATO rozpoznanie termalne wojsk i obiektów wojskowych na współczesnym polu walki będzie stanowić istotny element decydujący o efektywnym wykorzystaniu środków walki a tym samym o zniszczeniu sił i środków potencjalnego przeciwnika.
3. Biorąc pod uwagę olbrzymie możliwości rozpoznania termalnego, państwa NATO prowadzą intensywne prace naukowo-badawcze nad rozwojem nowych coraz bardziej doskonałych środków i systemów rozpoznania, jak również sposobów i zakresu ich wykorzystania.
4. W celu ochrony sił i środków przed rozpoznaniem termalnym państw Układu Warszawskiego - państwa NATO prowadzą prace naukowo-badawcze nad konstrukcją i rozwojem coraz nowocześniejszych środków i systemów przeciwdziałających rozpoznaniu termalnemu, a szczególnie mylenią samonaprowadzających się na podczerwień środków walki.
5. Państwa NATO planując przedsięwzięcia związane z przeciwdziałaniem rozpoznaniu w tym termalnemu potencjalnego przeciwnika uwzględniają stosowanie wojny psychologicznej, jako jednego z podstawowych elementów wprowadzenia przeciwnika w błąd a przez to ochronę własnych sił i środków.
6. W związku z dynamicznym rozwojem środków i systemów rozpoznania termalnego państw NATO, umożliwiającym w krótkim czasie niezależnie od odległości, pory doby i warunków atmosferycznych

rozpoznać nie maskowane cele - koniecznym staje się natychmiastowe wprowadzenie w wyposażenie wojsk nowoczesnych środków i systemów przeciwdziałających temu rozpoznaniu.

7. Prace naukowo-badawcze powinny być skierowane na opracowanie skutecznych środków i systemów przeciwdziałających wszystkim środkom i systemom rozpoznania państw NATO.
8. Przedsięwzięcia maskownicze powinny być prowadzone w sposób kompleksowy i zintegrowany - ściśle zsynchronizowane w czasie i przestrzeni z przedsięwzięciami maskowania stosowanymi przed wszystkimi rodzajami i systemami rozpoznania. ✓
9. W szkoleniu dowództw sztabów i wojsk należy zwrócić szczególną uwagę na to, że w nocy należy stosować takie same zasady maskowania wojsk i obiektów jak w ciągu dnia, mając na uwadze również to, że maskowanie w dzień nie zawsze może zastąpić maskowania w nocy. ✓
10. Biorąc pod uwagę możliwości rozpoznania w tym termalnego państw NATO - maskowanie wojsk i obiektów należy prowadzić w czasie pokoju, zagrożenia i wojny, przy czym maskowanie obiektów o szczególnym znaczeniu należy uwzględniać już projektach architektonicznych nowo wznoszonych budowli.

BIBLIOGRAFIA

1. Aviation Week May 21 1973; May 7 1973.
/lata 1974-80/.
2. Butowtt Jerzy Marek, Sanecki Józef - Wielopasmowe zbieranie informacji dla potrzeb zdalnego badania środowiska.
Dodatek do biuletynu WAT 9/289 1976r.
3. Lloyd JM - Thermal Imaging Systems, New York 1975.
4. Electro - Optical Technology for Autonomous Vehicles. Vol 219.
Wyd. R.N. Hubbard Los Angeles, California 1980.
5. Interavia nr 4 i 5/1975.
6. IR/EO in EW; An Assessment of - Technology. W zbiorze "ICH" 1978.
7. Instrukcja o maskowaniu wojsk część I. Wyd. Mon W-wa 1977.
8. Infrared Physics /lata 1975-81/.
9. Kriksunow L.Z. Pribory nocznowo widzenia. Kijew 1975.
10. Modern Utilisation of Infrared Technology, vol 253. Wyd. I.J. Spiro
San Diego, California 1980.
11. Mroczek Sławomir - Urządzenia termolokacyjne WPT 12/75.
12. Mroczek Sławomir - Radiometry optoelektroniczne i termalne.
WPT 9/77.
13. Mroczek Sławomir - Podstawy radiolokacji, Wybrane zagadnienia
z termolokacji WAT W-wa 1976r.
14. Mroczek Sławomir, Beliński Kazimierz - Masternak Stanisław.
15. Aspekty walki elektronicznej w ujęciu Specjalistów Zachodnich.
/wyd. wewnętrzne WAT Instytut Nr 4/ 1976r.
16. Mroczek Sławomir - Rozpoznanie optoelektroniczne w zakresie
podczerwieni. Instytut Nr 4 WAT 1975/76.
17. Mroczek Sławomir, Masternak Stanisław, Beliński Kazimierz -
Odbiorniki termolokacyjne cieplnego promieniowania stosowane
w rozpoznaniu obiektów. Instytut Nr 4 WAT 1974.

18. Praca zbiorowa - Termiczne rozpoznanie i maskowanie obiektów wojskowych. Opracowanie wewnętrzne. WAT 1977r.
19. Rozpoznanie taktyczne w siłach zbrojnych NATO. Wyd. MON W-wa 1978
20. Sanecki Józef, Mroczek Sławomir, Kaczyński Romuald -
Obrazowe rozpoznanie ziemi. Wyd. MON W-wa 1981 /w druku/.
21. Safronow I.P., Elman R.J.: Infrakrasnyje rozpoznajuszczije ustro-
jstwa. Moskwa 1976.
22. Soldat und Technik nr 2/1975.
23. Soule H.V.: Electro - Optical Photography at Low Illumination
Levels, New York.
24. Szylin B.W.: Tiejłowaja aerosjomka pri izucenii prirodných
riesursow Gidrometeoizdat, Leningrad 1980.
25. Wieczorek K.; Analiza możliwości wyróżniania obiektów
naziemnych z tła naturalnego za pomocą techniki termalnej.
Rozprawa doktorska WAT W-wa 1978.
26. Wójcik S. - Zdjęcia lotnicze PPWK, W-wa /w druku/.
27. Wojskowy Przegląd Techniczny 1/1975.
Wojskowy Przegląd Zagraniczny, nr nr 5/1973, 2/1974,
6/1977, 3/1978. 2 i 4/1979 i 1/1981.
28. Zarubieżnoje Wojennoje Obozrienije nr nr 8/1973, 9/1975,
2 i 8/1978. oraz 7 i 12/1979.

Wykonano w 4 egz.

Egz.nr 1 - Bibl.Nauk.

Egz.nr 2-4-WITI

Wyk.zespół oficerów

Druk G.A.

Dnia 1.08.81r.

Nr ks.m.Pf121



