



# **HISTORIE RADIOLOKAČNÍ TECHNIKY V ČESKOSLOVENSKU**

Editovali:  
Václav Špás, Pavel Bezoušek





# **HISTORIE RADIOLOKAČNÍ TECHNIKY V ČESKOSLOVENSKU**



Univerzita  
Pardubice  
Fakulta elektrotechniky  
a informatiky

Lektoři: doc. Ing. Jozef Tkáč, CSc., Trenčianská Univerzita A. Dubčeka  
prof. Ing. Vladimír Schejbal, CSc., DFJP Univerzita Pardubice

ISBN 978-80-7395-693-6

© prof. Ing. Pavel Bezoušek, CSc. 2013  
Ing. Václav Špás

## Anotace:

Kniha se věnuje vývoji a výrobě radiolokační techniky v Československu od druhé světové války až do jeho rozpadu a dále jsou zde popsány navazující aktivity podniků v České i Slovenské republice. V Kap. 1 je nejprve stručně nastíněn vývoj této techniky ve světě a potom je popsán vznik a vývoj českého výrobce této techniky podniku Tesla Pardubice a jeho výzkumného pracoviště ÚVR Opočinek. Kap. 2 je věnována stacionárním (převážně civilním) letištním radarům, které představovaly nejrozsáhlejší a komerčně nejúspěšnější kapitolu předlistopadové éry radiolokační historie v Československu. Kap. 3 je věnována mobilním (vojenským) radarům a soupravám, které zpravidla předznamenávaly vývoj radiolokační techniky a použitých technologií. V Kap. 4 je popsán vývoj a produkce lodních, zejména říčních radarů a Kap. 5 je věnována speciálním aktivním radiolokačním zařízením, jako meteorolokátorům, dopplerovským senzorům nebo přistávacím zařízením, vyvíjeným v ÚVR. V Kap. 6 jsou zařazena pasivní radiolokační zařízení včetně velkých průzkumných systémů TAMARA, které získaly velkou publicitu po r. 1990. Publikace vznikla jako editovaný soubor příspěvků, vypracovaných řadou autorů, kteří se aktivně podíleli na utváření historie československé radarové techniky.

## Summary:

The book describes radar systems and technology research, design and production in Czechoslovakia since the World War II up to its break-up in 1992 and adjacent activities of producers in the Czech and Slovak Republics. In the Chapter 1 at first the development of the radar technology in the international context is described. Then the history of the Tesla Pardubice enterprise, the Czech radar technology leader with its research base UVR Opocinek, is treated. The Chapter 2 deals with stationary (predominantly civil) airport radars, representing the most extensive and commercially most successful chapter of the pre-Velvet Revolution era of the national radar history. The Chapter 3 deals with mobile (military) radars and radar systems, which usually anticipated and lead the radar systems and technology development. In the Chapter 4 the design, development and production of the river radars are described and the Chapter 5 is devoted to various active radar devices, like meteoradars, Doppler radar sensors or landing devices designed in the UVR Opocinek. In the Chapter 6 passive radars including great reconnaissance systems TAMARA, obtaining a great publicity after the 1990 year. The publication was created as an edited complex of contributions of many authors, active makers of the Czechoslovakia radar history.





# Obsah

<b>1.</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
1.1	Vývoj radiolokační techniky ve světě	2
1.2	Pozemní systém pro řízení leteckého provozu GCA	4
1.3	Historie radiolokační techniky v Československu a vznik Ústavu pro výzkum radiotechniky Opočinec	8
<b>2.</b>	<b>Stacionární radiolokátory pro civilní letiště</b>	<b>24</b>
2.1	Stacionární letištní radary pro přehled a přistání v pásmu X	24
2.1.1.	Radiolokátory řady RL – 1, RL – 2 a RP – 2	24
2.1.2.	Kombinovaný radiolokátor OPRL - 4	29
2.1.3.	Přehled výroby stacionárních radiolokátorů pro přehled a přistání v pásmu X	32
2.2	Stacionární přehledové radiolokátory PSR v pásmu S pro řízení letového provozu	33
2.2.1.	Přehledové radiolokátory OR-1 a OR-2	33
2.2.2.	Přehledový radiolokátor RL-41	35
2.2.3.	Přehledový radiolokátor RL-4AS	36
2.2.4.	Přehledový radiolokátor RL-42	36
2.2.5.	Přehledový radiolokátor RL-61	40
2.2.6.	Přehledový radiolokátor RL-64	40
2.2.7.	Výroba stacionárních přehledových radiolokátorů	43
2.3	Stacionární přibližovací radiolokátory PAR v kmítočtovém pásmu X	43
2.3.1.	Přesný přibližovací radiolokátor RP-2E	44
2.3.2.	Přesný přibližovací radiolokátor RP-2F	44
2.3.3.	Přesný přibližovací radiolokátor RP-3F	44
2.3.4.	Přesný přibližovací radiolokátor RP-3G	46
2.3.5.	Přesný přibližovací radiolokátor RP-4G	47
2.3.6.	Přesný přibližovací radiolokátor RP-5G	52
2.3.7.	Výroba stacionárních přibližovacích radiolokátorů v X pásmu	53
2.4	Mikrovlnná přistávací zařízení v kmítočtovém pásmu C	55
2.4.1.	Přesné přistávací zařízení PIZ-1	56
2.4.2.	Mikrovlnný přistávací systém MLS	56
2.5	Výroba instalace a servis letištních radiolokátorů	59
2.5.1.	Stručný přehled montáží civilních letištních radiolokátorů	61
<b>3.</b>	<b>Mobilní soupravy radiolokátorů pro vojenská letiště</b>	<b>63</b>
3.1	Souprava RPL – 2	65
3.2	Souprava RPL – 4	67
3.3	Souprava RPL – 5	73
3.4	Lehká vysoce mobilní radiolokační souprava OPRM – 71	76
3.5	Výroba mobilních radiolokačních souprav v podniku TESLA Pardubice	81
3.6	Instalace a servis mobilních letištních radiolokátorů	81
<b>4.</b>	<b>Lodní radiolokátory</b>	<b>82</b>
4.1	Lodní radiolokátory řady RR3	82
4.1.1.	Říční radiolokátory RR317/318	83

# HISTORIE RADIOLOKAČNÍ TECHNIKY V ČESKOSLOVENSKU

4.1.2.	Námořní radiolokátory RR347/348 pro příbřežní plavbu	86
4.2	Lodní radiolokátory řady RR5.	87
4.2.1.	Říční radiolokátory RR517/518	87
4.2.2.	Námořní radiolokátory RR537/538 pro příbřežní plavbu	87
4.3	Říční radiolokátor RR722.2	88
4.4	Říční radiolokátor RR653	88
4.5	Výroba a servis lodních radarů ve firmě Tesla Pardubice	91
<b>5.</b>	<b>Jiné radiolokátory a zařízení</b>	<b>93</b>
5.1	Střelecký radiolokátor SRE-1	93
5.2	Meteorologické radiolokátory	94
5.2.1.	Meteorolokátor RM-1	94
5.2.2.	Meteorolokátory RM-2 a RM-3	95
5.2.3.	Mobilní meteorolokátor	97
5.3	Mikrovlnné čidlo MC 210/220	97
5.4	Radiolokátor pozemních cílů SOVA	99
5.5	Infradar	100
5.6	Radarové čidlo SÚLOV	101
5.7	Autočidlo	102
5.8	Modernizace leteckého palubního radaru N003	103
5.9	Výroba speciálních radiolokátorů a zařízení	103
<b>6.</b>	<b>Pasivní radiotechnické průzkumné systémy</b>	<b>104</b>
6.1	POZNAŇ	105
6.2	Malý radiolokační pátrač ZÁŘE	105
6.3	Korelační pátrač KOPÁČ	109
6.4	Komplet radiotechnického pátrače RAMONA a RAMONA-M	109
6.5	Radiotechnický pátrač TAMARA	113
6.5.1.	Konstrukční uspořádání, funkční řešení částí	114
6.5.2.	Planžet ZZP 4	118
6.6	Zaměřovací komplet PRUS	119
6.7	Výroba pasivních radiolokačních systémů	120
6.8	Instalace a servis pasivních radiolokátorů	120
<b>7.</b>	<b>Rozvoj radiolokační techniky po r. 1990</b>	<b>123</b>
7.1	Firma ADCIS s.r.o.	124
7.2	Firma ALES s.r.o.	124
7.3	Firma AWOS s.r.o.	125
7.4	Firma C-com spol. s.r.o.	126
7.5	Firma ELCERAM a.s.	127
7.6	Firma ELDIS s.r.o.	129
7.7	Firma ElecTrans s.r.o.	134
7.8	Firma ERA a.s.	134
7.9	RADAN s.r.o.	143
7.10	Firma RAMET C.H.M. a.s.	144
7.11	Firma RETIA a.s.	153



7.12	Firma STEINEL Technik s.r.o.	159
7.13	Firma T- CZ a.s.	161
7.14	Tesla VT - Mikroel, s.r.o.	168
	Literatura	169
	Rejstřík	170
	Přílohy	180



## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Kilka lat temu, nakładem Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Uniwersytetu w Pardubicach ukazała się praca „HISTORIE RADIOLOKAČNÍ TECHNIKY V ČESKOSLOVENSKU” (Historia technik radiolokacyjnych w Czechosłowacji), której redaktorami są prof. Pavel Bezoušek i inż. Václav Špás. W pracy tej omawia się szczegółowo czechosłowackie dokonania teoretyczne i praktyczne z zakresu różnego rodzaju technik radarowych po II Wojnie Światowej. Okazuje się, że Czechosłowacja była<sup>1</sup> potęgą w projektowaniu i produkcji najróżniejszych radarów na potrzeby cywilne i wojskowe. W niełatwych przecież warunkach geopolitycznych i ograniczeniach wynikających z pozostawania stroną w Zimnej Wojnie, projektowano i wytwarzano światowej klasy radary stacjonarne i ruchome, lotnicze, morskie i pola walki, aktywne i pasywne. Główną rolę zaplecza naukowo-projektowego pełniły tu Uniwersytet w Pardubicach i, leżący niedaleko od nich, Instytut Badawczy Radiotechniki, mający siedzibę w miejscowości Opočinek. Głównym ośrodkiem produkcyjnym były zakłady Tesla w Pardubicach, które korzystały jednak z usług kilkudziesięciu zakładów kooperujących rozrzuconych po całym kraju.

Pośród kooperantów w produkcji radarów pasywnych znalazły się również Zakłady Elektroniczne ELWRO z Polski. Wojskowa wersja produkowanego przez nie komputera ODRA, oznaczona kryptonimem RODAN, była sercem jednego z tych radarów. Fakt ten stał się bezpośrednim powodem, dla którego powstało niniejsze tłumaczenie, obejmujące szósty rozdział wspomnianej pracy, gdzie omawia się historię projektowania i produkcji radarów pasywnych i rolę w nich komputera ODRA/RODAN.

Z rozdziału tego, przy okazji, wynikła jeszcze jedna kwestia, kojarząca się ze współczesnymi metodykami kierowania informatycznymi przedsięwzięciami projektowymi. Otóż na stronie 109 pracy mówi się, że:

*„Projektowanie, przygotowanie produkcji, właściwa produkcja i opieka poprodukcyjna odbywały się według ‘metody nakładających się etapów’. Ta metoda techniczno-organizacyjna zakładała wyjątki od typowej dyscypliny technologicznej i ściśle powiązanie między służbami projektowymi i produkcyjnymi, włączając w to zakładowe służby odbioru i zamawiającego. Z jednej strony oznaczało to zwiększenie trudności kierowania, jednak z drugiej – oznaczało także udane przyspieszenie produkcji i dostaw, przy obniżeniu kosztów i szybszym zwrocie środków wyłożonych na badania i rozwój. Do planowania, kierowania bieżącego i do kontroli stosowano grafy sieciowe.”*

Przecież to nic innego, jak popularne dziś i – tu i ówdzie nawet hołubione – metodyki ‘agile’! A przecież działo się to we wczesnych latach osiemdziesiątych.

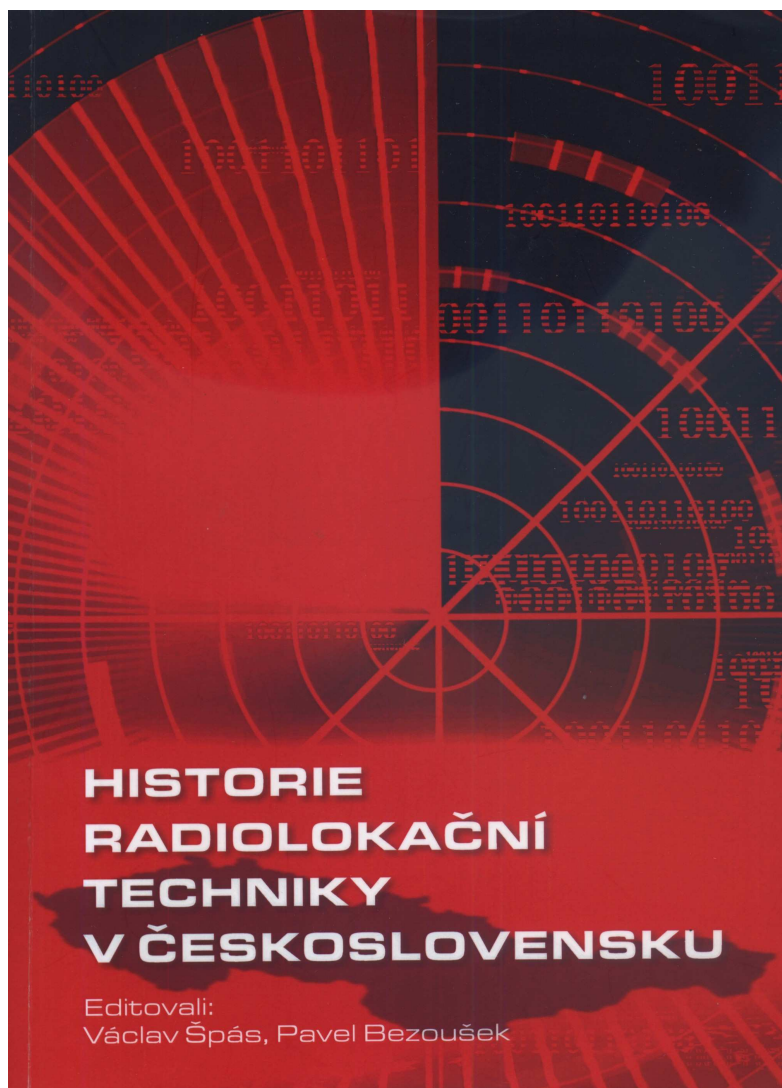
Udostępniając po polsku tekst szóstego rozdziału wspomnianej pracy w ramach działań Sekcji Historycznej Polskiego Towarzystwa Informatycznego chciałbym serdecznie podziękować za życzliwe słowo, przegląd tekstu polskiego i zgodę na publikację tego fragmentu, jakiej udzielił nam prof. Pavel Bezoušek z Uniwersytetu w Pardubicach, samo zaś tłumaczenie dedykować pamięci przyjaciół i kolegów z Centrum Komputerowego ČVUT w Pradze, Ośrodka Obliczeniowego Zakładów ČKD w Pradze oraz z Centrum Obliczeniowego Huty Vítkovice<sup>2</sup> i Uniwersytetu Technicznego VŠB w Ostrawie, upamiętniając tym ponad dwadzieścia lat współpracy z nimi. Co oczywiste – wszelkie niedokładności i niedociągnięcia tłumaczenia obciążają wyłącznie mnie.

Bogdan Pilawski, Poznań – Wrocław, październik-grudzień 2017

<sup>1</sup> i jest nią nadal Republika Czeska – przedstawianą w pracy działalność kontynuują firmy nowe albo powstałe ze starych w wyniku przekształceń własnościowych (sprawę tę omawia rozdział siódmy pracy)

<sup>2</sup> Obecnie: ArcelorMittal Ostrava





Univerzita  
Pardubice  
Fakulta elektrotechniky  
a informatiky

Lektoři: doc. Ing. Jozef Tkáč, CSc., Trenčianská Univerzita A. Dubčeka  
prof. Ing. Vladimír Schejbal, CSc., DFJP Univerzita Pardubice

ISBN 978-80-7395-693-6

© prof. Ing. Pavel Bezoušek, CSc. 2013  
Ing. Václav Špás

### 6. PASYWNE RADIOTECHNICZNE SYSTEMY WYKRYWAJĄCE<sup>3</sup>

Pod pojęciem „pasywnych radiowych systemów wykrywających” rozumie się urządzenia, które odbierają, ustalają kierunek i analizują sygnały ze źródeł emanujących energię fal elektromagnetycznych, jakimi są naziemne i pokładowe radiolokatory, urządzenia transmisyjne, boje, transpondery itp. Tesla Pardubice skoncentrowała się na systemach działających w mikrofalowych pasmach częstotliwości. W pracach rozwojowych uczestniczył dział rozwoju w głównym zakładzie Tesla Pardubice i w ÚVR<sup>4</sup> w miejscowości Opočinek<sup>5</sup>. Własna produkcja odbywała się w jednostkach produkcyjnych zakładów.

Głównym przedmiotem były urządzenia wykrywające – wykrywacze radiowe do celów wojskowych. Z tej przyczyny programy te były utajnione, a ich ujawnienie było możliwe dopiero po roku 1990. W tym zakresie, wraz z wojskiem, osiągnięto wiele dobrych wyników, produkowane urządzenia były na światowym poziomie, a jako system nie zostały dotąd prześcignięte. Na wszelkie działania przeznaczono dość znaczne środki państwowe, które jednak w większości udało się pokryć zwrotem ze sprzedaży eksportowej.

Pośród początkowych działań badawczych i rozwojowych systemów pasywnych znalazł się projekt „Poznaň”, który realizowano w latach 50. Projektem kierował mgr inż. Vlastimil Pech, autor koncepcji systemów Ramona i Tamara, opartych na pomiarach czasu. W ramach tego projektu przeprowadzono analizę i weryfikację możliwości podsłuchu sygnałów systemów radiolokacyjnych. Prace te zakończono wytworzeniem działającego prototypu urządzenia opartego na pomiarze kierunku. Nie doszło do jego produkcji.

Jednym z pierwszych systemów pasywnych, które produkowano był tzw. „Miniaturowy wykrywacz radiolokacyjny MRP4”<sup>6</sup>, zaprojektowany w ÚVR Opočinek w latach 1964 – 1971, w ramach projektu o kryptonimie „ZÁŘE”. Wytwarzano go w zakładzie produkcyjnym aż do roku 1976.

Systemami wsparcia w tym zakresie były rodziny wykrywaczy automatycznych „RAMONA”, „RAMONA M” i „TAMARA”, oparte na zasadzie pomiaru czasu. Były to urządzenia dość zaawansowane technicznie, pracujące w pasmach częstotliwości od 0,8 do 18 GHz. Ich konstrukcja kontynuowała ideę wykrywacza „KOPÁČ”, realizowanego w pracowni wojskowej VPRS<sup>7</sup> Brno, w którym, w realnym użytkowaniu, potwierdzono zasadę pomiaru czasu.

W celu załatwienia sprawy, w głównym zakładzie Tesla Pardubice utworzono samodzielną jednostkę rozwojową (wydział 2300), podlegającą bezpośrednio kierownictwu zakładu, której zadaniem było ostateczne ustalenie koncepcji i wykonanie systemu, koordynacja realizacji technicznej i zabezpieczenia finansowego na wydziałach w Tesli Pardubice a także w wydziałach i przedsiębiorstwach kooperujących, i – co nie mniej ważne – przygotowanie montażu finalnych zestawów i rozwiązywanie problemów technicznych przy sprzedaży i sprawowanie opieki posprzedażnej.

<sup>3</sup> Niniejszy tekst jest tłumaczeniem na polski 6. części opracowania „HISTORIE RADIOLOKAČNÍ TECHNIKY V ČESKOSLOVENSKU”, wydanego w roku 2013 przez Wydział Elektrotechniki i Informatyki Uniwersytetu w Pardubicach, redakcja Václav Špás, Pavel Bezoušek, tłumaczenie z czeskiego - Bogdan Pilawski (2017)

<sup>4</sup> ÚVR = Ústav pro Vyzkum Radiotechniky -Instytut Badawczy Radiotechniki (przyp. tłum.)

<sup>5</sup> Do roku 1986 odrębna miejscowość, obecnie – przedmieście Pardubic (przyp. tłum.)

<sup>6</sup> MRP = Miniaturní Radiolokační Pátrač – miniaturowy wykrywacz radiolokacyjny (przyp. tłum.)

<sup>7</sup> VPRS = Výzkumné Pracoviště Radiotechnické Služby – pracownia naukowa służb radiolokacyjnych, część Akademii Wojskowej w Brnie (przyp. tłum.)

## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Kierownikiem zespołu projektowego wydziału 2300 był inż. Karel Nekut.

Własne prace rozwojowe rozpoczęto w roku 1973, a produkcja i dostawy pierwszych zestawów RAMONA odbywały się od roku 1980. Zmodernizowana wersja RAMONA M weszła do produkcji w roku 1983, a w pełni mobilny zestaw TAMARA był produkowany od roku 1986. Łącznie wyprodukowano i dostarczono ponad 50 zestawów. W celu umożliwienia produkcji postawiono nowe obiekty, które służyły również produkcji innych wyrobów radiolokacyjnych.

W roku 1985 rozpoczęto prace nad skonstruowaniem pasywnego radiowego urządzenia celowniczego PRUS<sup>8</sup>, do zestawu mobilnego PVO<sup>9</sup>. Prace te zakończyły się w roku 1990 udanymi próbami wojskowymi. Produkcji jednak nie podjęto, ponieważ zmieniła się koncepcja mobilnych środków ostrzału.

Jednocześnie, w drugiej połowie lat 80., rozpoczęto prace naukowe i projektowe nad systemem wykrywającym z pomiarem kątowym KRTP96M4<sup>10</sup> „BORAP”<sup>11</sup>, opartym na zasadzie interferometru ([5]), który nie wymagał bieżącego, jednoczesnego opromieniowania wielu stanowisk. Przedsięwzięcie to zakończyło się wytworzeniem prototypów, które zostały przekazane do eksploatacji użytkowej w roku 1999.

Oprócz wymienionych zadań rozpoczęto prace nad modernizacją radzieckiego urządzenia SDR-2 (Stancija Dalnoj Razwiedki), pod oznaczeniem SDD (Stanice Dalekeho Dosahu<sup>12</sup>). W tym przypadku chodziło o monoimpulsową stację z pomiarem kierunku, do odbioru pozahoryzontalnych sygnałów radarowych, rozchodzących się poprzez odbicie od jonosfery, z zasięgiem ok. 700 km. Pozycję radaru określa się na podstawie przecięcia azymutów sygnałów odebranych przez dwie stacje. Stacje SDD zostały wprowadzone do uzbrojenia w roku 2001.

W związku z pojawieniem się nowej sytuacji politycznej i innego określania strategii obronnych, produkcja i dostawy systemów pasywnych zostały wstrzymane od roku 1990. Z powodu powstałej polaryzacji rynkowej, temu, kto miał zamiar urządzenie kupić, nie można było go sprzedać z powodu embarga, a tam, gdzie sprzedaż była możliwa, urządzenie nie było potrzebne albo brakowało środków na sfinansowanie. W tamtym okresie wykonywano tylko prace serwisowe, a w większej skali – modernizację jednego systemu, który siły zbrojne Republiki Federalnej Niemiec (BW<sup>13</sup>) przejęły od NRD.

Podczas prywatyzacji Tesli Pardubice działania rozwojowe i produkcyjne w tym wydziale zakładu zostały stopniowo ograniczone, a zespoły pracowników odeszły do nowopowstałych firm, gdzie, wykorzystując uzyskane doświadczenia i umiejętności dalej rozwijali ten obszar.

### 6.1. POZNAŇ

W tym przypadku chodziło o pierwsze sprawdzenie radaru w paśmie częstotliwości 3 cm. Składał się on z obracającej się anteny parabolicznej i odbiornika i wyznaczał kierunki odbieranych sygnałów. Projektem kierował mgr. inż. Vlastimil Pech.

---

<sup>8</sup> PRUS = Pasivní Radiolokační Úhloměrný Systém – pasywny system radiolokacyjny z pomiarem kątowym (przyp. tłum.)

<sup>9</sup> PVO = ProtiVzdušná Obrana – obrona przeciwlotnicza (przyp. tłum.)

<sup>10</sup> KRTP96 = Komplet RadioTechnického Průzkumu vz. 96 – zestaw wykrywacza radiowego model 96 (przyp. tłum.)

<sup>11</sup> BORAP - BOjový RAdiolokační Pátrač – bojowy, radiolokacyjny system śledzący (przyp. tłum.)

<sup>12</sup> Stacja dalekiego zasięgu (przyp. tłum.)

<sup>13</sup> BW = BundesWehr (przyp. tłum.)



## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

### 6.2 Miniaturowy wykrywacz radiolokacyjny ZÁŘE

W latach od 1964 do 1971 w ÚVR Opočinek, na podstawie zamówienia VÚO60 realizowano, pod nadzorem ppłk. inż. Vitězlava Krudenca, projekt badawczy i rozwojowy ZÁŘE.

Celem tego zadania było zaprojektowanie urządzenia, przy pomocy którego wykrywający może wykryć i zaklasyfikować urządzenie radiolokacyjne (RL) w terenie i następnie stopniowo do niego się zbliżać. Zadanie to przypisano inż. Jerzemu Erbenowi.

Po przeanalizowaniu głównych zasad działania różnych typów urządzeń RL i ich metod emisji sygnałów wysokiej częstotliwości, zorganizowano grupę pracowników, która zajmowała się ustaleniem głównych zasad wykrywania obecności sygnałów RL, ich propagacji i metod ich działania. Współpracownikami byli tu inż. Jarosław Mach i inż. Edward Beck.

Po zaklasyfikowaniu urządzenia RL trzeba ustalić pasmo częstotliwości, w którym ono pracuje, metodę jego stosowania, częstotliwość powtarzania i kierunek odbioru najsilniejszego sygnału. Dla uzyskania doświadczenia w problematyce rozchodzenia się sygnałów wysokiej częstotliwości opracowano proste próbki testowe, składające się z anteny, detektora i odbiornika. Z tym próbnikami, ciągle na bieżąco usprawnianymi, przeprowadzono wiele pomiarów w terenie, z udziałem różnych typów urządzeń radiolokacyjnych i metod ich działania. Z tych pomiarów pozyskiwano pierwsze doświadczenia w namierzaniu różnych rodzajów urządzeń radiolokacyjnych, w różnych rodzajach terenów.

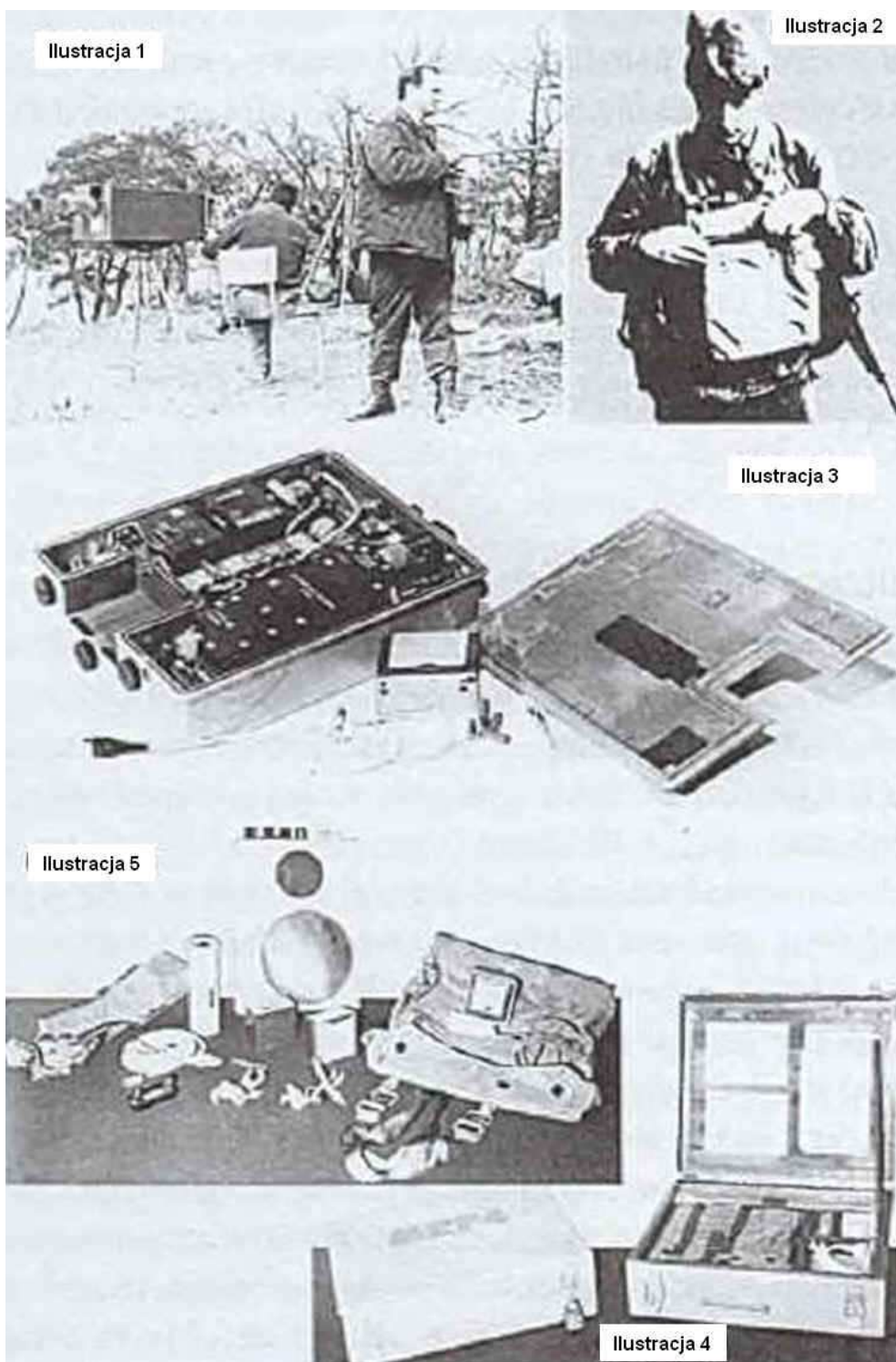
Przy namierzaniu na większe odległości z sygnalizacją przy pomocy słuchawki miniaturowej nie można wyznaczyć właściwego kierunku urządzenia RL. Sygnały RL są słyszalne niemal równo silnie w zakresie szerokiego kąta. Dlatego przy namierzaniu należy wyznaczyć kąt pod którym sygnał RL się odbija i dzieląc go na pół określić kierunek dalszego przybliżania. Po dalszym przybliżeniu trzeba powtórzyć namierzanie i ponownie określić kierunek RL. Może się zdarzyć, że po kilku przybliżeniach nowy kierunek pojawi się pod zupełnie innym kątem. Stanie się tak w przypadku gdy namierzanie początkowe rozpocznie się w cieniu RL, tzn. gdy źródło sygnału RL jest ukryte za przeszkodą terenową. Przy większym zbliżeniu do RL, już podczas prowadzenia namierzania w zasięgu bocznej wiązki promieniowania anteny RL, należy identyfikować ją w sposób ciągły. Wystarczy wtedy kołysanie anteny wykrywacza aby określić kierunek na RL (zob. rys. 6.1, rys. 1 i rys. 2).

Aby stworzyć urządzenie weryfikujące do przenoszenia przez jedną osobę, należało zdecydować się na konsekwentną miniaturyzację układu przetwarzania odebranych sygnałów RL, tj. miniaturowe anteny, prosty odbiornik ze wskaźnikiem odbioru sygnałów i mały zasilacz. Rozwiązanie konstrukcyjne wykrywacza było pod silnym wpływem wymogów co do wielkości, ciężaru, odporności mechanicznej na upadki i uderzenia oraz na zmiany ciśnienia podczas przemieszczania lotniczego.

Przeprowadzono próby kilku odmian urządzenia wykrywającego. Za najlepsze uznano urządzenie wykrywające z wzmacniaczem bezpośrednim, umieszczone w hermetycznie zamkniętej obudowie metalowej, z otworami na dwie płaskie anteny spiralne na stronie przedniej, na całe żądane pasmo. Pierwsza antena przyjmowała sygnały w paśmie od 2,7 do 8 cm, a druga – w paśmie 8 do 32cm; ich twórcą był inż. Dominik Kupčák. Z każdą z nich łączył się filtr dupleksowy, który dzielił pasmo na dwa dalsze podpasma: od 2,7 do 4 cm, od 4 do 8 cm, od 8 do 16 cm i od 16 do 32 cm. Twórcą obu filtrów był inż. Stanisław Kopečný. Z czterema wyjściami filtrów dupleksowych łączyły się cztery

## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

detektory wideo z przedwzmacniaczem dla każdego pasma, a ich twórcą był inż. Jiří Vavřin. Dalej następował wspólny wzmacniacz wideo z obwodem kształtującym oraz wskaźnikiem akustycznym (słuchawka miniaturowa) i wizualnym (licznik impulsów z małym urządzeniem pomiarowym). Do pomiaru częstotliwości zwrotnej dołączono oscylator pomocniczy i miernik częstotliwości. Ze względu na konieczność zapewnienia wysokiej odporności urządzenia, jego obwody elektroniczne były zalewane w blokach (rys. 6.1 ilustracja 3). Twórcami tej części byli inż. Jaroslav Mach i inż. Eduard Beck. Rozwiązania konstrukcyjne zapewniał Jaroslav Chlupač a produkcję Jiří Žak.



Rys. 6.1. Zestaw małego, radiolokacyjnego urządzenia wykrywającego MRP-4

## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Zestaw urządzenia wykrywającego o oznaczeniu MRP-4 obejmuje:

- Właściwe urządzenie wykrywające, umieszczone w torbie z tkaniny, wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem, tj. generatorem sterującym (do weryfikacji działania urządzenia),
- Łącznicę (do podłączenia ewentualnego urządzenia zewnętrznego lub magnetofonu),
- Przewód dla urządzenia zewnętrznego,
- Taśmę łączącą (do ładowania akumulatora z urządzenia zewnętrznego),
- Zapasową słuchawkę,
- Obudowę przyrządu pomiarowego,
- Zapasowe diody detekcyjne (D608A – 4 sztuki),
- Podczas stosowania do wykrywania z ziemi, urządzenie wykrywające znajduje się w torbie z tkaniny, przypiętej pasami do ciała operatora (rys. 6.1, ilustracja 2),
- Podczas przewożenia zestaw MRP-4 jest umieszczany w pojemniku transportowym.

Poza samym zestawem, należą tu jeszcze części zapasowe (słuchawka, akumulator, przyrząd pomiarowy, zamki detektorów, komplety nakładek na uszy), ładowarka sieciowa i pokładowa, urządzenie ćwiczebne na baterie, miniaturowy głośnik do celów szkoleniowych i dokumentacja zestawu (rys. 6.1, ilustracje 4 i 5).

Urządzenie wykrywające przeszło pozytywnie próby firmowe i wojskowe. W trakcie tych prób skontrolowano działanie urządzenia podczas praktycznego stosowania w terenie oraz jego odporność na warunki mechaniczne i klimatyczne typowe dla prób. Na podstawie wyników tych prób wyprodukowano partię próbną. Udane próby przeprowadzono również z pierwszymi egzemplarzami partii produkcyjnej. Produkcja była kontynuowana przez jeszcze kilka lat.

Aby zapewnić szybką i właściwą obsługę urządzenia wykrywającego, sporządzono Zestaw szkoleniowy wraz z Dodatkiem. Zestawy te umożliwiły zaznajomienie operatora i szybkie nauczanie go orientacji w terenie. Umożliwiały one szkolenie operatorów w ośrodku szkoleniowym i – na zakończenie – także w terenie.

Zawartość zestawu szkoleniowego MRP4 VS:

- Szkoleniowy symulator sygnałów radiolokacyjnych z nastawną, powtarzalną częstotliwością, obrotem anteny i grupowaniem impulsów. Umożliwia on nauczanie operatora pracy z wykrywaczem i orientacji w sygnałach odbieranych w terenie. Obejmuje on oscylator pomocniczy z monostabilnym układem przełączającym (w celu nauki pomiaru powtarzalnych częstotliwości), licznik impulsów z przyrządem pomiarowym (do nauki naprowadzania na cel), oscylator pomocniczy z głośnikiem (do nauki grupy operatorów), właściwy generator grup impulsów (od 100 do 5000 Hz z czasem trwania jednej grupy impulsów od 3 do 30 sekund).
- Kolorowe diapozytywy do nauki operatorów, ilustrujące zestaw urządzenia z niezbędną szczegółowością, wraz ze sposobem obsługi i konserwacji.
- Głowicę panoramiczną z płytą montażową i statywem,
- Instrukcje obsługi i konserwacji i dziennik techniczny.

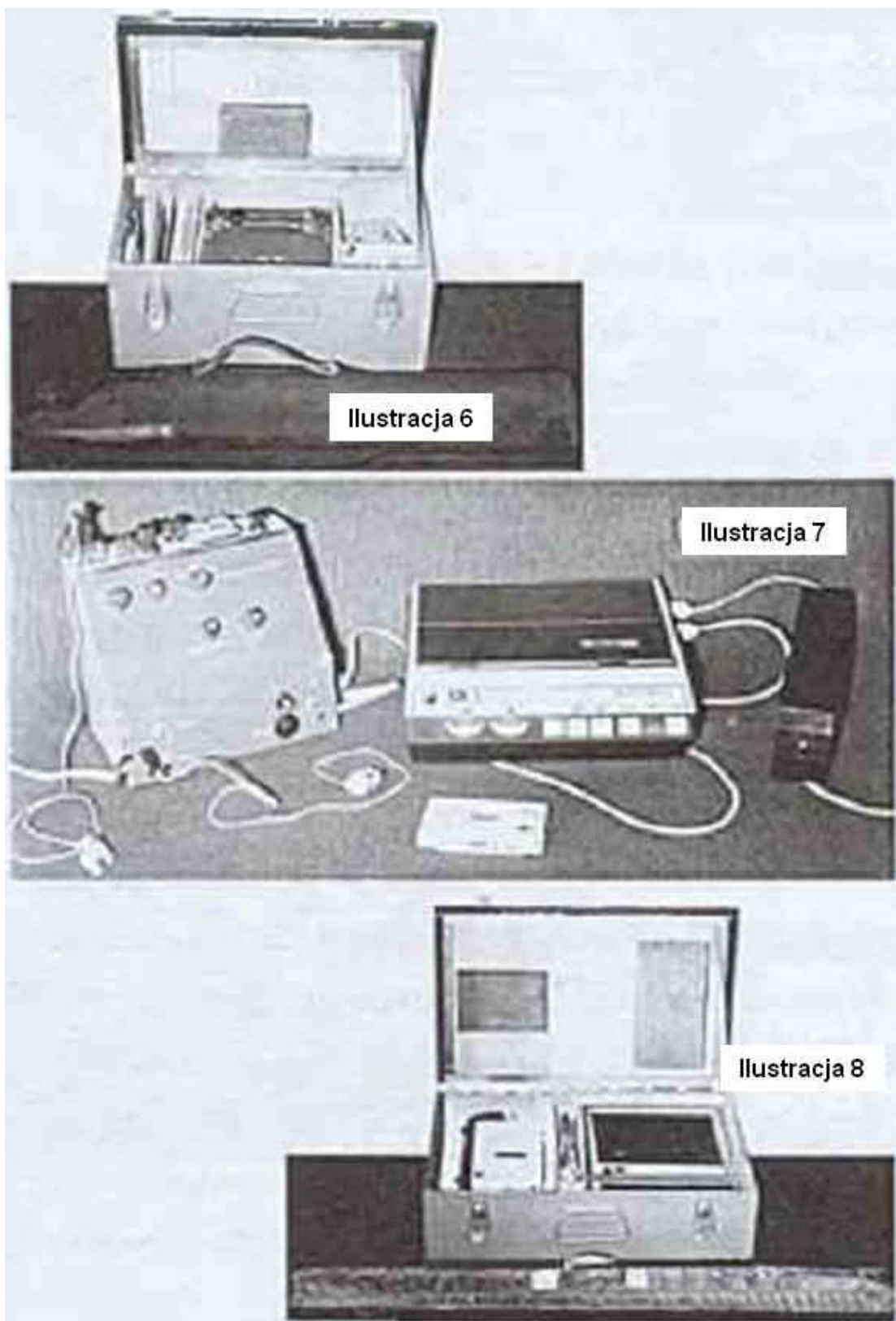
Zawartość Dodatku do zestawu szkoleniowego MRP4:

- Magnetofon A3 z zasilaczem, do rejestracji sygnałów radiolokacyjnych z MRP4,
- Projektor diapozytywów MEDI z ekranem projekcyjnym do wyświetlania diapozytywów szkoleniowych,
- Dziennik techniczny i instrukcje obsługi (rys. 6.2, ilustracja 8).



## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Całość zapewniała odporność mechaniczną zestawu szkoleniowego (rys. 6.2, ilustracja 6 i 7).



Rys. 6.2. Zestaw szkoleniowy wykrywacza ZÁŘE

### 6.3. Wykrywacz korelacyjny KOPÁČ

Prace rozwojowe, prowadzone w firmie TESLA Pardubice poprzedził, prowadzony od roku 1963 w pracowni MNO, projekt wykrywacza korelacyjnego pierwszej generacji PRP-1, oznaczonego kryptonimem KOPÁČ.

Model w wersji elektronicznej stosował zasadę pomiaru czasu i metodę hiperboliczną, czyli metodę korzystającą z pomiaru różnicy czasu przybywania sygnału (TDOA – Time Difference Of Arrival) na kilku stacjach naziemnych i śledził 6 do 8 celów, ale z ręczną oceną. Jego znaczenie polegało na tym, że wykazał rzeczywistą zdolność takiego systemu do prowadzenia analizy celów radiolokacyjnych i radiotechnicznych, i stworzył podstawy do rozwoju tej dziedziny w Czechosłowacji. Pojawiło się też zainteresowanie możliwością jego zastosowania w armiach Układu Warszawskiego. Model działał w pasmach L, S i X.

### 6.4. Zestaw wykrywacza radiotechnicznego RAMONA i RAMONA-M.

Zaprojektowane zestawy RAMONA, oznaczone symbolem KRTP81 (**K**omplet **R**adio**T**echnickeho **P**atrače<sup>14</sup>) i zmodernizowane zestawy RAMONA M, oznaczone symbolem KRTP83, stanowiły już drugą generację radiotechnicznych urządzeń wykrywających, opartych na metodzie TDOA. Głównym celem było tu zbudowanie automatycznego systemu do wyśledzenia celu, jego oceny i wyznaczenia lokalizacji.

Kierującym projektem RAMONA był inż. Karel Nekut.

Zestaw sterowany przy pomocy komputera centralnego reprezentował nową koncepcję cyfrowej obróbki sygnału. Zastosowany komputer pochodził z rodziny ICL, produkowanej w Polsce pod nazwą 'ODRA', a w wersji wojskowej – 'RODAN'. Komputer ten był bardzo szybki, pracował na słowie 24-bitowym (już w roku 1973), zadania były realizowane w kodzie maszynowym, w czasie rzeczywistym, przy pomocy specjalnego oprogramowania, opracowanego dla tego urządzenia.

Pasmo mikrofalowe zostało poszerzone do 18 GHz. Oznaczało to też poszerzenie technologii hybrydowej i techniki pomiarowej. Wykrywanie, pomiar częstotliwości i obróbka odbieranych sygnałów były w pełni cyfrowe, oscylatory lokalne odbiornika, typu superheterodynowego, były wyposażone w karcinotrony czeskiej produkcji z synteзаторami.

Komputer sterował diagnostyką i niektórymi innymi funkcjami logistycznymi, związanymi z opracowywaniem i tłumaczeniem źródłowej dokumentacji technicznej, wykazów części zamiennych i zapasowych, przeglądów profilaktycznych, szkolenia, wprowadzania zmian itp. Np. wszystkie zestawienia i wykazy produkcyjne były wprowadzane do pamięci komputera najpierw z kart dziurkowanych, następnie z taśmy dziurkowanej i w końcu z nośników magnetycznych (kasety i CD).

Projektowanie, przygotowanie produkcji, właściwa produkcja i opieka poprodukcyjna odbywały się według 'metody nakładających się etapów'. Ta metoda techniczno-organizacyjna zakładała wyjątki od typowej dyscypliny technologicznej i ściśle powiązanie między służbami projektowymi i produkcyjnymi, włączając w to zakładowe służby odbioru (OTK<sup>15</sup>) i zamawiającego (ZVS<sup>16</sup>).

<sup>14</sup> Zestaw Radiotechnicznego Urządzenia Wykrywającego (przyp. tłum.)

<sup>15</sup> OTK = Oddělení Technické Kontroly = Wydział Kontroli Technicznej (przyp. tłum.)

<sup>16</sup> ZVS - Zástupce Vojskové Správy = Przedstawicielstwo Wojskowe – jednostka organizacyjna odpowiedzialna za nadzór techniczny i jakościowy nad produkcją na potrzeby wojskowe (przyp. tłum.)

## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Z jednej strony oznaczało to większe trudności kierowania, jednak z drugiej – oznaczało także udane przyspieszenie produkcji i dostaw, przy obniżeniu kosztów i szybszym zwrocie środków wyłożonych na badania i rozwój. Do planowania, kierowania bieżącego i do kontroli stosowano grafy sieciowe. Umożliwiło to np. skompletowanie, w bardzo krótkim czasie, zestawu KRTP81 i wyprodukowanie nowo zaprojektowanych elementów systemu bezprzewodowego przekazu danych wyjściowych na odległość 100 km, a także dostarczenie wszystkiego zagranicznemu odbiorcy w 4 miesiące od podpisania kontraktu.

Efekty osiągnięte w wyniku modernizacji oznaczały zasadnicze zwiększenie wartości użytkowej tych urządzeń rozpoznawczych. Analiza podstawowych parametrów pokazywała, że przejawiało się to zwiększeniem zasięgu i liczby przejętych celów SIF<sup>17</sup> jako efekt poprawy czułości o 8dB, oraz zwiększeniem czułości odbiornika w paśmie 8 – 12 GHz, przede wszystkim do odbioru sygnałów od impulsowych radiolokatorów dopplerowskich, co pozwoliło osiągnąć dobre wyniki w śledzeniu celów F15 i F16 na odległość 400 km. Była to także poprawa w zakresie automatycznego wykrywania i przetwarzania sygnałów o impulsowej modulacji częstotliwości ze zmiennym okresem powtarzania od 28 do 210 ms., zwiększenie liczby celów śledzonych jednocześnie i inne ulepszenia systemowe. W zakresie wykrywania, śledzenia i określania celów stworzono podstawy do kolejnej, rozwojowej wersji urządzeń TAMARA i VĚRA.

Pomiar odstępów czasowych przyjętych sygnałów odbywał się w stacji pośredniej, do której, za pośrednictwem radiowego łącza bezprzewodowego, trafiały sygnały ze stacji bocznych. Dodatkowe opóźnienie, powstające w urządzeniach przekazujących, było kompensowane. Na wyjściu ze stacji pośredniej powstawał, korelowany czasowo, sygnał potrójny, odpowiadający położeniu celu, i niekorelowane sygnały przypadkowe, objawiające się jako zakłócenia szumowe.

Jak każdy system fizyczny, tak i ten hiperboliczny system pomiaru czasu miał szereg możliwości ale też i ograniczeń. Umożliwiał on jednoczesne, wielkoobszarowe, odbywające się w czasie rzeczywistym, automatyczne wskazywanie i określanie lokalizacji znacznej ilości celów. Był on także odporny na celowe, aktywne zakłócanie i określał położenie i parametry źródła zakłóceń, nie emitując aktywnie żadnej energii elektromagnetycznej. Co oczywiste – wskazywał on tylko cele wysyłające sygnały. W przeciwieństwie do radiolokatorów uzyskiwał lepszą dokładność w ustalaniu kierunku, ale miał gorszą ocenę odległości. Wymagał dokładnych współrzędnych lokalizacji stacji. Ten wymóg dość wcześnie spełniło wyposażenie go w odpowiednie urządzenia geodezyjne, które obecnie zostały zastąpione systemem GPS. Sam system był dość złożony i wymagający co do rozmieszczenia w terenie. Niektóre jego ograniczenia skutkowały wymogiem jednoczesnego pokrycia sygnałem wszystkich trzech stanowisk, z powodu kierunkowej charakterystyki systemu antenowego urządzeń pokładowych. Przy nadlatywaniu z większej odległości szerokość przestrzeni pokrytej główną wiązką jest dostatecznie duża tak, że sygnał jest odbierany jednocześnie przez wszystkie trzy stacje. Przy mniejszych odległościach stosuje się wiązki poboczne. Bardziej złożona sytuacja powstaje przy bocznym locie celu, gdy moc promieniowania jest niewielka i dochodzi do wypadania odbieranych sygnałów i przerywaniu ścieżki. Zjawisko to nie powstaje przy sygnałach SIF, gdy anteny transponderów mają charakterystykę wielokierunkową. System ten znajduje zastosowanie praktyczne w trybie stacjonarnym. Daje się on w miarę łatwo ukryć i zamaskować, a główne jego zastosowanie to cele wywiadowcze.

Zasadniczy projekt i konstrukcja obu urządzeń KRTP81 i KRTP83 były jednakowe, różniły się tylko zakresem modernizacji niektórych elementów składowych.

---

<sup>17</sup> SIF = Selective Identification Facility (przyp. tłum.)



## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Każdy zestaw składał się z 13 jednostek (kontenerów i palet, do czego należał i kontener z modulem graficznym ZZP). Wszystkie jednostki można było przemieszczać na samochodach Tatra 148, a później – na samochodach Tatra 815 i Kamaz. Można też było przewozić je oddzielnie, drogą powietrzną (np. wszystkie urządzenia dostarczone do Syrii były przetransportowane samolotami), oraz na statkach i kolejach. Podstawowy zestaw przygotowany do transportu to:

Paleta z zespołem antenowym	3 sztuki (2 do stacji bocznych, jedna do stacji pośredniej)
Paleta z częściami masztu	3 sztuki (2 do stacji bocznych, jedna do stacji pośredniej)
Paleta pomocnicza z częściami do obsługi	3 sztuki (2 do stacji bocznych, jedna do stacji pośredniej)
kontener części odbiorczej KB, KS	3 sztuki (2 do stacji bocznych, jedna do stacji pośredniej)
kontener z zespołami weryfikacji KV	1 sztuka (do stacji pośredniej)
moduł graficzny ZZP (kontener)	1 sztuka

Wszystkie kontenery miały standardowe wyposażenie z klimatyzacją i wentylacją filtrującą, co umożliwiało ich stosowanie w ekstremalnych warunkach klimatycznych.

W jednostce antenowej były umieszczone anteny i obwody wstępne odbiornika, wraz z oscylatorami lokalnymi, a później - i syntezytorami, a także zespoły wysokiej częstotliwości wraz z antenami mikrofalowych urządzeń łączności radiowej typu MT15. Jednostka antenowa była zakryta obudową kulistą wykonaną z materiału przepuszczającego fale radiowe, pochodzącego z NRD. W dolnej części platformy znajdował się otwór wejściowy dla obsługi, do wykonywania konserwacji i napraw. Wygląd jednostki antenowej przedstawia rys. 6.3, gdzie jest ona umieszczona bezpośrednio na platformie transportowej, do stosowania bez masztu.



Rys. 6.3 Jednostka antenowa urządzenia KRTP 81/83 (RAMONA) w użyciu bez masztu

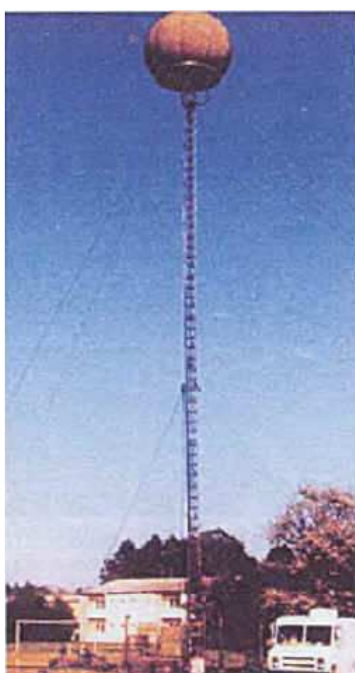
## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Maszt składał się z części o strukturze kratowej o mocnych połączeniach, co, z pomocą wbudowanego podnośnika, umożliwiało jego stopniowe podnoszenie własnymi siłami, wraz z jednostką antenową do wysokości 25 m. Maszt był kotwiczony przy pomocy dwóch kompletów lin do przygotowanych kotw. Na maszcie mieściła się winda z urządzeniem do wspinania się, umożliwiającym dotarcie personelu do wysuniętego zespołu antenowego. Ustawienie masztu było trudną operacją i przedłużało doprowadzenie całości do stanu gotowości eksploatacyjnej nawet o kilka godzin. Rys. 6.4 pokazuje paletę zespołu antenowego zapakowaną do transportu. Z przodu widnieje ręczny mechanizm podnoszący, pozwalający na podniesienie palety do wysokości umożliwiającej podjechanie samochodu przy załadunku.



Rys. 6.4. Jednostka antenowa KRTP 81/83 (RAMONA) umieszczona na palecie

Części masztu i mechanizm wyciągowy były umieszczane na oddzielnej palecie. Na dodatkowej palecie umieszczano kotwy, urządzenia do prac ziemnych przy zakładaniu kotw (mechanizm wiertniczy), ręczne urządzenie podnoszące, stopnie przed wejściem do kontenera, kable i inne urządzenia mechaniczne. Ustawiony maszt z zespołem antenowym na wysokości 25 m przedstawia rys. 6.5.



Rys. 6.5 Rozciągnięty maszt z zespołem antenowym urządzenia KRTP 81/83 (RAMONA)

## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

W kontenerach części odbiorczej (rys. 6.6) były umieszczone wzmacniacze częstotliwości pośredniej, detektory i demodulatory sygnałów ze znormalizowanym wyjściem cyfrowym, obwody sterujące do re-kalibracji odbiorników i wewnętrzne zespoły wzmacniaczy radiowych. Oprócz tego mieściły się tam urządzenia geodezyjne do wyznaczania danych topograficznych i geodezyjnych i niektóre części zapasowe. W kontenerze jednostki weryfikacji KV znajdował się komputer RODAN, stanowisko kierowania z monitorem, komputery, trzy wyświetlacze – hiperboliczny zgrubny, hiperboliczny precyzyjny i tzw. mapowy, z obrazem kątowym. Dalej był tam czytnik i dziurkarka taśmy papierowej, który później zastąpiono urządzeniem z kasetą magnetyczną i analizator sygnału, którego funkcję przejął komputer. Do transmisji komunikatów do zespołu modułu ZZP stosowano urządzenie transmisyjne PÁSKA. Do łączności z częścią odbiorczą służył dalekopis, zastąpiony później prostym komputerem PC. Do nagrywania nowych sygnałów w celu ich analizy można było użyć magnetowid o szerokości pasma 6 MHz.

W zespole modułu ZZP znajdowały się dwa identyczne systemy składające się z elektromagnetycznego rejestratora XY i odpowiednich komputerów. Na ploterze była wykreślana rzeczywista sytuacja radiolokacyjna albo rzeczywista, całościowa sytuacja w przestrzeni powietrznej (wykresy i ścieżki), przechwycona i wyznaczona przez urządzenie wykrywające. Komunikat był przesyłany przez urządzenie transmisyjne PÁSKA. Oprócz sytuacji rzeczywistej można było przedstawić (naskicować) mapy znaczących obszarów i inne wprowadzone obrazy.

Zmodernizowaną wersję ZZPM uzupełniono o monitory ekranowe.

Główne parametry techniczne urządzenia KRTP 81/83 przedstawiono w rozdziale 7-2.



Rys. 6.6 Typowy kontener urządzenia KRTP 81/83 (RAMONA)

### 6.5. Wykrywacz radiowy TAMARA

Wykrywacz TAMARA, oznaczony kryptonimem KRTP 86 należał już do trzeciej generacji wykrywaczy radiowych, działających na zasadzie TDOA. Uwzględniała ona nową wiedzę i – w stosunku do RAMONY – wyraźnie zwiększył się tu potencjał obróbki nowych celów. Nie zmienił się zasięg –  $120^\circ \times 450$  km. Wzrosła liczba jednocześnie śledzonych celów i poszerzyły się możliwości ich analizowania. Polepszyła się mobilność. Z taką samą wagnością uwzględniono

## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

doświadczenia pochodzące z projektowania, produkcji i eksploatacji u użytkowników (układ modułów HW i SW, sterowanie siecią komputerów, metody analityczne, diagnostyka, transmisja itp.). TAMARA była podstawą do dalszego rozwoju wykrywaczy linii VĚRA (po roku 1990 w firmie ERA S.A.).

Projektem TAMARA kierował inż. Karel Nekut, głównym projektantem systemu odbiorników był inż. Zdeněk Beran Csc. A głównym projektantem systemu wykrywającego był inż. Julius Reitmayer.

### 6.5.1. Konstrukcja i elementy funkcjonalne

Wszystkie urządzenia elektroniczne były umieszczane w obudowach izotermicznych VOSK na samochodzie TATRA 815 lub KAMAZ. Obwody odbiorcze znajdowały się w jednostce antenowej o kształcie walca na wysuwanym maszcie (rys. 6.7). Cały zestaw składał się z siedmiu jednostek na samochodach TATRA 815 lub na trzech samochodach TATRA 815 i czterech samochodach KAMAZ.

Podstawowy zestaw gotowy do transportu obejmował:

- |                   |  |
|-------------------|--|
| – Stacja KB       | 2 sztuki (stacja boczna części odbiorczej) w obudowie VOSK   |
| – Stacja KC       | 1 sztuka (stacja środkowa części odbiorczej) w obudowie VOSK |
| – Stacja KM       | 1 sztuka (część pomiarowa i wykrywająca) w obudowie VOSK     |
| – Maszty HAB, HAC | 3 sztuki (maszty antenowe)                                   |
| – Stacja ZZP 4    | 1 sztuka (moduł) w obudowie VOSK                             |



Rys. 6.7 Jednostka antenowa urządzenia KRTP 86 (TAMARA)

Maszt antenowy mógł być wysuwany na wysokość do 25 m przy pomocy teleskopowego systemu hydraulicznego.

Do posadowienia i rozciągnięcia masztu wystarczała obsługa dwóch osób. W razie potrzeby maszt można było wysunąć tylko na wysokość 8,5 lub 12,5 m.





Rys. 6.8 Maszt antenowy urządzenia KRTP 86 (TAMARA), w stanie do transportu

Część odbiorcza składała się z dwóch systemów. Główny zespół znajdował się w walcu na szczycie masztu HAB (HAC dla stacji pośrednich). W obudowie KB (KC) znajdowały się tylko układy sterujące i kontrolne oraz część układów do analizy przebiegu impulsów. System odbiorczy tworzyło 5 odbiorników superheterodynowych z tunerami dwukanałowymi (częstotliwość pośrednia o szerokości pasma  $2 \times 100$  MHz – pasmo dolne i górne) do sygnałów radiolokacyjnych, które, cyfrowo, zostawały poddane przemianie i jeden kanał odbiorczy na SIF/TACAN<sup>18</sup>. Przemiana odbywała się skokowo na wstępnie ustalone częstotliwości.



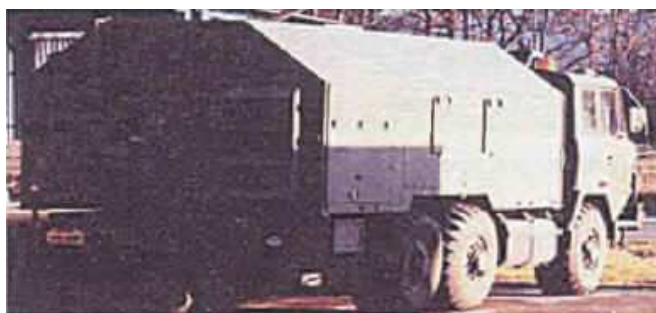
Rys. 6.9 Maszt urządzenia KRTP 86 (TAMARA) wysunięty na 25 m i na 8,5 m

Wszystkie oscylatory lokalne, za wyjątkiem tego dla pasma C, były na półprzewodnikach produkcji czechosłowackiej. Obwody mikrofalowe wykonano w technologii MIO (hybrydowe mikrofalowe obwody scalone).

<sup>18</sup> SIF/TACAN = Selective Identification Feature/Tactical Air Navigation (przyp. tłum.)

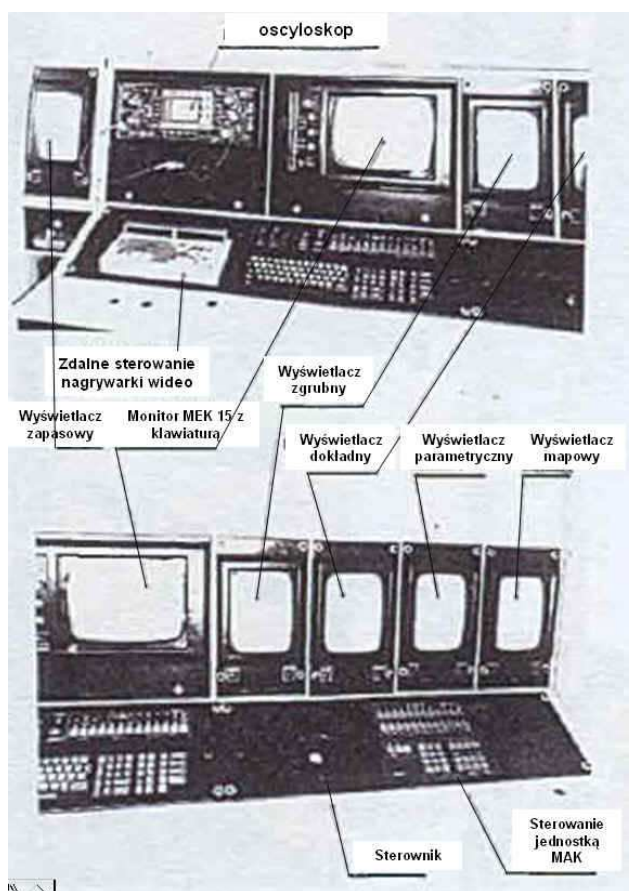
## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Do transmisji danych ze stacji bocznych do stacji środkowej stosowano przekaźniki radiowe MT31 umieszczone w górnej części walca. Nakierowywanie urządzenia odbywało się zdalnie ze stanowiska w obudowie KB lub KC. Sygnał kontrolny FM był w podpaśmie D. Oscylatory lokalne były wyposażone w stabilizatory częstotliwości z syntezytorami. Do kierowania przekształcaniem i przełączaniem służył komputer komunikacyjny BRK, przeznaczony tylko do tego celu. Sterowanie i łączność z obudowy KB lub KC odbywała się przez przeznaczony do tego komputery PC, które zastąpiły dalekopisy stosowane z urządzeniem RAMONA.



Rys. 6.10 Obudowa VOSK do zespołów KB, KC i KM urządzenia KRTP 86 (TAMARA)

Stacja KM – zespół wykrywania i sterowania była główną jednostką wykrywacza KRTP 86. Obejmowała ona główny komputer RODAN R15, jednostkę pomiarową MAK, stanowisko operatorskie, oscyloskop do odwzorowania parametrów impulsów, urządzenie transmisyjne i – jako opcjonalny – magnetowid.



Rys. 6.11 Stanowisko obsługi urządzenia KRTP 86

## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Właściwości komputera:

- Słowo 24-bitowe
- RAM 256 Ksłów, opcjonalnie 1 Msłowo
- 0,7 MIP
- szybkość 125 Ksłów/sek.

Główny program operacyjny pracował w następujących trybach działania:

- Wynajdywanie celów w powietrzu
- Wynajdywanie celów naziemnych
- Monitorowanie celów naziemnych
- Skanowanie częstotliwości
- Analiza sygnałów
- Szybki test systemu

Wyposażenie urządzenia w obszerne oprogramowanie umożliwiało operatorowi, oprócz zarządzania i diagnostyki urządzenia, wybór i automatyczną analizę celów naziemnych i powietrznych i określanie ich charakterystyki taktycznej.

Kierowanie systemem przebiegało przy pomocy szeregu poleceń, w dialogu operatora z programem, pozwalając na modyfikację następujących grup zadań:

- Wybór trybów systemowych
- Systemy wyjściowe
- Ustalanie odstępów dla częstotliwości dla różnych trybów
- Modyfikacja obróbki sygnałów
- Inne

Typowe urządzenia zewnętrzne komputera R15:

- Monitor monochromatyczny MEK 15
- Pamięć kasetowa PK-3/s
- Drukarka
- Dwa kanały transmisyjne IRPS 9600 bd

Jednostka pomiarowa MAK była automatem sekwencyjnym o dużej szybkości, przeznaczonym do obróbki obrazu. Stanowił on jedno z głównych urządzeń zewnętrznych komputera R15 i oprócz pomiaru czasu odbioru i długości impulsów, tworzył ciąg danych z parametrami tych impulsów.

Stanowisko operatora obejmowało specjalistyczne monitory i wyświetlacze:

- Wyświetlacz hiperboliczny zgrubny
- Wyświetlacz hiperboliczny precyzyjny
- Wyświetlacz parametrów (obrazujący parametry sygnałów)
- Wyświetlacz mapowy (obraz prawo-kątowy)
- Monitor MEK15
- Oscyloskop do mierzenia modulacji przebiegu impulsów
- Wyświetlacz pomocniczy (który można było przełączyć na dowolny wyświetlacz)
- Klawiatura i diody sygnalizujące
- Urządzenia komunikacji głosowej
- Zdalne sterowanie magnetowidu

## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

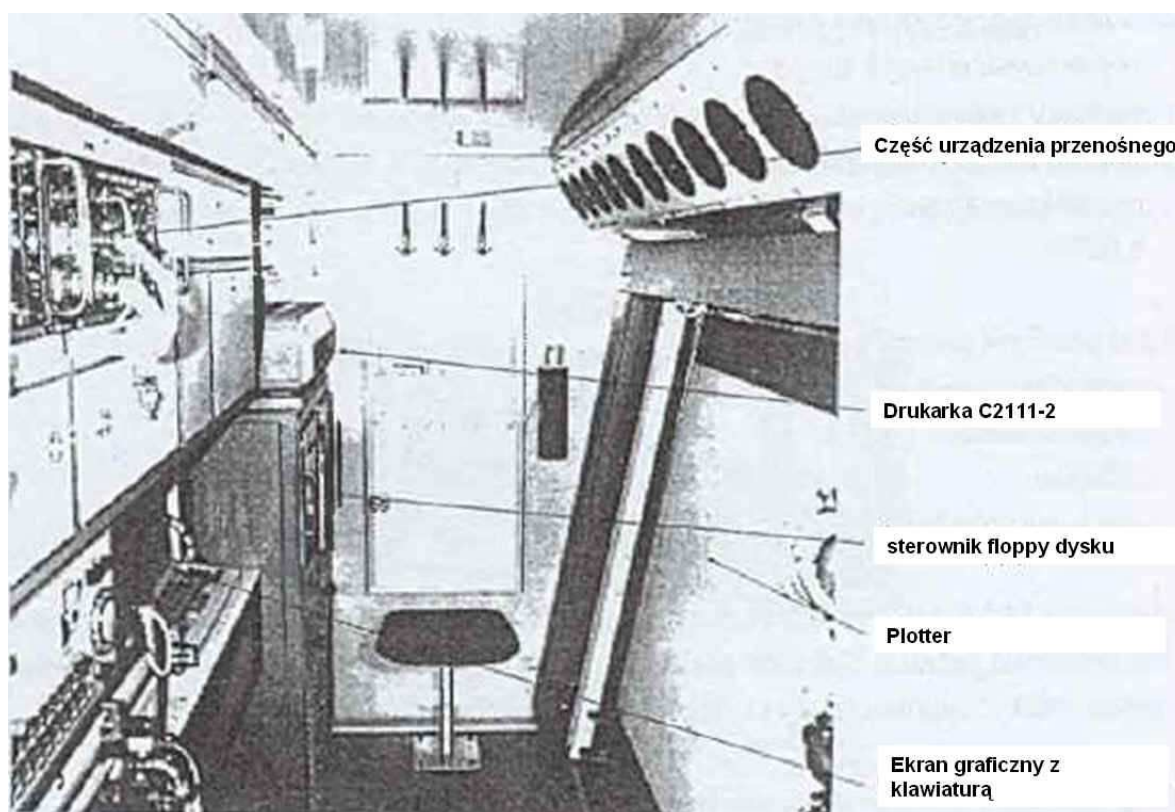
Informacje wyjściowe można było przenosić bezpośrednio z komputera (V24/V28/RS232) lub przez opcjonalne urządzenie transmisji danych. Do tych wyjść można było przyłączyć stację ZZP4 (moduł graficzny).

Magnetowid o szerokości pasma 6,5 MHz służył do rejestracji pełnych trójek sygnałów a następnie do ich odtworzenia i analizy w trybie off-line. Ten sposób był stosowany głównie do nowych, dotąd nieznanymi celów.

Parametry techniczne urządzenia wykrywającego TAMARA są zawarte w załączniku 6.3.

### 6.5.2. Moduł graficzny<sup>19</sup> ZZP4

Zestaw KRTP86 można było opcjonalnie uzupełnić o zmodernizowany moduł graficzny ZZP4, który był zaprojektowany jako ploter elektromagnetyczny z ekranem graficznym (rys. 6.12). Był on umieszczony w nadbudówce VOSK na samochodzie TATRA 815. Pełen moduł był wyposażony w dwa niezależne ciągi (urządzenie transmisyjne TKT typu M4T282, komputer sterujący PCT, ekran graficzny ADM, floppy dysk CPD i ploter BPE), które mogły pracować niezależnie, lub, w przypadku awarii któregoś z modułów, w trybie zastępstwa. Do zapisów dokumentujących służyła drukarka C2111-12.



Rys. 6.12 Urządzenie TAMARA, widok na moduł graficzny ZZP4

<sup>19</sup> w oryginale pracy na określenie tego modułu używa się słowa „planžet”, co zdaje się być czeskim odpowiednikiem francuskiego „planchette”, niewielkiego urządzenia rysującego, stosowanego w zabawach towarzyskich w seanse spirytystyczne do przekazywania, w postaci liter i cyfr lub grafiki, rzekomych wiadomości od duchów; z braku odpowiedniego terminu polskiego, w tłumaczeniu zastosowano formę opisową „moduł graficzny” (przyp. tłum.)



## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Podstawowe dane techniczne:

- Wielkość plotera 1300 x 900 mm
- Wielkość ekranu monochromatycznego 512 x 512 mm
- Liczba przetwarzanych celów 20
- Czas nagrywania 30 sek.
- Źródła danych: 1 do 2 KM, inne terminale zdalne przez DTE, pliki dyskowe, lokalny terminal graficzny ADM
- Przedstawiane parametry: czas, pozycja celu, typ celu (liczba, rodzaj), symbole REB.

### 6.6. Zestaw celowniczy PRUS

W związku z powstaniem systemu kierowania ogniem (SŘP<sup>20</sup>) z działami przeciwlotniczymi ShPLK STROP II, zaprojektowano, jako podsystem do analizy sytuacji w powietrzu i naprowadzania na cel, system PRUS. Kończym twórcą systemu SŘP STROP była firma Konstrukta Trenčín, a projektowanie systemu PRUS odbywało się w oddziale 2300 w Tesli Pardubice, posiadającej doświadczenie z tworzeniem radiowych urządzeń wykrywających RAMONA, TAMARA i BORAP. Zadanie to dostał inż. Jan Jedlička.

Praca nad tym zadaniem biegła w latach 1988 – 1993. W ich ramach w roku 1988 wykonano analizę techniczno-ekonomiczną (odpowiednik planu biznesowego) i specyfikację techniczną. Głównymi funkcjami systemu miały być:

- Ogólne badanie sytuacji w powietrzu
- Nakierowanie na cel powietrzny.

Obie te funkcje zostały przygotowane przy pomocy monoimpulsowych systemów naprowadzających ([6]).

W dalszej perspektywie zakładano również częściowe zastosowanie tego systemu do funkcji IFF na podstawie analizy sygnału odebranego od pokładowego urządzenia strzelniczego w samolocie.

System PRUS składał się z trzech następujących podstawowych części:

Analizujący podsystem antenowy PRUS-P, składający się z sześciu anten spiralnych, zamontowanych w zespole antenowym, na okręgu, co 60°. Zespół antenowy w systemie STROP był umieszczony na wysuwanej maszcie i służył do wyznaczenia kierunku, w którym znajdował się samolot przeciwnika.

Celowniczy podsystem antenowy PRUS-Z składał się z czterech anten stożkowych o wąskiej charakterystyce kierunkowej i był umieszczony na wieży celowniczej systemu STROP. Jego zadaniem było wyznaczenie kierunku celu z dokładnością wystarczającą do przechwycenia celownikiem TV i dalmierzem laserowym.

Analiza odbieranych sygnałów i kierowanie działaniem systemu PRUS odbywało się w pojemniku z elektroniką w zespole PRUS-E.

Specyfikację systemu PRUS i ideowy projekt anten przygotowała pracownia wojskowa. W Tesli

---

<sup>20</sup> SŘP = System Řizení Palby = System Kierowania Ogniem (przyp. tłum)

## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Pardubice w projektowaniu brał udział również UVR Opočinek, gdzie zaprojektowano całe anteny.

Projektowanie zestawu zakończyło się udanymi testami wojskowymi, ale nie wszedł on jednak do produkcji, bo zmianie uległa koncepcja stosowania systemu STROP.

Główne parametry techniczne:

- Pasmo częstotliwości 8,2 do 12,4 GHz
- Zasięg i dokładność monitorowania
  - o Zasięg 360° po 60°
  - o Dla wskazywania celu  $\pm 6^\circ$  w ramach sektora
  - o Zakres namierzania  $15^\circ$
  - o Dokładność w kierunku celu (azymut i elewacja)  $1,5^\circ$



Rys. 6.13 Elementy zestawu PRUS. Po lewej: moduł analizujący PRUS-E, antena analizująca PRUS-P i antena celownicza PRUS-Z.

### 6.7 Produkcja biernych systemów radiolokacyjnych

Urządzenie	liczba sztuk	do roku
ZÁŘE	350	1970
RAMONA	17	1983
RAMONA-M	15	1986
TAMARA	21 (wyprodukowano 24)	1991
SDD	?	2001
BORAP	tylko 1 prototyp	1999
PRUS	0	

## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

### 6.8 Instalacja i obsługa radiolokatorów pasywnych

Z początkiem lat osiemdziesiątych powstał wydział zajmujący się montażem i obsługą pasywnych radiolokatorów. Ich instalacja miała odbywać się w postaci tzw. montażu nadzorowanego – użytkownik miał wykonywać wszystkie montażowe czynności mechaniczne, regulacje i uruchomienie systemu pod nadzorem i kierunkiem specjalistów dostawcy. W większości przypadków jednak nie było to możliwe z powodu złożoności czynności, trudności technicznych systemu i słabej znajomości praktycznych zasad obsługi przez klienta. Z tego powodu czynności te wykonywali specjaliści zespołu nadzorczego dostawcy – TESLA Pardubice.

Montaż nadzorowany u odbiorców zagranicznych był realizowany na zasadzie odrębnych kontraktów, zawieranych między FMZO HTS<sup>21</sup> (Federalne Ministerstwo Handlu Zagranicznego – Naczelny Zarząd Techniczny) a – po stronie klientów zagranicznych GIU GKES Moskwa ZSRR, ASB Damaszk, Syryjska Republika Arabska, ITA Berlin NRD. Dla FMZO HTS dostawcą końcowym kompletnych systemów radiolokacyjnych była TESLA Pardubice.

W latach 1980 do 1986 dostarczono i – drogą montażu nadzorowanego – przekazano do eksploatacji ponad 30 zestawów urządzeń wykrywających RAMONA, a w latach 1987 – 1991 ponad 20 zestawów urządzenia TAMARA. Montaż nadzorowany odbywały się zgodnie z harmonogramami, ustalonymi w konkretnych lokalizacjach, z uwzględnieniem warunków miejscowych i przygotowania użytkownika do wdrożenia operacyjnego. Prace trwały około trzech miesięcy i odbywały się pod kierunkiem szefa zespołu nadzoru montażowego z TESLI Pardubice.

Pierwszym etapem była inspekcja stanowisk, na których miały się znaleźć poszczególne systemy i tzw. odbiór szczegółowy, w trakcie którego urządzenie przekazywano użytkownikowi zgodnie ze szczegółowym wykazem montażowym, załączanym do dokumentacji technicznej, od dużych zespołów po ostatnią śrubkę i bezpiecznik w częściach zamiennych.

Drugim etapem było dokładne nakierowanie geodezyjne wszystkich trzech systemów antenowych. Działanie to wykonywali specjaliści z Wojskowego Instytutu Topograficznego z miejscowości Dobruška. Z dzisiejszego punktu widzenia (2009/2010), z obecną dostępnością nawigacji satelitarnej, zadanie to było nieprawdopodobnie uciążliwe. Równolegle dokonywano przeniesienia systemów na poszczególne stanowiska (środkowe i dwa boczne), a ich odległość wynosiła 5 – 30 km w linii lotu ptaka. Były to duże odległości, utrudniające przemieszczanie ludzi i sprzętu. Po tym następował mechaniczny montaż masztu (RAMONA) i podłączenie całego systemu. Montaż masztu wykonywali pracownicy producenta – SUB Uherský Brod.

Trzecim etapem było uruchomienie pod napięciem i regulacja działania całego systemu. Moduł graficzny PLANŽET włączali do eksploatacji specjaliści producenta ZPA Nový Bor.

Czwartym etapem była długa eksploatacja próbna, szkolenie obsługi i końcowe, protokolarne przekazanie urządzenia do stosowania.

Urządzenia wykrywające były lokalizowane z uwzględnieniem ich przeznaczenia taktycznego w miejscach na wybrzeżach mórz – Japońskiego, Ochockiego, Bałtyckiego, Czarnego, Barentsa, Śródziemnego, oraz na granicach w górach. Oczywiście były przy tym trudności w pracy techników.

Jeden zestaw RAMONA, w roku 1986, ówczesna armia ZSRR przekazała armii KRLD (Północna

---

<sup>21</sup> FMZO – HTS = Federalni Ministerstvo Zahraničního Obchodu – Hlavní Technická Správa (przyp. tłum.)

## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Korea). Górskie tereny i panujące w nich warunki trudno nawet opisać. Także w tym przypadku, jak i we wszystkich pozostałych, montaż nadzorowany wykonywał zespół pracowników czeskich. Dziwna wręcz była dostawa wykrywacza RAMONA dla armii Syryjskiej Republiki Arabskiej, która - jako zadanie wyodrębnione – została oznaczona kryptonimem K83. Przedmiotem szczególnych wymogów było tu chłodzenie całego systemu w warunkach miejscowych, szczególne wymogi podnoszono też co do przesyłania danych łączami na dużą odległość do stolicy Damaszku, na urządzenia szyfrujące od Ministerstwa Spraw Wewnętrznych, ciągła eksploatacja niektórych zestawów przy zasilaniu z ruchomych generatorów prądu, aktualizacje oprogramowania, makiety stanowisk imitujące właściwe urządzenia itd. Te wymogi szczególne formułowano z całym naciskiem wobec ekipy montażu nadzorowanego, która, w bardzo trudnych warunkach, realizowała wszystko na miejscu.

Wybrane miejsca, do których, w latach 80. minionego wieku, dostarczono wykrywacze z firmy TESLA Pardubice:

ZSRR – Zagorjanka koło Moskwy – centrum szkoleniowe, Wyższa Szkoła Wojskowa w Kijowie, Liepāja - Łotwa, Tallin - Estonia, Sofporog – Karelia, Murmańsk – Krąg Polarny, Władywostok – Daleki Wschód, Sachalin – Daleki Wschód, Suchumi – Abchazja i inne

NRD – Nordhausen, Schwerin

Syria – Damaszek, Latakia, Suwejd

KRLD – Phenian,

ČSSR – Armia ČSSR miała inne procedury ze względu na swą pozycję jako klienta. Obsługa radiolokatorów pasywnych odbywała się na kilka sposobów.

W firmie TESLA Pardubice, w ramach służb technicznych i obsługowych, później – wydziału służb technicznych i obsługowych, ustanowiono samodzielne centrum montażu i obsługi systemów KRTP (wykrywaczy).

- Obsługa gwarancyjna i pogwarancyjna dla bliskich lokalizacji zestawów wykrywaczy w ČSSR i NRD była prowadzona bezpośrednio przez ośrodek techniczno-serwisowy TESLA Pardubice, na rzecz armii ČSSR, NRD i ZSRR w NRD. Ośrodek dysponował częściami zamiennymi, miał stałą ekipę i miał zawarte umowy o współpracy z dostawcami-kooperantami, takimi jak SUB Uherský Brod, ZPA Nový Bor i inni.
- Do obsługi gwarancyjnej i pogwarancyjnej w ZSRR założono centrum serwisowe KRTP w Moskwie. Mieściło się ono na lotnisku Szeremetiewo, w obszarze podległym MGA (Ministerstwo Lotnictwa Cywilnego ZSRR). Tamtejszy zespół dysponował częściami zamiennymi do napraw i niezbędnym sprzętem pomiarowym. Podlegał on wydziałowi służb technicznych i obsługowych TESLA Pardubice i wykonywała naprawy na całym terytorium ZSRR. Umowa była zawarta między FMZO HTS Praga a GIU GKES w Moskwie.
- Do serwisu gwarancyjnego i pomocy technicznej w Syryjskiej Republice Arabskiej założono centrum obsługowe w stolicy - Damaszku. Oprócz pracowników serwisu samych wykrywaczy centrum zostało poszerzone, na podstawie prośby klienta zagranicznego, o niezależną grupę specjalistów wojskowych – instruktorów. Centrum w Damaszku podobnie jak to w Moskwie, było zaopatrzone w niezbędne części zamienne i urządzenia pomiarowe. Centrum podlegało wydziałowi służb technicznych i obsługowych TESLA Pardubice i prowadziło obsługę wszystkich dostarczonych tam systemów. Umowa była zawarta między FMZO HTS Praga a ASB Damaszek.



## HISTORIA TECHNIK RADIOLOKACYJNYCH W CZECHOSŁOWACJI

Po roku 1989 cały program produkcji wykrywaczy wojskowych w firmie Tesla Pardubice był stopniowo ograniczany. Ratunkiem stała się założenie nowej firmy ERA, dokąd przeszła większość pracowników z zakresu projektowania wykrywaczy, i w której był on dalej rozwijany. Przykładem niewłaściwej polityki handlowej było odrzucenie zainteresowania francuskich sił zbrojnych możliwością kupna kilku zestawów KRTP, wynikłe z obawy, że francuskie firmy mogłyby przystąpić do procesu prywatyzacji przedsiębiorstwa nie zostawiając niczego dla potencjalnych nabywców krajowych.

### LITERATURA

[5] Bezoušek, P. i Schejbal, V. „Radar Technology in the Czech Republic”, IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 19