

PIT-RADWAR SA

- 80 lat polskiej
elektroniki
profesjonalnej



80lat / 60lat



PIT-RADWAR SA
- 80 LAT
POLSKIEJ
ELEKTRONIKI
PROFESJONALNEJ

Twórcy
polskiej
radiolokacji

REDAKCYJNA:

SPIS TREŚCI

Rys historyczny	8	Radar N 22N(3D)	73
Nagrody na Międzynarodowym Salonie Przemysłu		Zdolna do przerzutu stacja radiolokacyjna Soła (ZDPSR)	73
Obronnego w Kilecach w latach 1995-2011	17	Produkcja urządzeń radiolokacyjnych	74
Współpraca z przedstawicielami Sił Zbrojnych	17	Aktywne podzespoły mikrofalowe	
Państwowy Instytut Telekomunikacyjny. Lata 1934-1951	18	– Oddział Wrocławski PIT	74
Lata 1948-1956. Początki polskiej radiolokacji	26	Systemy automatyzacji dowodzenia	76
Narodziny i pierwsze lata działalności warszawskich		Obiekty automatyzacji dowodzenia Dunajec	76
zakładów radiowych RAWAR	30	Modernizacja Dunajca	77
Elektronika profesjonalna w PIT i RADWAR	38	Integracja Dunajca-78	
Urządzenia radiolokacyjne	38	Zautomatyzowany Wóz Dowodzenia Łowcza 3	79
Wysokościomierze radiolokacyjne – lata 1950-1970	39	System Dunaj	80
Radary do kontroli ruchu lotniczego (ATC)	41	System dowodzenia związku taktycznego Szafran ZT	81
Radar do kontroli strefy przybrzeżnej		Systemy rozpoznania radioelektronicznego	84
i powierzchni morza N 23	44	System rozpoznania radioelektronicznego Breń-R	84
Radary nawigacyjne, nowa generacja	46	Kontener rozpoznania elektronicznego Skorosz	85
Okrętowy radar nawigacyjny N 25	47	Modułowy system rozpoznania	
Mobilne radary pełnokoharentne typu NUR	47	radioelektronicznego Lemur-10	86
Radary do wykrywania celów niskolejących	48	System rozpoznania radioelektronicznego	
Wysokościomierze nowszej generacji	51	MUR-20 (Breń 2)	87
Radary trójwspółrzędne	52	System rozpoznania pokładowych systemów	
Trójwspółrzędny radar N 11	53	elektronicznych Gunica	90
Radar ostrzegawczy średniego zasięgu Justyna-2001	54	Systemy identyfikacji <i>swój-obcy</i> (IFF)	92
Trójwspółrzędny radar wstępnego wykrywania		Zestaw interrogatora dalekiego zasięgu SA-10M2	93
dla zestawu Loara	55	Autonomiczny zestaw urządzenia zapytującego Azur	94
Radar niskiego pułapu N 21MI	56	Interrogator IFF średniego zasięgu ISZ-01	95
Trójwspółrzędny radar TRD-12	57	Interrogator pokładowy SB-14E/A	95
Trójwspółrzędny radar RST-12M	59	Zestaw urządzenia zapytującego krótkiego zasięgu IKZ-0295	
Mobilny wielofunkcyjny radar TRC-20 w paśmie C	60	Urządzenia odzewowe (transpondery)	96
Cichy radar brzegowy RM-100	63	Nowe programy	97
Trójwspółrzędny radar średniego zasięgu		Systemy przeciwlotnicze	98
TRS-15 na pasmo S	64	Przeciwlotniczy zestaw artyleryjski Loara	98
Aktywna antena radiolokacyjna na pasmo S	65	Przeciwlotniczy Zestaw Artyleryjski Blenda	99
Radar rozpoznania artyleryjskiego Liwiec	66	Samodzielny Przeciwrakietowy Zestaw Lotniczy Poprad	99
Cichy radar nawigacyjny CRM-200	68	Zestawy terminalowe zautomatyzowanego	
Radar obrony okrętu MRC-10	69	kierowania obroną przeciwlotniczą Rega	100
Radar samolotowy ARS-400 i system rozpoznania		Teraźniejszość i przyszłość	102
morskiego Bryza 1RM/BIS z radarem ARS-800	69	Inwestycje w przyszłość	102
Radar FMCW do kontroli strefy lotniska ASC-10	71	<i>Tarcza Polski</i>	105
Mobilna małowabarytowa stacja radiolokacyjna (MMSR)	72	Doświadczenie i wyobraźnia	107

WSTĘP

W tym roku mija 80. rocznica powołania Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego (PIT) i 60. rocznica utworzenia Warszawskich Zakładów Radiowych RAWAR (WZR-RAWAR). Oba przedsiębiorstwa zostały połączone w 2011 i stanowią dzisiaj integralną część spółki innowacyjnej PIT- RADWAR S.A.

W świetle zachodzących zmian w Polsce trudno chyba znaleźć przedsiębiorstwa o tak długim istnieniu, działające w obszarze szybko rozwijającej się elektroniki. 80 lat w historii elektroniki to okres czasu znaczony wielą generacjami technologii, podzespołów i urządzeń.

W jubileuszowym albumie przedstawiamy powiązaną wieloletnią współpracą historię obydwu przedsiębiorstw i najważniejsze fakty z nią związane, wspominając także nazwiska ludzi, którzy nimi zarządzali i twórców, którzy wnieśli największy wkład w rozwój wyrobów, co dla każdego przedsiębiorstwa przemysłowego jest najważniejsze, i od których zależy miejsce na rynku i możliwość przetrwania na nim. Ta część albumu jest najobszerniejsza.

W PIT-RADWAR pracuje dziś ponad 1300 osób. W poprzednich latach spółki te zatrudniały razem ponad 3500 osób. Na przestrzeni kilkudziesięciu lat przewinęło się przez nie kilkanaście tysięcy pracowników. I to oni wszyscy brali udział w tworzeniu historii opisanej na stronach tego albumu, wykazując się zaangażowaniem i przywiązaniem do przedsiębiorstw, z którymi bardzo często związali całe swoje życie zawodowe. To dzięki nim wszystkim cieszyły się one zasłużoną renomą w Polsce i zagranicą. PIT i RADWAR stanowiły trzon polskiego przemysłu radiolokacyjnego, a pracownicy obydwu przedsiębiorstw wspólnie opracowali i wdrożyli do produkcji bardzo wiele urządzeń.

Oddany do rąk czytelników album zawiera syntetyczny obraz 80-letniej działalności w dziedzinie radiotechniki, telewizji, telekomunikacji oraz elektroniki na potrzeby obronności. Nawiązuje on do wydawnictw PIT z okazji 70-lecia i RADWAR z okazji 50-lecia, ale uzupełniony został o nowe materiały, a w swej ostatniej części autorzy pokazują, że mimo swego podeszłego wieku działająca pod nowym szyldem spółka ma perspektywę dalszego rozwoju, jest i będzie mocnym ogniwem polskiego przemysłu obronnego.



RYS HISTORYCZNY

W skład istniejącej od 2014 spółki PIT-RADWAR (poprzednio Bumar Elektronika) weszły dwie instytucje o długiej i bogatej historii, połączone w wyniku restrukturyzacji polskiego przemysłu obronnego ze względu na zbliżony od kilkudziesięciu lat profil działalności.

Przemysłowy Instytut Telekomunikacji wywodzi się z Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego (PIT) założonego w 1934. Początki RADWAR to rok 1954. Tak więc w 2014 wypada 80. rocznica utworzenia PIT oraz 60. rocznica istnienia Warszawskich Zakładów Radiowych RAWAR, po zmianach organizacyjnych w latach 1970. występujących jako Centrum Naukowo Produkcyjnego Elektroniki Profesjonalnej RADWAR (CNPEP RADWAR).

W przypadku PIT liczne zmiany organizacyjne, zmiany obszarów działania, zmiany nazw i siedziby nie zmieniały faktu, że za każdym razem do kolejnego przedsiębiorstwa przechodził trzon pracowników poprzedniego, nie było gwałtownych zmian kierownictwa, kontynuowane były rozpoczęte wcześniej projekty i zachowane elementy kultury firmowej. Państwowy Instytut Telekomunikacji przekształcał się w Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, Przemysłowy Instytut Telekomunikacji S.A., Bumar Elektronika S.A., a obecnie działa jako PIT-RADWAR S.A. Utworzone w 1954 Warszawskie Zakłady Radiowe T1 (RAWAR), późniejsze CNPEP RADWAR S.A., podlegały też licznym restrukturyzacjaom, ale również zachowały podstawowy profil działalności, do którego zostały powołane, rozszerzając wraz z rozwojem elektroniki obszar swojego działania. 80, a w drugim przypadku 60 lat działania w szybko rozwijającej się technologii elektronicznej pokazuje, że były to przedsiębiorstwa innowacyjne, umiające dostosować się do potrzeb rynku.

Lata przedwojenne i powojenne PIT to działalność w dziedzinie telekomunikacji i telewizji, chociaż i w okresie przedwojennym Instytut zajmował się tematyką na potrzeby obronności. W 1938 pracowało w PIT 350 osób. Po drugiej wojnie światowej, w 1945 pracowało ok. 200 osób, a w 1950 zatrudnienie zwiększono do ponad 500 osób, co pozwalało na realizację zarówno prac badawczo-konstrukcyjnych, jak i udziału w odbudowie infrastruktury telekomunikacyjnej kraju. Dyrektorem PIT był w tym czasie prof. Janusz Groszkowski, kierujący Instytutem od momentu jego powstania.

W związku z rozwojem gospodarczym wybrzeża, powstaniem Polskich Linii Oceanicznych i potrzebami Marynarki Wojennej, powstało zapotrzebowanie na prace związane z techniką radionawigacji i radiokomunikacji. Z inicjatywy prof. dr. Pawła Szulkina, ówczesnego kierownika katedry na Politechnice Gdańskiej, utworzono w 1949 Oddział PIT w Gdańsku. Od początku działalność Oddziału koncentrowała się na radioelektronice morskiej obejmującej radiokomunikację oraz radionawigację. Z kolei z inicjatywy prof. Groszkowskiego powołano w 1950 Oddział PIT we Wrocławiu, w celu prowadzenia prac w dziedzinie miernictwa materiałowego, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki miernictwa i technologii materiałów mikrofalowych. Pracami Oddziału kierował dr inż. Lesław Badian.

Już pod koniec lat 1940. rozpoczęto w PIT pierwsze prace w dziedzinie techniki radarowej, ale dopiero pierwsze osiągnięcia wskazujące na możliwość jej przemysłowej realizacji doprowadziły do powołania Warszawskich Zakładów Radiowych (WZR) RAWAR i powstanie polskiego przemysłu radiolokacyjnego, na potrzeby którego pracowało także szereg innych, istniejących i powołanych w tym czasie wytwórni, ośrodków badawczych cywilnych i wojskowych. Tematyka ta, obecna jako główny obszar działalności PIT przez kilkadziesiąt lat, jest kontynuowana w PIT-RADWAR.

W połowie 1951 Państwowy Instytut Telekomunikacyjny, podlegający dotychczas Ministerstwu Poczty i Telegrafów, został podzielony na Przemysłowy Instytut Telekomunikacji (ok. 75% pracowników), podlegający Ministerstwu Przemysłu Ciężkiego, i na Instytut Łączności podległy Ministerstwu Poczty i Telegrafów. Wówczas do Instytutu Łączności przeniesiono m.in. Zakład Telewizji. Minister Prze-



*Siedziba PIT
w latach 1940.*

mysłu Ciężkiego powołał Radę Naukową PIT, której przewodniczącym został prof. dr inż. Ignacy Malecki.

W drugiej połowie roku ustąpił ze stanowiska prof. J. Groszkowski, który był twórcą i kierownikiem Instytutu w ciągu bez mała dwudziestu lat jego istnienia (z wyjątkiem okresu okupacji), nadając mu profil dostosowany do potrzeb polskiej telekomunikacji. Dyrektorem Instytutu został inż. Stanisław Dzikiewicz, natomiast działalnością naukowo-badawczą kierował mgr inż. Stanisław Kielan, a od 1954 kpt. Andrzej Wojnar. W kolejnych kilku latach działalność PIT została ściśle powiązana z przemysłem telekomunikacyjnym i obejmowała problematykę elektroniki technicznej (do 1953), materiałów telekomunikacyjnych, specjalne miernictwo telekomunikacyjne, zagadnienia generacji i stabilizacji częstotliwości, telefonii wielokrotnej, radiotechniczne urządzenia telekomunikacyjne, teletransmisję przewodową.

W 1956 nastąpiła istotna reorganizacja działalności Instytutu. Do PIT włączono część utworzonego przy Zakładach Radiowych Kasprzaka w 1951 biura rozwojowego (Laboratorium TL), zajmującego się tematyką radiolokacyjną i zatrudniającego oddelgowanych na początku lat 1950. pracowników PIT i Politechniki Gdańskiej. Działalność Instytutu została skoncentrowana wokół problematyki mikrofalowej i radiolokacyjnej. Równocześnie tematykę teletechniczną i częściowo radiotechniczną przekazano do nowo utworzonego Instytutu Tele- i Radiotechnicznego wraz z odpowiednimi zakładami i działami Instytutu. W 1956 przeniesiono również siedzibę PIT do nowo zbudowanego gmachu przy ul. Poligonowej 30. Pod tym samym adresem działały już wybudowane wcześniej Warszawskie Zakłady Radiowe RAWAR. PIT i RAWAR stały się podstawowymi przedsiębiorstwami tworzonego wówczas, decyzją rządu, polskiego przemysłu radiolokacyjnego.

WZR RAWAR został powołany w 1954 jako zakład produkcyjny urządzeń radiolokacyjnych opracowywanych w kraju oraz wdrażający urządzenia licencyjne. Pierwszymi dyrektorami RAWAR byli: Janusz Hrynkiewicz, Czesław Miziołek i Franciszek Cacko. W 1967 dyrektorem RAWAR (później i RADWAR) został mgr inż. Marian Migdalski, pełniący tę funkcję przez ponad 30 lat, uważany słusznie za nestora polskiej radiolokacji.

Od 1954 działalności PIT i RADWAR wzajemnie się dopełniały. Przez wiele lat PIT prowadził prace badawcze i opracowywał do etapu prototypu urządzenia, następnie wprowadzane do produkcji w RAWAR, który także prowadził własne prace rozwojowe. Często zespoły inżynierów z obydwu przedsiębiorstw współpracowały ze sobą na etapie projektowania i wdrażania do produkcji wspólnie opracowywanych wyrobów. Rozszerzał się obszar działalności obydwu podmiotów. Oprócz różnego typu urządzeń radiolokacyjnych zaczęły powstawać zautomatyzowane systemy wspomagania dowodzenia. Genezą ich powstania były początki techniki cyfrowej i konieczność przetwarzania informacji przychodzących z wielu urządzeń radiolokacyjnych.

*Wejście do siedziby
PIT-RADWAR*





Sukces współpracy PIT i RADWAR doprowadził do powołania w 1977 Centrum Naukowo-Produkcyjnego Elektroniki Profesjonalnej RADWAR (CNPEP RADWAR), do którego należały: RAWAR, ZURAD, PROFEL i WAREL. PIT został formalnie podporządkowany CNPEP RADWAR.

W kolejnych latach dyrektorami PIT byli prof. Stanisław Kielan, Kazimierz Cieliszak, Józef Machowski, a dyrektorami ds. naukowych Instytutu byli Jerzy Szyszkiewicz i Jan Kroszczyński. W latach 1975-1991 Dyrektorem Naczelny Instytutu był doc. mgr inż. Jerzy Fiett, nad działalnością naukową nadzór sprawował prof. dr inż. Jan Kroszczyński, rozwojem radiolokacji kierował dr inż. Wiesław Klembowski, a systemów dowodzenia i kierowania dr inż. Aleksander Janyszek, pionem produkcyjnym zarządzał inż. Jerzy Kobierzycki. Przez wiele lat za konstrukcje mechaniczne odpowiadał doc. inż. Ryszard Dobies.

Rezultatem działalności naukowo-badawczej Instytutu i Radwaru w latach 1956-1989 było opracowanie i wdrożenie do produkcji oraz do eksploatacji w Wojsku Polskim licznych krajowych urządzeń radiolokacyjnych, obiektów systemowych i aparatury radioelektronicznej we wszystkich rodzajach polskich sił zbrojnych. Pracownicy obu przedsiębiorstw uzyskali szereg nagród i wyróżnień za prace w dziedzinie techniki mikrofalowej, radiolokacji, radiokomunikacji. Wymienić tu można 5 zespołowych nagród państwowych, liczne nagrody resortowe, nagrody Komitetu Nauki i Techniki, 3 nagrody *Mistrz Techniki* oraz wyróżnienia indywidualne. Często nagradzane były zespoły mieszane, składające się z pracowników PIT i RAWAR.

RADWAR w tym okresie zatrudniał ponad 3000 osób. W sumie wyprodukowano w tych latach kilkaset urządzeń radiolokacyjnych, w tym urządzenia licencyjne nie tylko z zakresu radiolokacji. Z powodzeniem realizowano kontrakty eksportowe do kilkunastu krajów na świecie. Dyrektorem naczelnym RAWAR i RADWAR był Marian Migdański, dyrektorem technicznym Stefan Makowiecki, ekonomicznym Bogdan Mońko, dyrektorem ds. Produkcji Marian Gąsieniec. Głównymi konstruktorami byli, kolejno, Innocenty Grzenkowicz, Stanisław Królikowski, Jerzy Żuk i Ryszard Nowak.

Jednym z radiolokacyjnych kierunków produkcji w RADWAR były radary nawigacyjne, morskie i rzeczne. Prace nad tego typu radarami rozpoczęto już w 1958 i kontynuowano do końca lat 1980. Powstało kilkanaście typów radarów do stosowania na różnych jednostkach pływających. Radary tego typu były eksportowane do wielu krajów. Zrealizowano także system kontroli ruchu nawodnego DUNAJ przekazany do eksploatacji w Rumunii na tej drugiej co do wielkości europejskiej rzece.

W RADWAR opracowano także szereg radarów do kontroli prędkości pojazdów. Ponad 160 radarów tranzystorowych MIRADO było wykorzystywane na drogach przez Milicję Obywatelską. Współcześnie produkowane radary FOTORAPID spotykane są na drogach całej Polski.

Po zmianie systemu politycznego i ekonomicznego w Polsce na przełomie lat 1980. i 1990. zmniejszyły się zamówienia na sprzęt wojskowy, zaś środki na badania i rozwój zostały znacznie ograniczone. PIT i RADWAR stanęły przed dylematem dostosowania się nowych potrzeb Sił Zbrojnych związanych z wejściem do NATO i do konkurencyjnego rynku światowego. Zrealizowane wspólnie przez obydwa przedsiębiorstwa kontrakty eksportowe, w takich krajach jak Libia czy Rumunia, wyrobiły polskiemu przemysłowi radiolokacyjnemu dobrą opinię i dostarczyły środków finansowych pozwalających na inwestycje i rozwój. W nowej sytuacji należało jak najszybciej zaoferować klientom krajowym nowe opracowania na poziomie konkurencyjnym w stosunku do wielu firm światowych. Należało również poszukiwać nowych rynków zbytu za granicą.

Nowa sytuacja na rynku krajowym spowodowała, że zamówienia MON na nowe wyroby ograniczono w przypadku radarów i obiektów systemowych do pojedynczych sztuk rocznie. Ponadto, jak się szybko okazało, każdy następny wyrób, ze względu na szybki postęp technologiczny, szczególnie w teleinformatyce, nie pozwalał na opracowanie powtarzalnej dokumentacji technicznej. To spowodowało, że PIT zmuszony został do podjęcia się produkcji pojedynczych sztuk wyrobów we własnym Pionie Produkcji Doświadczalnej. Wdrożenia pojedynczych sztuk wyrobów w RADWAR stały się bowiem ekonomicznie nieopłacalne.



W 1992 utworzono w RADWAR, w oparciu o ustawę o jednostkach badawczo-rozwojowych, Zakład Badawczo-Rozwojowy (ZBR) koncentrujący w swoich strukturach organizacyjnych wszystkie służby odpowiedzialne za realizację prac badawczo-rozwojowych (w tym wytwarzanie modeli i prototypów), wdrożeń i kompleksowego technicznego przygotowania produkcji, z technologią oraz aparaturą pomiarowo-kontrolną włącznie. ZBR liczył wówczas 320 pracowników, w tym ponad 200 inżynierów; radiolokację prowadził mgr inż. Zbigniew Czekala, systemy dowodzenia i uzbrojenia mgr inż. Andrzej Zegan, systemy IFF mgr inż. Marek Borejko, a wdrożeniami kierował mgr inż. Robert Niwiński. Instytut w tym czasie zróżnicował i rozwinął swoją działalność poprzez wejście w tematykę systemów rozpoznania radioelektronicznego, dokonano restrukturyzacji, odrzucając nierentowne techniki i technologie, uczyniono wszystko, aby stać się wiarygodnym partnerem Wojska Polskiego w realizacji tematów badawczych i jednostkowych dostaw sprzętu niezbędnego w okresie transformacji sił zbrojnych i nowych zadań związanych z przystąpieniem do NATO. Priorytetowy charakter potrzeb w tym zakresie miał dla Instytutu istotne znaczenie, ale gdyby nie zebrane na przestrzeni lat doświadczenia stwarzające możliwość realizacji w PIT tego typu zadań, potrzeby Sił Zbrojnych RP na wymieniony sprzęt musiałyby być zaspokajane poprzez bardzo kosztowny import.

RADWAR produkował urządzenia o większej skali powtarzalności, koncentrując się głównie na radarach oraz systemach niższego szczebla dowodzenia i obrony prze-

Pracownicy głównego, warszawskiego zakładu PIT-RADWAR



Legendarny szef RADWAR, inż. Marian Migdalski, który kierował zakładem przez trzy dekady (w środku)



Pracownicy spółki w oddziale w Kobylce

*Pracownicy spółki
w oddziale gdańskim*



ciwlotniczej dla Wojsk Lądowych, rozszerzając swoją ofertę o opracowanie i produkcję zestawów i systemów artyleryjskich i raketowych, oraz podejmując się realizacji bardzo poważnego i istotnego programu dotyczącego systemu identyfikacji *swój-obcy* (IFF) niezbędnego z perspektywy wejścia Polski do zachodnich struktur wojskowych (Strategiczny Program Rządowy *Supraśl*). Przeciwlotniczy Zestaw Artyleryjski Loara, praca badawczo-rozwojowa i wdrożeniowa ustanowiona, z inicjatywy ówczesnego Szefa Obrony Przeciwlotniczej Wojska Polskiego, gen. dyw. Tadeusz Jauera, realizowana była w ramach Strategicznego Programu Rządowego (z udziałem wielu przedsiębiorstw polskich i zagranicznych). Projekt zakończył się pełnym sukcesem, niestety bez kontynuacji zamówień MON na seryjne dostawy tego najnowocześniejszego w skali światowej uzbrojenia.

W latach 1991-2008 Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, zatrudniający około 900 osób w Warszawie oraz oddziałach w Gdańsku, Wrocławiu i Kobyłce k. Warszawy, był największym ośrodkiem badawczo-rozwojowym w Polsce, o wyróżniających się wynikach merytorycznych i finansowych. Do 2005 Instytut uzyskiwał dodatnie wyniki finansowe na poziomie kilkunastu milionów złotych, co było ewenementem w polskim przemyśle obronnym. Powstało wiele nowych wyrobów. Opracowano takie poważne urządzenia radiolokacyjne, jak trójwspółrzędny radar dalekiego zasięgu TRD-12, mobilny, trójwspółrzędny radar średniego zasięgu TRS-15 (Odra), radar artyleryjski Liwiec, systemy rozpoznania radioelektronicznego Breń, Gunica i Wołczenica. Powstały systemy wspomaganie dowodzenia obroną powietrzną Dunaj i system dowodzenia wojsk lądowych Szafran. Wprowadzono w Marynarce Wojennej do użytku system dla samolotu patrolowego Bryza oraz trudno wykrywalne radary do kontroli strefy przybrzeżnej.

Prowadzono marketing i promocję Instytutu zagranicą. Bazą sukcesu finansowego Instytutu był poważny eksport obiektów systemowych do Rumunii, na początku lat 1990. Instytut realizował w latach 1994-1995 kontrakt dla RPA, w ramach współpracy z LRDE w Bangalore (Indie) opracował nowy radar w paśmie S. Były poważnie zaawansowane rozmowy w sprawach eksportu naszych radarów oraz samolotów patrolowych z systemami PIT do Indonezji.



*Wieloletni dyrektor PIT,
dr. inż. Roman Dufrêne
(z prawej)*

W latach 1991-2006 dyrektorem Instytutu był dr. inż. Roman Dufrêne. Za rozwój radiolokacji odpowiadał dr inż. Wiesław Klembowski, a nad rozwojem systemów dowodzenia czuwał dr inż. Aleksander Janyszek. Oddział Gdański pod kierunkiem mgr inż. Jerzego Miłosza rozwijał systemy rozpoznania radioelektronicznego i pracował w dziedzinie radiolokacji. Oddział Wrocławski, pod kierownictwem dr inż. Zbigniewa Kempistego, pracował w obszarze mikrofalowych lamp nadawczych i zaingurował prace w zakresie systemów rozpoznania radioelektronicznego. Istotny wkład w modernizację Instytutu wniósł wieloletni dyrektor techniczny mgr inż. Andrzej Wronka, a w jego sytuację finansową mgr Szczepan Bielecki. Dyrektorem naukowym odpowiedzialnym za działalność statutową Instytutu był dr hab. inż. Edward Sędek. Odpowiadał on także za współpracę z Komitetem Badań Naukowych, współpracę z uczelniami wyższymi oraz działalność



*Pracownicy spółki
w oddziale wrocławskim*

konferencyjną i wydawniczą. W Instytucie działała Rada Naukowa, na czele której stali wybitni profesorowie wyższych uczelni. W ostatnim okresie byli to prof. dr inż. Stanisław Sławiński, gen. bryg. prof. dr hab. inż. Bogusław Smólski i prof. dr hab. inż. Józef Modelski. Instytut od 1996 posiadał prawo nadawania stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie elektronika. Przemysłowy Instytut Telekomunikacji był w tym okresie najlepszym i największym przemysłowym centrum badawczym w Polsce, o marce rozpoznawalnej nie tylko w kraju, ale i zagranicą.

RADWAR w tym okresie realizował swoją działalność w zakresie produkcji urządzeń radiolokacyjnych, systemów dowodzenia i kierowania uzbrojeniem oraz systemów identyfikacji IFF, na potrzeby krajowe i na eksport. Oprócz Loary powstały wtedy między innymi takie wyroby jak przeciwlotniczy zestaw artyleryjski Blenda, przeciwlotniczy zestaw rakietowy Poprad, radar niskiego pułapu N-22, radar N-21MI, radar ostrzegawczy średniego zasięgu Justyna-2001. ZBR Radwar prowadził liczne prace badawczo-rozwojowe i wdrożeniowe dotyczące nowych, nowoczesnych produktów w zakresie mobilnych radarów krótkiego zasięgu, systemów IFF, mobilnych zestawów rakietowych i artyleryjskich oraz systemów dowodzenia. Po odejściu w 2000, po ponad 30 latach kierowania RADWAR inż. Mariana Migdałskiego, funkcję prezesa przez rok sprawował dr inż. Wojciech Banasiewicz. Kolejnym prezesem spółki został mgr inż. Leszek Pawłowski, a członkami zarządu Janusz Wieczorek – ds. Finansowych i Ryszard Nowak – ds. Techniki i Technologii. Dyrektorem ds. Produkcji był Władysław Żurek, Zakładem Badawczo-Rozwojowym kierował Andrzej Zegan, a Dyrektorem Ekonomicznym była Elżbieta Pełka. W 2006 w PIT nastąpiła zmiana na stanowisku dyrektora. Stanowisko to objął inż. Ryszard Nowak, a następnie dr hab. inż. Cezary Szczepański.

W 2007 PIT został skomercjalizowany i przekształcony w spółkę akcyjną, zachowując nazwę Przemysłowy Instytut Telekomunikacji. Wiązało się to z poważną zmianą zasad funkcjonowania, chociaż zakres działalności pozostał ten sam. Instytut został włączony do Grupy Kapitałowej Bumar. W 2010 prezesem RADWAR został Krzysztof Studziński, a w 2011 Ireneusz Żmizdiński. Natomiast kolejnymi Prezesami PIT byli Andrzej Wilk (2008-2010) oraz Ireneusz Żmizdiński, który był jednocześnie prezesem RADWAR.

W 2011 do PIT, w ramach restrukturyzacji polskiego przemysłu obronnego, włączono dwa zakłady: RADWAR i DOLAM, po czym zmieniono nazwę na Bumar Elektronika S.A., przenosząc jednocześnie infrastrukturę PIT i jego pracowników do szeregu budynków na terenie RADWAR, też przy ulicy Poligonowej 30. W kolejnych latach, przed oraz po połączeniu obydwu przedsiębiorstw, nowo utworzonej spółce nie powodziło się zbyt dobrze. Permanentna restrukturyzacja – ograniczająca się do redukcji zatrudnienia, a tym samym osłabienia budowanych przez lata specjalistycznych zespołów badawczych – zbyt częste zmiany kierownictwa i nie do końca udane inwestycje, spowodowały wyraźne obniżenie efektywności oraz utratę szans na opracowanie nowych wyrobów.

Szanse na zmianę tej sytuacji dały wydarzenia ostatnich lat, w tym głównie zainicjowanie kilku dużych programów rozwojowych Wojska Polskiego. W listopadzie 2012 prezesem Bumar Elektronika został dr inż. Ryszard Kardasz, pozostający na tym stanowisku do dzisiaj.



Prof. dr inż. Janusz Groszkowski, pierwszy dyrektor PIT

PIT przez kilkadziesiąt lat swojego istnienia prowadził własną działalność wydawniczą. Wyniki prac naukowych, badawczych oraz konstrukcyjnych w okresie przedwojennym publikowane były w czasopiśmie naukowych wydawanych w Instytucie. Pierwszym z nich był *Przegląd Radiotechniczny* założony w 1934, a następnie *Wiadomości i Prace Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego*, którego pierwszy numer ukazał się w styczniu 1935. Redaktorem naczelnym obu czasopism był prof. M. Pożaryski. Po wojnie ukazywało się również, od 1950, czasopismo *Prace Badawcze Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego*, którego redaktorem naczelnym był prof. Adam Smoliński. W 1956 powstały dwa nowe czasopisma: *Prace Przemysłowego Instytutu Telekomunikacji* i *Postępy Radiotechniki*. Redaktorem naczelnym obu czasopism został doc. Tadeusz Gawron, który pełnił tę funkcję aż do 1990. Funkcję tę przejął w 1991 prof. Edward Sędek, pełniąc ją do 2006. Dodatkowo wydawane były tzw. zerowe (poufne) numery *Prac PIT*, w których zamieszczano głównie referaty, a także wybrane komunikaty wygłaszane w czasie obrad Konferencji Radiolokacji. Czasopismo *Prace PIT* wysyłane było do 38 ośrodków naukowych i badawczych zarówno wojskowych, jak i cywilnych w kraju, a także do kilku ośrodków za granicą.

Działalność konferencyjna prowadzona jest od prawie 50 lat, zarówno przez Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, jak i RADWAR. Skupiała się ona na organizacji konferencji krajowych i międzynarodowych oraz publikacji osiągnięć w czasopiśmie krajowych i zagranicznych. Teamtyka konferencji zawsze wiązała się z szeroko rozumianą tematyką radiolokacyjną.

Już od 45 lat są organizowane coroczne krajowe naukowo-techniczne Konferencje Radiolokacji. Pierwsza – zorganizowana z inicjatywy ówczesnego Departamentu Uzbrojenia MON, Wojskowego Instytutu Uzbrojenia, Przemysłowego Instytutu Telekomunikacji i Warszawskich Zakładów Radiowych RAWAR – obradowała w 1968 na terenie Wyższej Oficerskiej Szkoły Radiotechnicznej w Jeleniej Górze. Uczestniczył w niej nieliczny zespół 33 specjalistów i decydentów wojskowych i cywilnych, aby wytyczyć zadania na najbliższy okres i ukierunkować prace na lata następne.

Każda z kolejnych konferencji poświęcona była innej problematyce i miała inny roboczy tytuł, a organizatorzy starali się, aby w każdym roku zmieniać miejsce konferencji. Niektóre ważniejsze problemy podejmowane na tych spotkaniach pozytywnie skutkują do dzisiaj. Na przykład na IV konferencji przyjęto kierunek i zasady budowy modułowych urządzeń radiolokacyjnych, co dało początek rodzinie stacji NUR. Na V konferencji wypracowano kierunki i dziedziny specjalizacji oraz zasady współpracy międzyinstytucjonalnej. Na kolejnej przyjęto kierunki automatyzacji podsystemów radiolokacyjnych, które stały się podstawą do intensywnego i owocnego rozwoju tej dziedziny, a na VIII konferencji przyjęto zasady wdrażania systemów. Nie uszły z pola widzenia zagadnienia jakości i niezawodności, a w związku ze zmieniającą się sytuacją gospodarczą w kraju, były korygowane i optymalizowane działania rozwojowe radiolokacji w warunkach reformy i rozwijającej się gospodarki rynkowej. Wiele uwagi poświęcono problemom badawczym i wdrożeniowym urządzeń, systemów oraz zasadom współdziałania.

Począwszy od XVI konferencji podjęto dodatkowo tematykę rozpoznawania radiolokacyjnego, systemów dowodzenia, walki radioelektronicznej, identyfikacji obiektów i radarów balistycznych. Konferencje nigdy nie usiłowały formułować recepty na gotowe rozwiązania problemów, wskazywały jedynie na pożądane bądź konieczne kierunki działania.

W 2014 odbyła się kolejna 46 konferencja radiolokacyjna na temat: *Program modernizacji technicznej Sił Zbrojnych oraz tradycje i wieloletnie doświadczenie przemysłu krajowego podstawą dynamicznego rozwoju radiolokacji.*

Wszystkie imprezy zawsze stawiały sobie za cel wypracowanie takich kierunków działania, które służyłyby przede wszystkim zaspokojeniu potrzeb naszego wojska zgodnie z wymaganiami współczesnego pola walki oraz stanowiłyby wkład w rozwój gospodarki narodowej i stwarzały możliwości eksportowe opracowanego i produkowanego w kraju sprzętu radiolokacyjnego i systemów dowodzenia.

Konferencje skupiały przedstawicieli Dowództw i Szefostw rodzajów wojsk i służb, instytutów, uczelni oraz cywilnych i wojskowych instytucji naukowych i badawczych, a także przedstawicieli resortów i przemysłu, pracujących na rzecz obronności w dziedzinie elektroniki oraz w innych dziedzinach niezbędnych dla rozwoju radiolokacji i jej systemów. Ten stan rzeczy przyczyniał się do coraz lepszej współpracy między wojskowymi i cywilnymi ośrodkami naukowo-badawczymi, zakładami produkcyjnymi i użytkownikami.

Ta współpraca i wyniki obrad konferencji skutkowały pośrednio w sposób dodatni na rozwój i kondycję całej polskiej radiolokacji, która w minionym 50-leciu, mimo różnych przeciwności losu, a ostatnio niekorzystnej koniunktury, ma na swoim koncie szereg osiągnięć na poziomie krajów wysoko rozwiniętych w dziedzinie opracowań i produkcji na skalę przemysłową. Opracowane w kraju urządzenia produkowane były nie tylko dla potrzeb Wojska Polskiego, ale niejednokrotnie były przedmiotem opłacalnego eksportu do wielu krajów świata, skutecznie konkurując z analogicznymi produktami państw o rozwiniętej technologii.

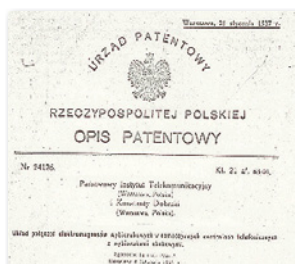
Od 2011 Konferencja Naukowo-Techniczna Radiolokacji organizowana jest razem z konferencją Urządzenia i Systemy Radioelektroniczne w ramach Dni Radiolokacji. Konferencja UiSR to spotkanie o charakterze naukowym, na którym omawiane są zagadnienia techniczne z dziedziny szeroko rozumianej radiolokacji, telekomunikacji, a także innych obszarów, które do realizacji swoich celów wykorzystują techniki radioelektroniczne. Organizatorami Dni Radiolokacji jest PIT-RADWAR, we współpracy z Wojskową Akademią Techniczną, Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia oraz Departament Polityki Zbrojeniowej MON.

Kolejną konferencją ściśle związaną z radiolokacją jest organizowana od 1993 Konferencja Automatyzacji Dowodzenia. Konferencja organizowana jest corocznie, a tematyka jej obejmuje zagadnienia związane z: integracją zautomatyzowanych systemów dowodzenia (ZSyD) i kierowania środkami walki, komputerowym wspomaganie systemów dowodzenia, modelowaniem i symulacją w szkoleniu wojsk oraz wymianą informacji w ZsyD. Drugą grupą tematów omawianych w czasie obrad konferencji są bezpie-

Zespół międzynarodowego
komitetu naukowego
konferencji MIKON



CALL FOR PAPERS
kilku konferencji
MIKON



Pierwszy patent PIT
– rok 1937



czeństwo informacyjne w systemach dowodzenia i wojna informacyjna oraz problemy standaryzacji i unifikacji w ZSyD. Ponadto prezentowane są zagadnienia związane z projektowaniem i badaniami ZSyD oraz techniką wytwarzania oprogramowania. Pierwsza konferencja odbyła się w 1993 w Centrum Szkolenia Wojsk Radiotechnicznych w Jeleniej Górze, a wzięło w niej udział 90 uczestników reprezentujących rodzaje wojsk, uczelnie wojskowe, instytuty cywilne i wojskowe oraz instytucje zajmujące się tematyką automatyzacji dowodzenia. Jednym z głównych organizatorów był Przemysław Instytut Telekomunikacji.

Niezależnie od konferencji krajowych w 1988 PIT podjął się roli głównego organizatora konferencji mikrofalowej MIKON. Na konferencji prezentowano referaty i komunikaty obejmujące prace w dziedzinie techniki mikrofalowej wykonywane w uczelniach wyższych cywilnych i wojskowych, a także w instytutach naukowych. Bardzo często prezentowane prace dotyczyły bezpośrednio radiolokacji, tzn. nadajników, odbiorników czy też anten urządzeń radiolokacyjnych. Konferencja MIKON uzyskała status konferencji międzynarodowej w 1994. Międzynarodowy komitet programowy rozszerzył w 1998 zakres tematyczny konferencji o tematykę radarową i radiokomunikacji bezprzewodowej. PIT był organizatorem konferencji do 2006. Obecnie konferencja odbywa się co dwa lata, na przemian z konferencją mikrofalowo-optoelektroniczną MIOP, organizowaną w Monachium. Taki układ umożliwia wymianę doświadczeń w dziedzinie mikrofalowej, radiolokacyjnej i optoelektronicznej w regionie europejskim. W konferencjach MIKON bierze udział około 300 uczestników, w tym ponad 100 z zagranicy. Referaty zaproszone wygłaszają najlepsi w świecie specjaliści w poszczególnych dziedzinach wiedzy, reprezentujący uniwersytety oraz znane firmy światowe. W 2014 PIT-RADWAR był ponownie głównym organizatorem konferencji MIKON odbywającej się w Gdańsku.

PIT i RADWAR brały udział w wielu międzynarodowych targach uzbrojenia, a na MSPO w Kielcach uzyskiwały w sumie ponad dwadzieścia nagród w postaci Defenderów, w tym kilku rangi GRAND PRIX.

Nagrody na Międzynarodowym Salonie Przemysłu Obronnego w Kielcach w latach 1995-2014

1995 Najbardziej atrakcyjny polski wyrób eksportowy
 – Trójwspółrzędny radar dalekiego zasięgu TRD-1211
 1996 DEFENDER – System identyfikacji *swój-obcy*
 1997 DEFENDER – Mobilna stacja radiolokacyjna N-22
 1998 DEFENDER – Radarowy Miernik Prędkości RAPID 1A
 2003 DEFENDER – Radarowy system kontroli prędkości pojazdów Fotorapid
 2003 DEFENDER – Samolot Patrolowo-Rozpoznawczy M28 Bryza-1R bis
 2003 DEFENDER – System Rega
 2004 DEFENDER – Stacja rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych MUR-20
 2004 DEFENDER i GRAND PRIX – Przeciwlotniczy zestaw artyleryjski Loara
 2005 DEFENDER – Trójwspółrzędny radar dalekiego zasięgu w paśmie L TRD-1235
 2005 DEFENDER – Wideorejestrator Videorapid 1
 2006 DEFENDER – Mobilny moduł stanowiska dowodzenia MMSD
 2006 DEFENDER – Platforma rakietowa Poprad
 2007 DEFENDER – Radar rozpoznania artyleryjskiego Liwiec
 2008 DEFENDER – Stanowisko dowodzenia obroną przeciwlotniczą SAMOC
 2008 DEFENDER – System obrony przeciwlotniczej Kobra
 2009 DEFENDER i GRAND PRIX – Stacja rozpoznania pokładowych systemów elektronicznych
 2009 DEFENDER – Radar NUR-22N (3D)
 2010 DEFENDER – Mobilny trójwspółrzędny radar średniego zasięgu TRS-15
 2011 DEFENDER i SUPER DEFENDER – Radar mobilny RM-100
 2014 DEFENDER – Bezzałogowy System Lotniczy BSL E-310
 (we współpracy ze spółką Eurotech)
 2014 DEFENDER – System rakietowy NSM (nadbrzeżny dywizjon rakietowy NDR),
 we współpracy z Kongsberg Defence & Aerospace

Współpraca z przedstawicielami Sił Zbrojnych

Od samego początku tworzenia polskiego przemysłu radiolokacyjnego, to znaczy od wczesnych lat 1950., ukształtował się model bardzo ścisłej współpracy z instytucjami wojska. Na poziomie technicznym realizowano wspólne przedsięwzięcia z ośrodkami badawczymi, takimi jak Wojskowa Akademia Techniczna, Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, Wojskowy Instytut Łączności, Akademia Obrony Narodowej czy nie istniejący już Wojskowy Instytut Informatyki. Zaowocowało to wieloma nowymi rozwiązaniami.

Bieżąca współpraca z przedstawicielami rodzajów sił zbrojnych pozwalała nie tylko na wymianę doświadczeń dotyczących walorów eksploatacyjnych już wyprodukowanego sprzętu, ale przede wszystkim na wspólne wytyczanie kierunków rozwoju. Nadzór wojska nad realizowanymi przez PIT i RADWAR zamówieniami w ramach prowadzonych prac badawczych i produkcji przez Rejonowe Przedstawicielstwa Wojskowe pogłębiał tę współpracę i był wyrazem wspólnej troski o jakość dostarczanych przez przemysł urządzeń. Wielu przedstawicieli Wojska Polskiego trzeba uznać za współtwórców sukcesów zarówno w dziedzinie radiolokacji, jak i systemów wspomagania dowodzenia, systemów rozpoznania oraz kierowania walką. Spośród oficerów mających największy wkład w rozwój tej części polskiego przemysłu elektronicznego można wymienić płk. Juliusza Ścieżkę, gen. Wojciecha Wojciechowskiego, płk. Krzysztofa Łozińskiego, gen. Bronisława Peikerta, gen. Bogusława Smólskiego, gen. Tadeusza Jauera, gen. Tadeusza Mikosia, płk. Franciszka Michalskiego, płk. Wiesława Stefańskiego, płk. Lecha Łączyńskiego czy płk. Tadeusza Osmulskiego.

PAŃSTWOWY INSTYTUT TELEKOMUNIKACYJNY. LATA 1934-1951

22 marca 1934 w Monitorze Polskim ukazało się Rozporządzenie Ministra Poczty i Telegrafów powołujące Państwowy Instytut Telekomunikacyjny (PIT). Nowa placówka naukowa powstała w kwietniu 1934 na bazie istniejącego od 1929 Instytutu Radiotechnicznego oraz Laboratorium Teletechnicznego podległego Ministerstwu Poczty i Telegrafów. W Monitorze Polskim określono szczegółowo cele i zadania nowo powołanego Instytutu. Siedziba Instytutu została zlokalizowana w Warszawie przy ul. Ratuszowej 11. Pierwszym jego dyrektorem został prof. dr inż. Janusz Groszkowski. W Instytucie funkcjonowały trzy wydziały: Wydział Radiotechniki, Wydział Teletechniki i Wydział Techniki Poczтовой. Organizacja Instytutu oraz zakres prowadzonych prac w latach 1934–1936 zostały szczegółowo opisane przez prof. J. Groszkowskiego i inż. S. Ryżko w publikacjach zamieszczonych w czasopismach *Wiadomości i Prace Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego* w Zeszycie 1 wydanym w styczniu 1935 oraz w *Przeglądzie Radiotechnicznym* z 15 kwietnia 1937 autorstwa J. Groszkowskiego i K. Dobrawskiego.

Istniały w owym czasie dwa wydziały Instytutu: teletechniki i radiotechniki. Działalność Wydziału Teletechniki obejmowała: aparaty telefoniczne, kontrolę przewodów międzymiastowych, telefonię wielokrotną, teleografię, wzmacniaki, automaty telefoniczne, problematykę pomiarów, sprzęt pomocniczy, normalizację oraz konstrukcję wyrobów. Wydział Radiotechniki miał działy: kontroli nadawców, lamp elektronowych, materiałów piezoelektrycznych i magnetycznych oraz dział probierczy i dział telewizji.

W 1938 Instytut zatrudniał 350 osób (w tym 200 osób personelu naukowo-technicznego) i posiadał budżet wynoszący 1,2 mln. zł. Do najważniejszych osiągnięć i prac wykonanych w Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym w latach 1934-1939 zaliczyć należy:

- modele lamp na fale decymetrowe, magnetrony na fale do 9 cm,
- opracowanie i wykonanie linii radiowej Gdynia-Jurata w paśmie 40 cm,
- generatory wzbudzające o dużej stałości częstotliwości,
- kwarcowy wzorzec częstotliwości,
- telewizyjne urządzenia nadawczo-odbiorcze 90-, 120- i 343-liniowe,
- urządzenia telefonii nośnej,
- wzmacniaki telefoniczne,
- urządzenia telegraficzne,
- centrale telefoniczne półautomatyczne i automatyczne,
- telefoniczne zegary mówiące,
- specjalistyczne przyrządy i urządzenia pomiarowe,
- oscylatory kwarcowe, stabilizatory piezoelektryczne.

Należy podkreślić, iż znaczącym osiągnięciem na owe czasy było opracowanie lamp magnetronowych i ich zastosowanie w linii radiowej Gdynia-Jurata. Konstrukcje te były bardzo nowoczesne. Również opracowanie wysoko stabilnego generatora wzbudzającego dla wileńskiej stacji radiofonicznej pozwoliło wyeliminować import tego typu urządzeń np. od Marconiego. Było to możliwe dzięki opanowaniu wytwarzania odpowiednich generatorów kwarcowych.

Ważną dziedziną działalności Instytutu stała się telewizja, nad którą prace badawcze rozpoczęto już w 1935. Zainicjował je prof. J. Groszkowski, a kierował nimi inż. Lech Kędziński. W 1936 do prac nad telewizją włączyło się Polskie Radio, zainteresowane przede wszystkim możliwością udostępnienia jej szerokiej ogółowi odbiorców. Zada-



nia wybudowania stacji telewizyjnej zostały podzielone między Polskie Radio i Państwowy Instytut Telekomunikacyjny. Polskie Radio zobowiązało się wykonać nadajnik foniczny i wizyjny na fale ultrakrótkie, wybudować wieżę antenową, zaś PIT wziął na siebie wykonanie aparatury analizującej obraz. Zdecydowano, że stacja telewizyjna zostanie zainstalowana na 16. piętrze budynku *Prudential*, znajdującego się przy placu Napoleona 9 w Warszawie (obecnie hotel *Warszawa*). 5 października 1938 dokonano pierwszego odbioru drogą radiową filmów kinematograficznych. Niezależnie od posiadanych przez Polskie Radio dwóch odbiorników telewizyjnych, jednego służącego do kontroli stacji telewizyjnej, a drugiego pokazowego do demonstracji, zamówiono w PIT dwa dalsze odbiorniki o większym wzmocnieniu, pracujące w paśmie 40 MHz. Równolegle Polskie Radio wykonało kilka odbiorników z małym ekranem do sprawdzania odbioru wizji w różnych punktach miasta. Odbiorniki kontrolne zamontowano w PIT przy ul. Ratuszowej 11, w Rozgłośni Polskiego Radia przy ul. Zielnej 25, w gmachu Urzędu Telekomunikacyjnego przy ul. Poznańskiej. Próbnny program filmowy mogła oglądać również publiczność na odbiorniku Philipsa demonstrowanym na Wystawie Radiowej w Warszawie w gmachu YMCA przy ul. Konopnickiej 6.

W okresie gdy Polskie Radio uruchamiała Doświadczalną Stację Telewizyjną, w Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym kontynuowano prace naukowo-badawcze w dziedzinie telewizji. Główny kierunek badań dotyczył opracowania telewizji całkowicie elektronicznej o standardzie 343 linii. W dniu wybuchu wojny prace były poważnie zaawansowane i planowano zbudować pierwszą polską kamerę telewizyjną na początku 1940. Ponadto w 1939 PIT zakończył prace nad budową eksperymentalnego nadajnika o mocy 0,2 kW z modulacją szeregową. Nadajnik ten pracował przez kilka miesięcy na częstotliwości 60 MHz. Miał być, wraz z budowanym torem kamerowym, wykorzystany do wszechstronnych badań naukowo-eksperymentalnych całego zestawu toru telewizyjnego.

W dziedzinie telefonii osiągnięciem były opracowania i konstrukcje urządzeń telekomunikacyjnych, nie wykonywanych nigdzie dotychczas w kraju, a mających na celu usprawnienie i podniesienie poziomu technicznego urządzeń telefonicznych. W dzie-

Pracownicy wydziału radiotechniki w 1938 (w pierwszym rzędzie w środku prof. Janusz Groszkowski)

Rozporządzenie Ministra
Poczt i Telegrafów z 20
lutego 1934 o utworzeniu
Państwowego Instytutu
Telekomunikacyjnego

Nr. 67.

Warszawa, Czwartek

22 marca 1934 roku.

Rok XVII.

MONITOR POLSKI

DZIENNIK URZĘDOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ.

WYCHODZI CODZIENNIE Z WYJĄTKIEM NIEDZIEL I ŚWIĄT.

Dyrekcja i Administracja Wydawnictwa: UL. Królewska Nr. 5. Telefon: Centrala P. A. T. — 552-80. Redakcja i ekspedycja UL. Miodowa Nr. 22. Tel. redakcji 11-44-55. Telef. ekspedycji 11-75-28. Kasa czynna od godz. 8 i pół do 10 i pół, w soboty do godz. 12 w p.d. Konto czekowe w P.K.O. — 730.

Oddziały „Monitora Polskiego”:
BIAŁYSTOK, Sienkiewicza 27, tel. 13-86. BIELSKO, ul. Trzeciego Maja, tel. 27-32. BYDGOSZCZ, Ciesielska 95, tel. 15-74. GDAŃSK, Niegostowa 27, tel. 245-79.
GÓRKA, Świerżalska, Dom P. A. T., tel. 17-20. GRUZIADZ, Mickiewicza 26, tel. 304. KATOWICE, 3 Maja 23, tel. 545 i 1591. KRAKÓW, Mikołajska 23, tel. 15499 i 15500.
KUTNO, Kosińskiego 3, tel. 16-37. ŁÓDŹ, Akademicka 13, tel. 20 i 45. ŁÓDŹ, Piotrkowska 123, tel. 1011 i 115-26. ŁUCK, Półmorskiego 14, tel. 222. POZNAN, Mar-
skowskiego 23, tel. 28-57 i 28-58. JASNOGÓRKA, Sienkiewicza 13, tel. 11-99. STANISŁAWÓW, Składowa 4, tel. 287. TORUŃ, Szeroka 45, tel. 263. WILNO, Wileńska 14,
tel. 624 i 1785.

TRESC DZIAŁU URZĘDOWEGO:

Zarządzenia Władz Naczelnych:

Por. 103. Rozporządzenie Ministra Poczt i Telegrafów z dnia 20 lutego 1934 r., wydane za zgodą Prezesa Rady Ministrów o Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym.

WYSZEDŁ Z DRUKU NR. 24 DZIENNIKA
USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ Z
DNIA 22 MARCA 1934 R., ZAWIERAJĄCY
TRESC NASTĘPUJĄCĄ:

USTAWY:

Por. 176 — z dnia 3 marca 1934 r. o poborze rekruta w 1934 r.

Por. 177 — z dnia 5 marca 1934 r. w sprawie zmiany ustawy z dnia 24 marca 1933 r. o wypuszczeniu biletów skarbowych.

Por. 178 — z dnia 5 marca 1934 r. w sprawie zmiany ustawy z dnia 25 lutego 1932 r. w sprawie wykonania planu parcelacyjnych.

ROZPORZĄDZENIA MINISTRÓW:

Por. 179 — Sprawiedliwości z dnia 10 marca 1934 r. w sprawie zmiany instrukcji dla komorników.

Por. 180 — Skarbu z dnia 14 marca 1934 r., wydane w porozumieniu z Ministrami: Przemysłu i Handlu oraz Rolnictwa i Reform Rolnych w sprawie wyłączenia z kontyngentu zamożnego cukrowni nadwyżki zapas z ubiegłego okresu.

DZIAŁ URZĘDOWY.

—OO—

Zarządzenia Władz Naczelnych.

—OO—

103.

ROZPORZĄDZENIE

Ministra Poczt i Telegrafów

z dnia 20 lutego 1934 r.,

wydane za zgodą Prezesa Rady Ministrów
o Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym.

Na podstawie art. 13 ust. 3 rozporządzenia Prezydenta Rzeczypospolitej z dnia 22 marca 1926 r. o utworzeniu państwowego przedsiębiorstwa „Polska Poczta, Telegram i Telefon” (Dz. U. R. P. z r. 1932 Nr. 105, poz. 879) zarządza, co następuje:

§ 1. Powołuje się do życia Państwowy Instytut Telekomunikacyjny z siedzibą w m. st. Warszawie.

§ 2. Państwowy Instytut Telekomunikacyjny ma za zadanie naukowe badanie i opiniowanie zagadnień z dziedziny teletechniki, radiotechniki i innych systemów i sposobów łączności, jak również z dziedziny techniki pocztowej.

Instytut Poczt i Telegrafów w porozumieniu z Ministrem Spraw Wojskowych.
Dyrektora Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego w razie jego nieobecności zastępuje jeden z naczelników wydziałów.

§ 11.

Na czele wydziałów Instytutu stoją Naczelnicy wydziałów, powołani przez Ministra Poczt i Telegrafów na wniosek Dyrektora Instytutu. Naczelnicy wydziałów względnie innych komórek organizacyjnych, utworzonych na wniosek i za potrzebą innych ministerstw, zostają wyznaczani w porozumieniu z zainteresowanymi ministrami.

§ 12.

Personel Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego składa się z personelu technicznego i administracyjnego, jako pracowników etatowych i kontraktowych.

Pracowników etatowych mianuje Minister Poczt i Telegrafów na wniosek Dyrektora Instytutu.

Pracowników kontraktowych przyjmuje Dyrektor Instytutu w granicach budżetu. Poza tym w Instytucie może być zatrudniony personel przydzielony (delegowany) i płatny przez inne ministerstwa i przedsiębiorstwa. Pracownicy ci podlegają pod względem fachowym i technicznym wyłącznie władzom Instytutu oraz winni stosować się do przepisów i regulaminów pracy Instytutu.

§ 3. Zatwierdza się załączony do niniejszego rozporządzenia Statut Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego.

§ 4. Rozporządzenie niniejsze wchodzi w życie z dniem ogłoszenia.

Minister Poczt i Telegrafów:

(—) Kalfinski.

Zatwierdza do rozporządzenia Ministra Poczt i Telegrafów z dnia 20 lutego 1934 r. (por. 103).

STATUT
PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU TELEKOMUNIKACYJNEGO.

§ 1.

Państwowy Instytut Telekomunikacyjny ma za zadanie naukowe badanie i opiniowanie zagadnień teletechniki, radiotechniki i innych systemów i sposobów łączności, jak również z dziedziny techniki pocztowej.

§ 2.

Państwowy Instytut Telekomunikacyjny posiada bezpośrednie Ministerstwo Poczt i Telegrafów. Siedzibą Instytutu jest m. st. Warszawa.

§ 3.

Do zadań Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego należy prowadzenie prac z dziedziny teletechniki i techniki pocztowej oraz współpraca nad zagadnieniami, zmierzającymi do rozwoju produkcji krajowej w dziedzinie przemysłu telekomunikacyjnego z uwzględnieniem potrzeb obrony Państwa, a w szczególności:

1. Opracowywanie modeli oraz ujednolicanie sprzętu, przyrządów i urządzeń telekomunikacyjnych, jak również ustalanie norm i sposobów ich zastosowania i eksploatacji.
2. Śledzenie i badanie wynalazków i ulepszeń z dziedziny telekomunikacji oraz techniki pocztowej i ich opiniowanie z punktu widzenia zastosowania i eksploatacji.
3. Nadzór fachowo-techniczny nad urządzeniami telekomunikacyjnymi państwowymi lub kontrolowanymi przez Państwo.
4. Współpraca z przemysłem elektrotechnicznym i telekomunikacyjnym.
5. Współpraca z Radą Techniczną.
6. Przygotowanie materiałów na międzynarodowe kongresy i zjazdy telekomunikacyjne, brań w nich udziału i prowadzenie badań z dziedziny telekomunikacji międzynarodowej.
7. Ogłaszanie wyników prac i badań Instytutu, wydawanie publikacji naukowych i podręczników z dziedziny telekomunikacji oraz techniki pocztowej, jak również kompletowanie zbiorów z tych dziedzin.

Dla realizacji swoich zadań Państwowy Instytut Telekomunikacyjny opiera się na pracowniach teoretycznych, doświadczalnych własnych oraz odpowiednich instytucjach naukowych, współpracując z nimi.

Prace wykracające w zakres kompetencji innych ministerstw wykonuje Państwowy Instytut Telekomunikacyjny w porozumieniu z właściwymi ministerstwami.

§ 4.

Z prac i urządzeń Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego w zakresie jego działalności mogą korzystać przedewszystkiem Ministerstwa: Poczt i Telegrafów, Spraw Wojskowych, Komunikacji, Przemysłu i Handlu, następnie inne instytucje.

§ 13.

Dyrektor Instytutu i Naczelnicy wydziałów winni posiadać odpowiednie kwalifikacje, studia i dorobek naukowo-techniczny, wymagany na powyższe stanowiska.

Celem ustalenia kwalifikacji kandydata, zgodnie z § 3 pkt. 7 rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 1 stycznia 1934 r. (Dz. U. R. P. Nr. 4, poz. 23), Minister Poczt i Telegrafów powołuje w miarę potrzeby komisję z podród fachowców i profesorów państwowych szkół akademickich.

§ 14.

Do zakresu działalności i kompetencji Dyrektora Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego należy:

1. Ogłaszanie kierownictwo spraw naukowo-badawczych i administracyjnych Instytutu.
2. Ustalanie kierunku i programu prac oraz czuwanie nad ich realizacją.
3. Przedstawianie Ministrowi Poczt i Telegrafów sprawozdań rocznych z prac wykonanych i programu prac zamierzonych, jak również wszelkich spraw i wniosków wymagających zatwierdzenia Ministra.
4. Reprezentowanie Instytutu na zewnątrz, a w szczególności na zjazdach międzynarodowych.
5. Przedstawianie wniosków Ministrowi Poczt i Telegrafów o innym zainteresowanym Ministrom o udzielenie subwencji instytucjom naukowym, współpracującym z Państwowym Instytutem Telekomunikacyjnym.

tuje rządowe i samorządowe, wreszcie instytucje i osoby prywatne.

Wydatki związane z utrzymaniem Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego pokrywane są w całości przez Państwowe Przedsiębiorstwo Polska Poczta, Telegram i Telefon.

Inne ministerstwa oraz instytucje rządowe i samorządowe pokrywają wydatki związane z wykonywaniami dla nich przez Państwowy Instytut Telekomunikacyjny pracami. Wynikowe kwoty przypadających zostaje ustalona w porozumieniu między zainteresowanymi instytucjami a Państwowym Instytutem Telekomunikacyjnym.

Dokonywanie prac i korzystanie z urządzeń Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego dla celów prywatnych może mieć miejsce jedynie za opłatą i na warunkach zatwierdzonych przez Ministra Poczt i Telegrafów.

Wpływy z powyższych źródeł będą prelinowane w dochodach Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego.

§ 5.

Państwowe Przedsiębiorstwo Polska Poczta, Telegram i Telefon na cele i potrzeby Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego może przyjmować darowizny i zapisy z zachowaniem przepisów prawa.

§ 6.

Budżet Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego stanowi część budżetu Państwowego Przedsiębiorstwa Polska Poczta, Telegram i Telefon.

W ramach budżetu Dyrektor Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego ma prawo wydłkować samodzielnie.

§ 7.

Państwowemu Instytutowi Telekomunikacyjnemu służy prawo używania pieczęci urzędowej z napisem: Państwowy Instytut Telekomunikacyjny.

§ 8.

Państwowy Instytut Telekomunikacyjny dzieli się na wydziały:

- I Wydział Teletechniki
- II Wydział Radiotechniki
- III Wydział Techniki Pocztowej.

Ponadto w skład Instytutu wchodzi:
a) Sekretariat
b) Instalacje i Warsztaty.

Tworzenie nowych wydziałów i innych komórek organizacyjnych oraz ich zwłanie może nastąpić na mocy decyzji Ministra Poczt i Telegrafów, zaś dla potrzeb innych ministerstw w porozumieniu z właściwymi ministrami.

§ 9.

Zakres prac i wewnętrzny skład poszczególnych wydziałów oraz innych komórek organizacyjnych, jak również współpracę między nimi — określa regulamin wewnętrzny Instytutu, oparty na niniejszym statucie, zatwierdzony przez Ministra Poczt i Telegrafów na wniosek Dyrektora Instytutu.

Współpraca między Państwowym Instytutem Telekomunikacyjnym a ministerstwami, wymienionymi w § 4, jak również sposób nadzoru nad wykonywaniami dla nich pracami zostaną uregulowane oddzielnymi regulaminami, wydanymi przez Ministra Poczt i Telegrafów w porozumieniu z zainteresowanymi ministrami.

§ 10.

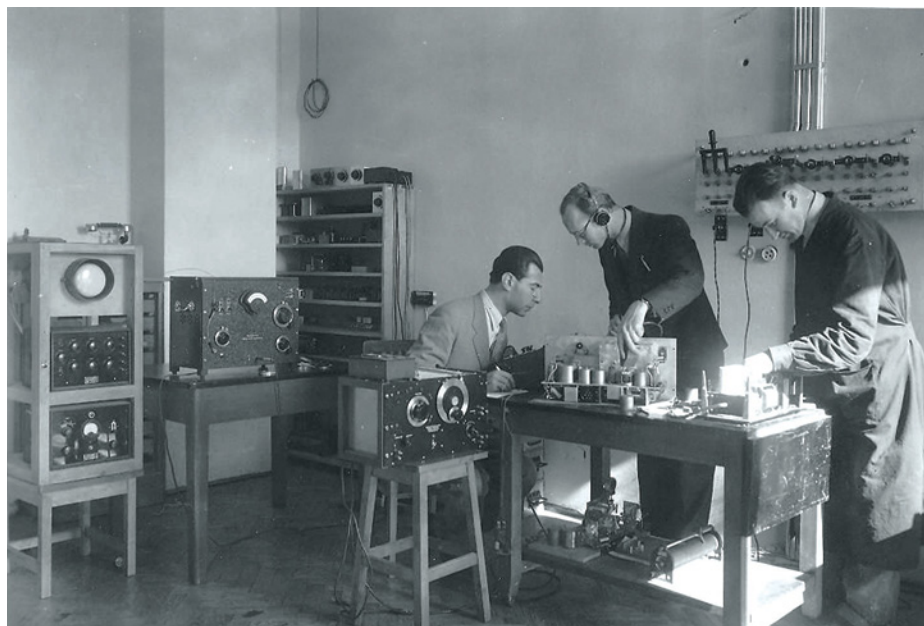
Na czele Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego stoi Dyrektor, powołany przez Mini-

6. Przedstawianie Ministrowi Poczt i Telegrafów projektu rocznych preliminarzy budżetowych.
7. Zaliczanie spraw personalnych pracowników Instytutu w granicach określonych przez Ministra Poczt i Telegrafów.
8. Nadzór nad majątkiem i zbiorami Instytutu.
9. Utrzymywanie kontaktu z pokrewnymi instytucjami krajowymi i zagranicznymi.
10. Użykiwanie od dyrekcji i urzędów podległych Ministerstwu Poczt i Telegrafów wyświadeł, dat statystycznych, wykresów i t. p. potrzebnych do prac Instytutu.

§ 15.

Naczelnicy wydziałów kierują pracami powierzonymi im wydziałom, w szczególności do zakresu ich pracy należy:

1. Kierownictwo pracami wydziału stosownie do programu i ogólnych wytycznych Dyrektora.
2. Stawianie wniosków w sprawach wchodzących w zakres prac wydziału.
3. Sporządzanie sprawozdań z prac wykonanych w wydziale.
4. Opracowywanie programu prac zamierzonych na podstawie wskazań Dyrektora Instytutu, zadań zainteresowanych ministerstw i wniosków własnych.
5. Sporządzanie wniosków w sprawach budżetowych wydziału.
6. Sporządzanie wniosków w sprawach budowlanych wydziału.
7. Nadzór nad inwentarzem wydziału.



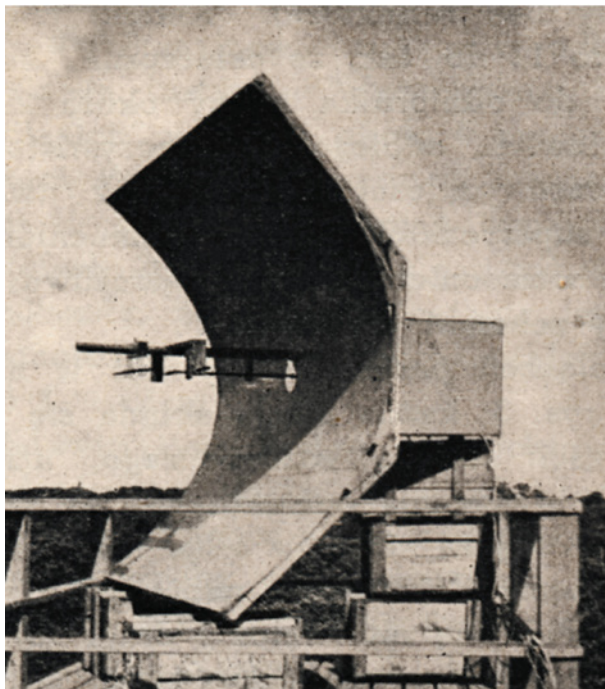
dzinie telefonii nośnej wykonano i zainstalowano 12 instalacji telefonii nośnej jednokrotnej na trasach łączących większe miasta w Polsce. Zasięg tych instalacji, bez wzmacniaków pośrednich, wynosił ok. 500 km. Ponadto Instytut wykonał i uruchomił kilka instalacji telefonii nośnej trzykrotnej, pozwalających na nałożenie trzech dodatkowych rozmów telefonicznych wysokiej częstotliwości na jedną rozmowę niskiej częstotliwości. Łączna długość połączeń telefonicznych, zrealizowanych przez Instytut wynosiła ok. 6000 km. Opracowano i wykonano również instalację telefoniczną wielkiej częstotliwości na linii energetycznej wysokiego napięcia 150 000 V ze Starachowic do Mościc.

Laboratoria PIT – rok 1935

W dziedzinie telegrafii zaprojektowano i wykonano aparaturę telegrafii wielokrotnej, umożliwiającą na czterech kablach przesyłanie 12 jednoczesnych dwustronnych rozmów telegraficznych. Długość całkowita wykonanych tą metodą dwustronnych obwodów telegraficznych wynosiła ok. 5000 km. Jednocześnie w Instytucie opracowano



*Pierwsza antena łączy
mikrofalowego – rok 1936*



modele instalacji telegrafii podakustycznej, umożliwiające umieszczenie kanału telegraficznego w zakresie pasma małych częstotliwości obok zwykłego kanału telefonicznego.

W zakresie automatów telefonicznych Instytut prowadził prace laboratoryjne i modelowe, umożliwiające częściową automatyzację międzymiastowego ruchu telefonicznego. Opracowane i wykonane modele central telefonicznych zainstalowano w okolicach Warszawy, np. w Rembertowie. Wykonano i zainstalowano również wiejskie centrali automatyczne

w Sulejówku, Miłosnie, Okuniewie i Wesołej, połączone w jedną sieć półautomatyczną z Rembertowem, a także zegary telefoniczne podające automatycznie czas zgłaszającym się abonentom sieci okręgowej Górnego Śląska, Krakowa, Poznania i Torunia.

W dziedzinie aparatury kontrolno-pomiarowej opracowano i wykonano przyrządy, kupowane dotychczas wyłącznie za granicą. Były to generatory lampowe i mierniki tłumienia, linie sztuczne do 50 kHz, wzmacniacze, przyrządy uniwersalne do badania kabli, mierniki tłumienia przesłuchu, mierniki równowagi pojemnościowej, mikowe kondensatory dekadowe, oporniki dekadowe pracujące na w.c.z., woltomierze lampowe, częstotściomierze, przyrządy do badania przekaźników, generatory lampowe dla potrzeb specjalnych.

W dziedzinie stabilizacji częstotliwości opracowano i wykonywano oscylatory kwarcowe i turmalinowe, które stosowano w nadajnikach radiofonicznych. Należy tu wymienić generatory wzbudzające dla stacji radiofonicznych Polskiego Radia. Przykładowo stacja wileńska, w której zastosowano generator wzbudzający opracowany w PIT, stała się jedną z najlepszych w Europie pod względem stałości częstotliwości. Wykonano również dla Urzędu Miar zegar kwarcowy będący światowym hitem w tej dziedzinie.

Wyniki prac naukowych, badawczych oraz konstrukcyjnych w okresie przedwojennym publikowane były w czasopismach naukowych. Pierwszym z nich był *Przegląd Radiotechniczny* założony w 1934, a następnie *Wiadomości i Prace Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego*, którego pierwszy numer ukazał się w styczniu 1935, oraz *Prace Badawcze Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego*.

Po przerwie wojennej, jesienią 1944, Państwowy Instytut Telekomunikacyjny podjął ponownie działalność w budynku przy ul. Ratuszowej 11, ogłoszonym doszczętnie z wyposażenia technicznego, sprzętu i książek. W kwietniu 1945 na stanowisko dyrektora Instytutu powrócił prof. Janusz Groszkowski. Do pracy w Instytucie wróciła również część dawnych pracowników. W pierwszym okresie działalności Instytut wykonywał prace związane z jak najszybszą odbudową urządzeń telekomunikacyjnych w kraju, organizacją szkolnictwa telekomunikacyjnego, podjęciem działalności wydawniczej. W końcu 1945 w PIT zatrudnionych były 204 osoby, w tym 74 pracowników naukowo-technicznych i 79 osób personelu warsztatowego.

Przy Instytucie zorganizowano Biuro Szkolnictwa, które zajmowało się, na zlecenie Ministerstwa Poczty i Telegrafów oraz Ministerstwa Oświaty, całokształtem spraw szkolnictwa zawodowego w dziedzinie telekomunikacji. Opracowano

zasady organizacji i programy nauczania. Uruchomiono Liceum Telekomunikacyjne, kurs monterski i kurs dla radiotelegrafistek. W tym też roku uruchomiono w Instytucie wykłady i laboratoria dla studentów 3. i 4. roku studiów Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej.

W dziedzinie wydawniczej Instytut przejął rozpoczętą jeszcze w czasie okupacji pracę przygotowania szeregu książek technicznych z dziedziny telekomunikacji i zagadnień pokrewnych pod nazwą *Biblioteki Wiedzy Telekomunikacyjnej*. Przystąpiono również do wydawania publikacji informacyjnych z literatury technicznej oraz skryptów dla studentów.

Jako wydawnictwa periodyczne zaczęły ukazywać się miesięczniki *Przegląd Prasy Telekomunikacyjnej* oraz *Komunikaty PIT*.

Jednym z głównych kierunków prac badawczych Instytutu stała się telewizja. Jak wspomniano wcześniej, prace badawcze nad telewizją były prowadzone już w II RP. Polska telewizja programowa narodziła się w wyniku działalności naukowo-badawczej grupy specjalistów-entuzjastów z Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego. Fakt ten należy szczególnie podkreślić, gdyż w historii telewizji światowej niewiele było krajów, które rozpoczęły nadawanie programów telewizyjnych w oparciu o własną bazę sprzętową. Prace nad telewizją zostały wznowione w PIT w 1947. Podobnie jak przed wojną, kierował nimi inż. Lesław Kędzierski (od 1964 profesor). Ich wynikiem było wykonanie i uruchomienie dwóch zespołów aparatury studyjnej, z których pierwszy, uruchomiony w 1949, pracował w standardzie 441 linii, zaś drugi w standardzie 625 linii. W czerwcu 1949 z eksperymentalnego studia mieszczącego się w budynku przy ul. Ratuszowej 11 nadano sygnały kontrolne odbierane na odbiorniku telewizyjnym również skonstruowanym w Instytucie. Kilka lat później zespół pod kierownictwem inż. L. Kędzierskiego zbudował i uruchomił następne zestawy torów telewizyjnych, obejmujących aparaturę nadawczą i aparaturę telekinową z kamerą ikonoskopową.

Pierwsza publiczna prezentacja aparatury telewizyjnej połączona z pokazem obrazu odbyła się 15 grudnia 1951 w siedzibie Związku Nauczycielstwa Polskiego w Warszawie przy ul. Smulikowskiego 6/8, podczas wystawy *Radio w walce o pokój i postęp*. Organizatorem pokazu telewizyjnego był Instytut Łączności. Publiczność mogła oglądać program na ekranach odbiorników telewizyjnych i obserwować pracę techników i wykonawców w studio oddzielonym od widowni wielką szklaną szybą. Za nią znajdował się pokój kontrolny, w którym zainstalowana była aparatura mikserska i kontrolna. Demonstracyjna aparatura odbiorcza składała się z dwóch odbiorników 441-liniowych i czterech odbiorników 625-liniowych. Pracowały one

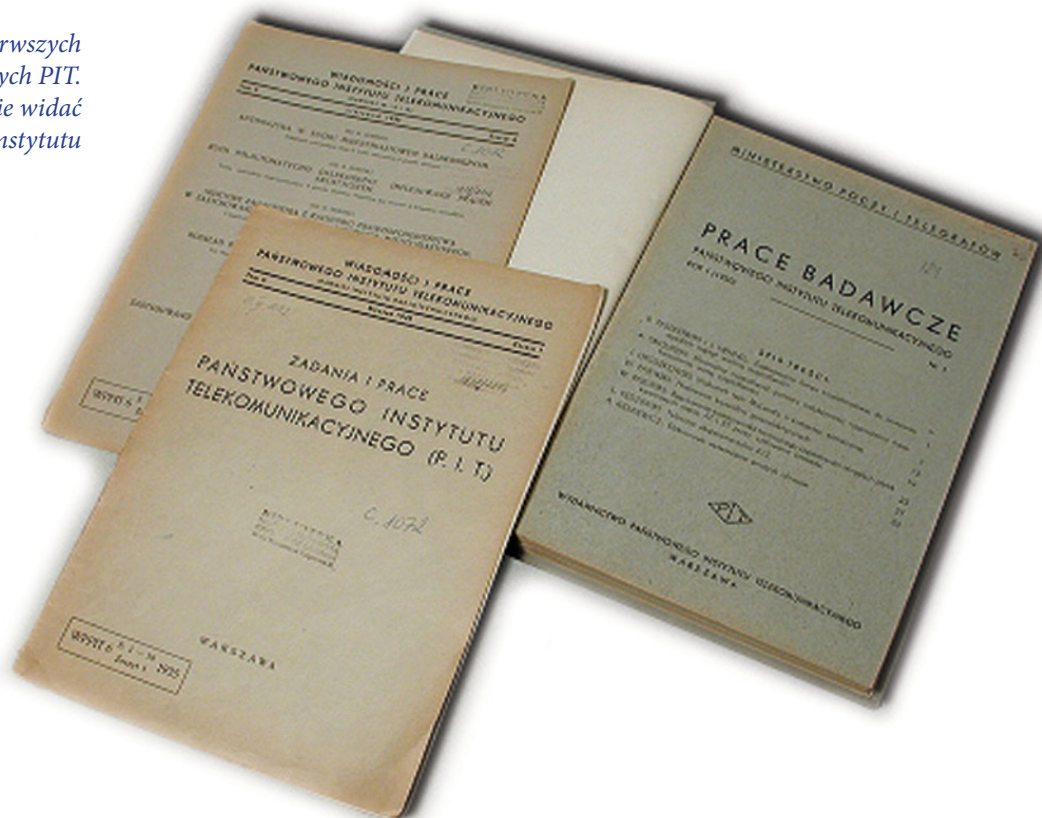


Najwyższy przedwojenny budynek w Warszawie – Prudential – posłużył jako punkt montażu eksperymentalnej anteny telewizyjnej



Pierwsza polska antena telewizyjna

*Okladki pierwszych
czasopism naukowych PIT.
Po prawej stronie widać
logo Instytutu*



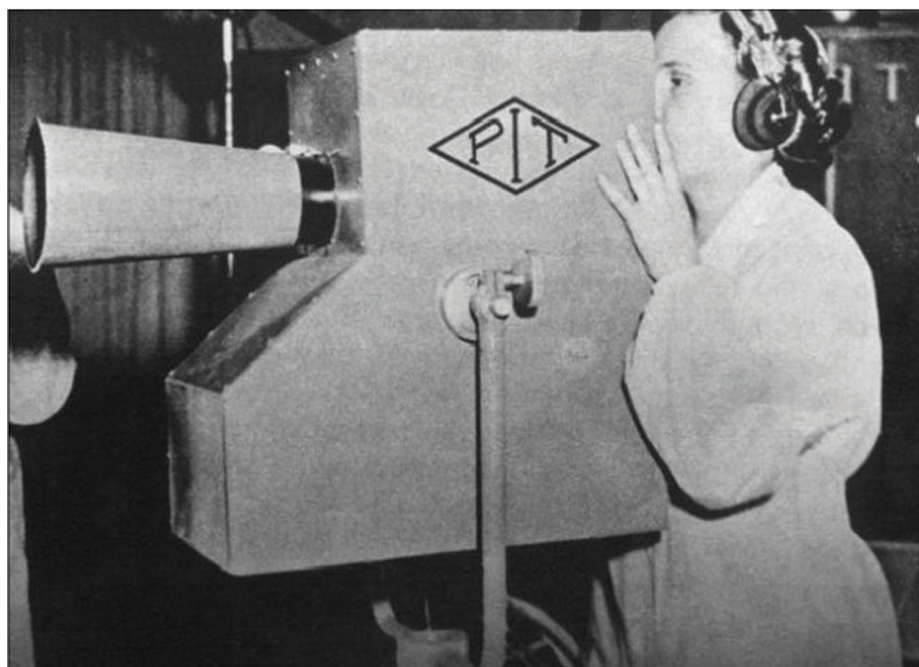
w obwodzie zamkniętym z aparaturą studyjną. W inauguracyjnym programie zorganizowanym przez Polskie Radio wystąpili znani artyści scen warszawskich.

Drugim ważnym kierunkiem prac badawczych była telefonia nośna, dla której Instytut opracował szereg elementów i zespołów składowych, a także urządzenia dla rosnącej liczby krajowych stacji radiofonicznych. Prowadzono również prace nad szybko rozwijającą się w tym czasie techniką impulsową, a istniejące w owym czasie braki aparatury kontrolno-pomiarowej spowodowały powstanie własnych opracowań tego rodzaju przyrządów. Z kolei technologia lamp elektronowych, w szczególności lamp na fale ultrakrótkie, lamp oscyloskopowych i impulsowych rozwijana była w tym czasie w Przemysłowym Instytucie Elektroniki.

W związku z rozwojem gospodarczym Wybrzeża, a wraz z nim Polskich Linii Oceanicznych i Marynarki Wojennej, powstało zapotrzebowanie na prace związane z techniką radionawigacji i radiokomunikacji. W 1949 powstał Oddział PIT w Gdańsku.

Do najważniejszych osiągnięć Instytutu w pierwszych latach powojennych należało:

- opracowanie zespołu urządzeń studyjnych telewizji 441-liniowej oraz 625-liniowej, w tym kamery telewizyjnej, studyjnej aparatury kontrolnej, aparatury telekinowej, odbiorników kontrolnych,
- opanowanie zagadnień telewizyjnej techniki nadawczej i odbiorczej,
- opracowanie urządzenia telefonii nośnej systemu K12/P, w skład którego wchodziły szerokopasmowe wzmacniacze z ujemnym sprzężeniem, przemienniki kanałowe i grupowe, generatory częstotliwości nośnych oraz filtry teletransmisyjne,
- opracowanie i wykonanie generatorów kwarcowych o stałości częstotliwości 10^{-8} , które zostały zastosowane w stopniach kontrolnych synchronizowanych stacji radiofonicznych oraz w zegarach astronomicznych,
- prowadzenie pomiarów częstotliwości stacji nadawczych, natężeń pól, poziomu zakłóceń, opracowywanie prognoz jonosferycznych,
- opracowanie i wykonanie specjalistycznej aparatury kontrolno-pomiarowej,



Pierwsza kamera telewizyjna opracowana w PIT (1951)

- opanowanie podstawowych zagadnień techniki impulsowej i mikrofalowej,
- opracowanie eksperymentalnego modelu funkcjonalnego radaru impulsowego, pracującego na częstotliwości ok. 200 MHz.

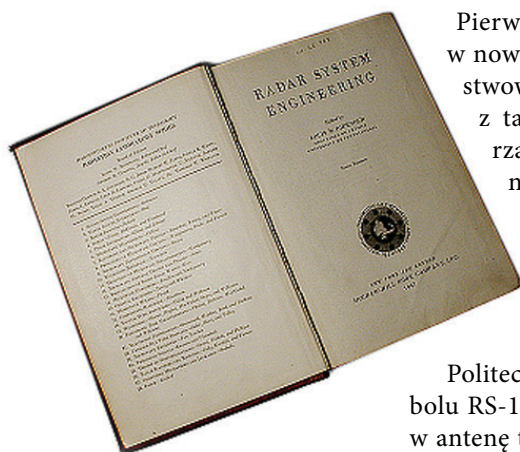
W 1951, w związku z reorganizacją Instytutu, działy zajmujące się telewizją przejął Instytut Łączności. PIT zmienił nazwę na Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, zachowując znak firmowy.

Alina Janowska i Adolf Dymśa przed kamerą telewizyjną



LATA 1948-1956.

POCZĄTKI POLSKIEJ RADIOLOKACJI



Strona tytułowa
28-tomowej publikacji
MIT z 1947

Pierwsze w Polsce prace badawcze w dziedzinie radiolokacji podjęto w 1948 w nowo utworzonej Katedrze Radiolokacji Politechniki Warszawskiej oraz Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym (PIT). Wymagały one specjalistów z takich dziedzin jak technika mikrofalowa, technika antenowa, przetwarzanie sygnałów, miernictwo, układy zasilające i systemy napędowe. Po wojnie takich specjalistów w kraju nie było. Utworzono wówczas na Politechnice Gdańskiej Zakład Radarów, który wspólnie z Katedrą Radiolokacji Politechniki Warszawskiej wykształcił nową kadrę naukowo-badawczą. Zdobyte doświadczenia badawczo-konstrukcyjne w dziedzinie telekomunikacji, szczególnie w dziedzinie techniki mikrofalowej, pozwoliły już w 1949 na wspólne opracowanie przez PIT i Katedrę Radiolokacji

Politechniki Warszawskiej pierwszego laboratoryjnego modelu radaru o symbolu RS-1, pracującego na częstotliwości ok. 200 MHz. Model radaru wyposażono w antenę typu Yagi oraz nadajnik zbudowany w postaci łańcucha triodowych lampowych wzmacniaczy mocy. Urządzenie wytwarzało impulsy sondujące o mocy szczytowej kilkunastu kilowatów. Była to pierwsza w kraju praca badawcza związana z radiolokacją.

Należy podkreślić, że w dalszych pracach nad radiolokacją znaczny wpływ miała 26-tomowa publikacja opracowana przez naukowców i inżynierów z Massachusetts Institute of Technology (MIT), a wydana w 1947 przez wydawnictwo McGraw-Hill Company pt. *Radar System Engineering*. W kolejnych tomach tego wydawnictwa zawarta jest wiedza teoretyczna i praktyczna dotycząca konstrukcji urządzeń mikrofalowych i radarów, która była wykorzystywana już podczas II wojny światowej przez amerykańskich projektantów urządzeń radiolokacyjnych. Tę *biblię*, jak wtedy ją zwano, zakupił prof. J. Groszkowski w czasie delegacji służbowej w Londynie. Rozmiar tego wydawnictwa dobitnie wskazywał, jak szeroki zakres wiedzy obejmuje radiolokacja.

Pod koniec lat 1940. ówczesne władze podjęły decyzje o rozwoju w kraju prac w zakresie techniki radiolokacyjnej na skale przemysłową. Było to związane z ważną rolą, jaką odegrały radary w czasie drugiej wojny światowej, napiętą sytuacją polityczną, a także szerokimi możliwościami wykorzystania tej techniki dla potrzeb cywilnego ruchu lotniczego i morskiego.

Doświadczenia zdobyte przy opracowywaniu modelu laboratoryjnego radaru RS-1 i oswojenie się z nową dziedziną techniki pozwoliło podjąć się opracowania w PIT projektu radaru ostrzegawczego według wymagań technicznych zatwierdzonych przez Sztab Generalny LWP. Model nowego radaru powstał w 1951. Również w tym urządzeniu zastosowano antenę typu Yagi, ale nadajnik pracował w paśmie 600 MHz, wytwarzając impulsy o szerokości 5 ms i mocy szczytowej 200 kW. Aparatura radaru zamontowana była w kabinie samochodu ciężarowego, z obracającą się anteną umieszczoną na jego dachu.

Punktem zwrotnym w rozwoju Instytutu, jak też powstania rodzimego przemysłu radiolokacyjnego, było powołanie uchwałą Prezydium Rządu RP nr 30/S w listopadzie 1951 *Wydzielonego Laboratorium Konstrukcyjnego (TL) przy Zakładach Radiowych im. Marcina Kasprzaka, dla zagadnień radarowych*, do którego przekazano zespół pracowników z działów radiotechniki specjalnej z PIT i Zakładu Radarowego Politechniki Gdańskiej. Formalnym kierownikiem laboratorium (TL) został prof. Paweł Szulkin z Politechniki Gdańskiej, natomiast realnie kierował nim jego zastępca, inż. Jerzy Auerbach. Pierwszym zadaniem laboratorium było opracowanie prototypu radaru ostrzegawczego,

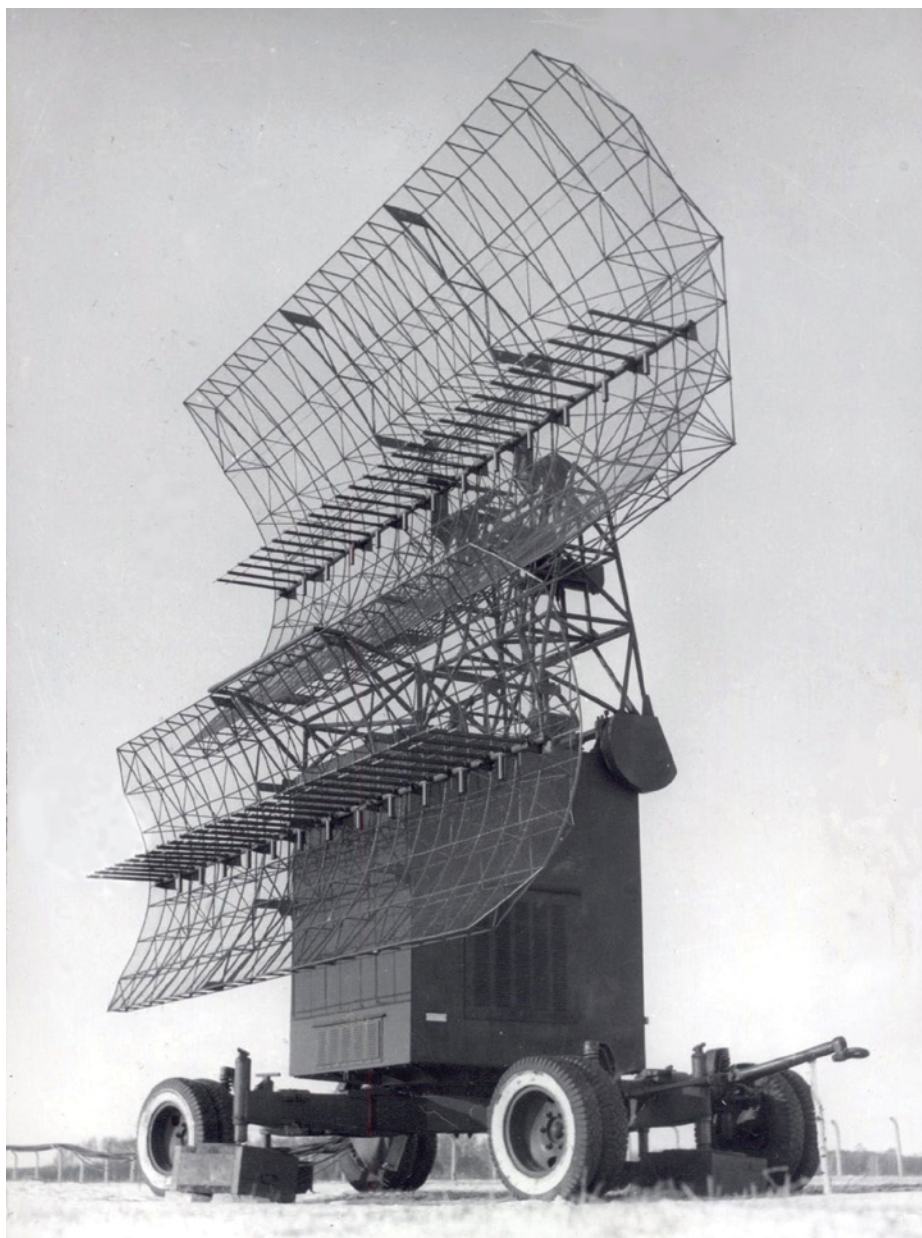
na podstawie analizy dotychczasowych prac krajowych ośrodków i wymagań taktyczno-technicznych MON w terminie do listopada 1952. Niezależnie uchwala zobowiązywała (TL) do stworzenia ośrodka zdolnego do adaptacji licencji na urządzenia radarowe z ówczesnego ZSRR oraz podjęcie działań sprzyjających rozwojowi radiolokacji i branż z nią związanych. Pomimo znacznych trudności, w Laboratorium TL w 1952 opracowano prototyp radaru o nazwie Nysa-A. Wśród jego głównych twórców byli: prof. P. Szulkin, inż. J. Auerbach, inż. T. Gawron, inż. S. Urbański, inż. J. Szyszkiewicz, inż. Z. Drejak, Z. Szczypka i A. Łobodziec. W kwietniu 1953 zakończono badania prototypu pod nadzorem specjalnej komisji międzyministerialnej i ten rok jest uznawany przez środowisko związane z radiolokacją jako narodziny polskiej radiolokacji.

Parametrami elektrycznymi Nysa-A nie różniła się od modelu, z wyjątkiem prostej anteny reflektorowej, która zastąpiła antenę typu Yagi. Po raz pierwszy zmierzono zasięg wykrywania; parę samolotów MIG-15 wykryto z odległości 150 km, przy czym wykrycie obserwowano na wskaźniku typu A (oscylloskopowym), wolno przeszukując wąski sektor azymutu. Istotnym mankamentem urządzenia były luki pokrycia przestrzeni spowodowane efektem odbić od ziemi; przy zastosowanej długości fali i niewielkiej wysokości anteny nad ziemią występował znaczny ubytek pokrycia. W sumie przydatność tego urządzenia do nadzoru przestrzeni powietrznej nadal była niewielka. Takie też było zdanie komisji prowadzącej jego badania, która zaleciła opracowanie ulepszanego wariantu radaru, przede wszystkim eliminację luk w pokryciu. Zespół konstrukcyjny Nysa-A już wtedy przygotowywał nową wersję radaru, w której te wady miały być usunięte. Później uzyskał on nawet Nysa-C. Ponadto komisja zaleciła prowadzenie intensywnych prac nad wysokościomierzem Nysa-B, który współpracowałby z docelową, ulepszoną wersją stacji Nysa-A. W latach 1953-54 wykonano serię 5 egzemplarzy radaru Nysa-A; zostały one przekazane do próbnej eksploatacji w Wojsku Polskim. Opracowanie i wykonanie tego urządzenia było ważnym doświadczeniem przed podjęciem produkcji radarów już w pełni wartościowych z użytkowego punktu widzenia. Za opracowanie radaru Nysa-A wymieniony zespół otrzymał nagrodę państwową I stopnia.

Uzyskane pozytywne rezultaty skłoniły władze państwowe do powołania w 1954 Warszawskich Zakładów Radiowych WZR-Rawar, których zadaniem była produkcja urządzeń radiolokacyjnych. Zgodnie z zaleceniem komisji badań radaru Nysa-A, w 1955



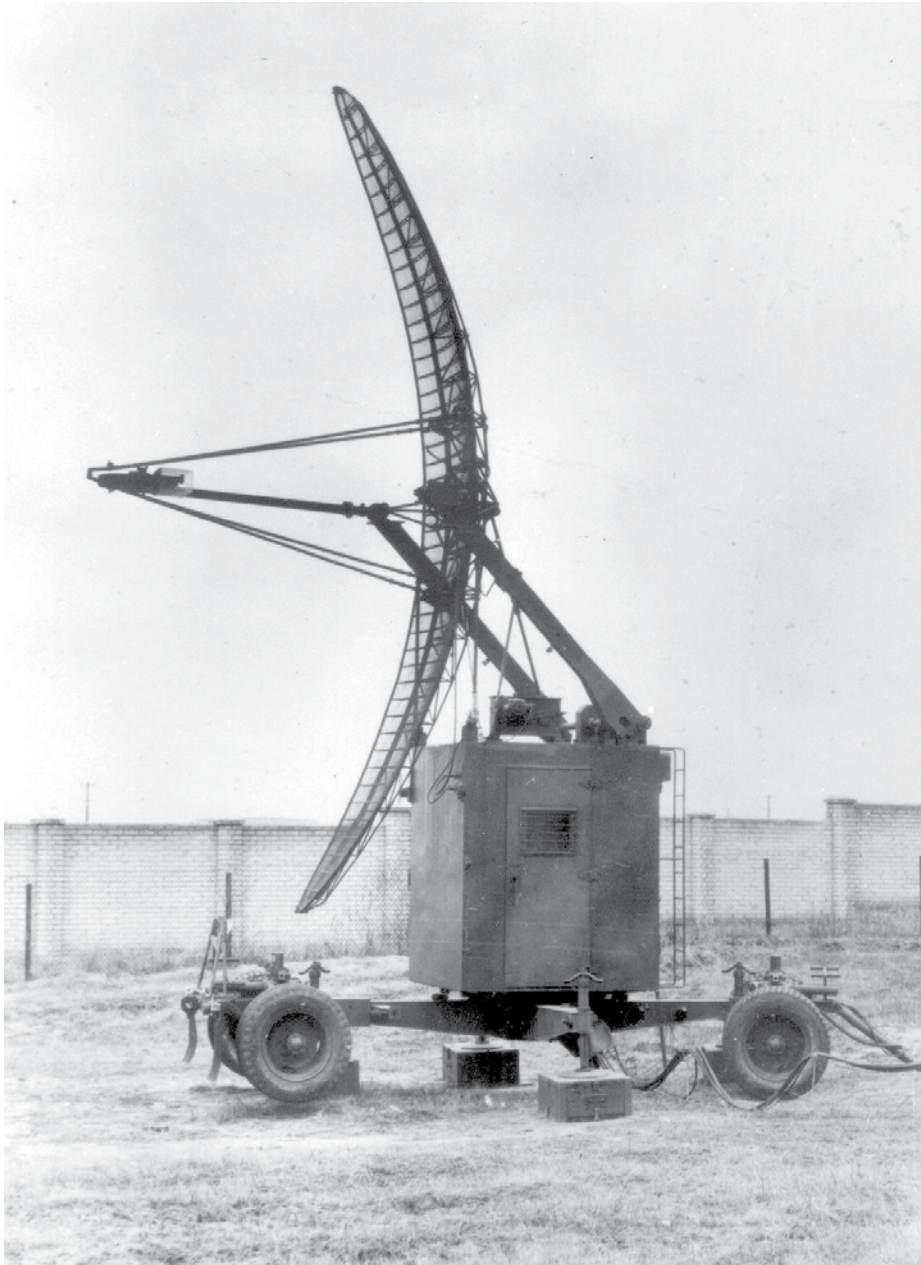
Pierwsza polska stacja radiolokacyjna – Nysa A, na podwoziu samochodu ZiS-150



Radar Nysa-C

opracowano w PIT prototyp stacji obserwacji dookrężnej Nysa-C, w pełni spełniający wymagania wojskowe. Stacja Nysa-C, tak jak jej poprzedniczka, pracowała w paśmie częstotliwości ok. 600 MHz. Zastosowano system antenowy składający się z dwóch anten o rozmiarach 7,2 x 2,3 m i 7,2 x 3,4 m, umieszczonych jedna nad drugą na takiej wysokości nad Ziemią, aby uzyskać pokrycie luk interferencyjnych jednej anteny przez listki drugiej anteny. Zasięg maksymalny stacji wynosił dla obiektu o powierzchni skutecznej odbicia 10 m² ok. 300 km dla śledzenia celu lub bardzo wolnego przeszukiwania. Pułap wynosił ok. 15 km.

Anteny radaru składały się z reflektora w postaci walca parabolicznego i układu oświetlającego zawierającego 26 dipoli. Szerokość wiązek w azymucie – 4°. Ruch obrotowy kabiny antenowej z układami nadawczo-odbiorczymi odbywał się z regulowaną szybkością od 0,5 do 6 obr/min. i możliwością półautomatycznego sektorowania. Z każdą anteną związany był niezależny układ nadawczo-odbiorczy. Nadajniki wykonano na krajowych magnetronach LM21 i LM22 o mocy impulsowej 200 kW, szerokości impulsu 5 μ s i częstotliwości powtarzania 200 Hz. Zastosowano impulsator liniowy z iskiernikiem obrotowym. W układzie NO stosowano zwieraki gazowane PJ6. Wzmac-

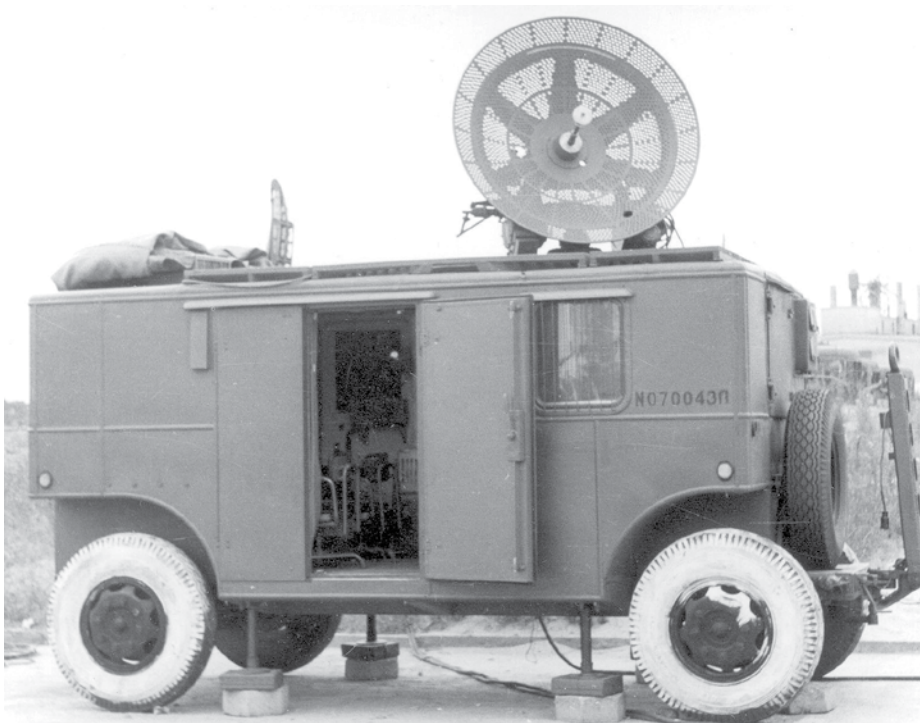


Wysokościomierz Nysa-B

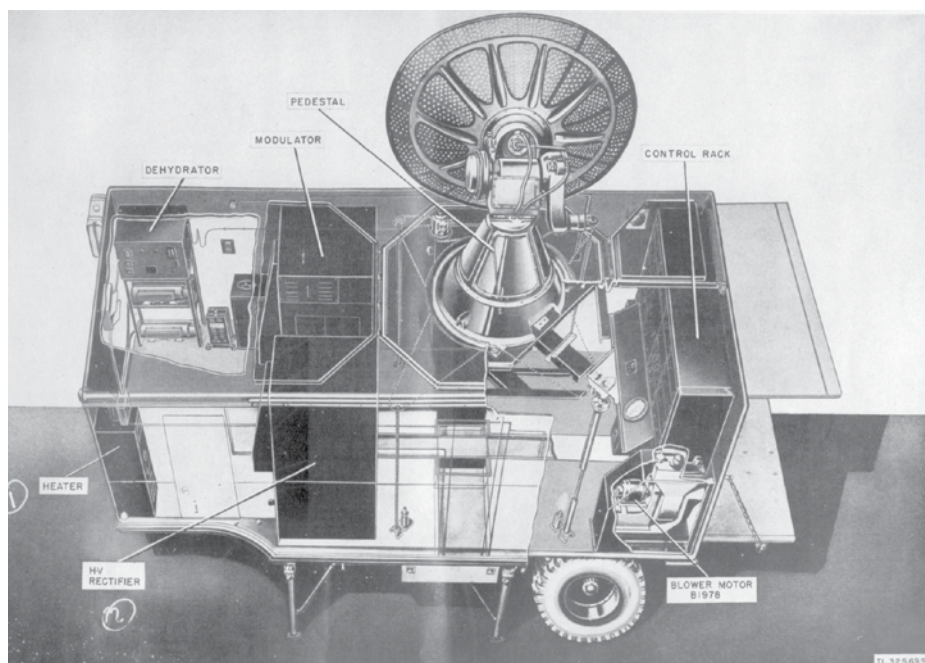
niacz w.cz. na wejściu odbiorników na lampach 2C40 miał współczynnik szumów 11 dB. Sumowanie sygnałów z dwóch kanałów odbiorczych przeprowadzano na częstotliwości wizyjnej. W wozie wskaźnikowym rozmieszczono odbiornik, wskaźnik P na lampie 31ŁM32, wskaźnik A, stanowiska dla operatorów, planszecisty, radiotelefonisty, dowódcy oraz wskaźnik RH stacji Nysa-B. Pobór mocy wynosił 11 kW (bez ogrzewania). W dwóch identycznych wozach zasilających umieszczono agregaty spalinowo-elektryczne PDS-30.

NARODZINY I PIERWSZE LATA DZIAŁALNOŚCI WARSZAWSKICH ZAKŁADÓW RADIOWYCH RAWAR

*Radar kierowania ogniem
artyleryjским SON-4,
pierwszy seryjnie
wytwarzany produkt
WZR RAWAR*



Jako początek historii Warszawskich Zakładów Radiowych RAWAR można uznać 7 maja 1954, czyli datę uchwały Prezydium Rządu nr 14/S/54, która zobowiązywała ministra przemysłu maszynowego do powołania przedsiębiorstwa Zakłady Radiowe T-1 w Budowie. Odpowiednie zarządzenie ministra przemysłu maszynowego realizującego tę uchwałę, oznaczone numerem 23/tj i datowane 29 czerwca 1954, zobowiązało dyrektora Centralnego Zarządu Przemysłu Teletechnicznego do *zorganizowania przedsiębiorstwa w budowie pod nazwą Warszawskie Zakłady Radiowe T-1, obejmującego dotychczasowy wydzielony pion radiolokacji /TL/ Zakładów Radiowych im. Kasprzaka*. Zgodnie z zarządzeniem budowa Warszawskich Zakładów Radiowych T-1 miała być wykonana w terminie umożliwiającym przeniesienie pionu radiolokacyjnego TL do zakładu WZR T-1 w ciągu IV kwartału 1954. Lokalizację WZR T-1 wyznaczono przy ulicy Poligonowej w Warszawie na terenie budowanej Fabryki Automatycznych Łącznic Telefonicznych T-24, która – według wcześniejszych planów – miała powiększyć potencjał produkcyjny Zakładów Wytwórczych Urządzeń Telefonicznych (ZWUT). Uchwała z dnia 7 maja 1954 zmieniała wcześniejsze plany i decydowała o utworzeniu w tej lokalizacji, w oparciu o część kadry TL oraz jego park maszynowy i aparaturę kontrolno-pomiarową, nowego przedsiębiorstwa, które miało produkować urządzenia radiolokacyjne dla wojska. Jednocześnie do prowadzenia prac doświadczalnych w dziedzinie radiolokacji wydzielono w PIT Zakład Techniki Fal Ultrakrótkich. We wrześniu 1954 dyrektorem naczelnym zakładu został mianowany Czesław Miziołek. Głównym inżynierem, odpowiedzialnym dzisiejszego dyrektora do spraw techniki i technologii, został inż. Jerzy



*Przekrój protoplasty
SON-4, amerykańskiego
SCR-584*

Auerbach, a od sierpnia 1955 tę funkcję objął inż. Antoni Czechowski; zastępcą głównego inżyniera do spraw konstrukcyjnych był inż. J. Piński.

W 1955 uruchomiono pięć wydziałów produkcyjnych w nowej lokalizacji przy ulicy Poligonowej, a stan zatrudnienia wynosił 1870 osób. Zakład budowany był na terenie, gdzie wcześniej rozpoczęto już budowę nowej fabryki należącej do ZWUT, a zatem gdzie już istniały pewne zabudowania przemysłowe, które wymagały przeprojektowania do nowych potrzeb. Projekt przewidywał kontynuację budowy budynku zaplecza techniczno-rozwojowego (późniejsza siedziba PIT), budynku wydziału obróbki mechanicznej (PR-1), budynku montażu (PR-9) oraz prowizorycznej kotłowni zakładowej, a więc obiektów najważniejszych dla uruchomienia produkcji.

Pierwszym wyrobem wdrożonym do produkcji w WZR był radar do kierowania ogniem artyleryjskim SON-4 produkowany na podstawie licencji radzieckiej. SON-4 był wierną kopią amerykańskiego radaru SCR-584, odtworzoną w ZSRR na podstawie dokumentacji udostępnionej przez USA jeszcze w okresie, gdy oba te państwa były sojusznikami w wojnie z Niemcami. Dokumentację licencyjną, o objętości równoważnej 30 000 arkuszom A4, dostarczono z ZSRR w maju 1953. Oprócz dokumentacji dostarczony był wzorec kompletnego urządzenia oraz części składowe trzech egzemplarzy. W styczniu 1955 wykonany został prototyp z zespołów oryginalnych, zaś w grudniu – drugi prototyp, w którym były już zespoły mechaniczne wykonane w WZR. W następnych dwóch latach wyprodukowano 31 egzemplarzy tego wyrobu, wszystkie zostały dostarczone do naszego wojska.

Pełny rozkwit produkcji stacji artyleryjskich nastąpił po wdrożeniu zmodernizowanej wersji SON-4, którą oznaczono symbolem SON-9a. Od swojej poprzedniczki stacja różniła się mniejszą długością pojazdu, nieco większą anteną, która do transportu była kładziona na dachu zamiast opuszczania do środka kabiny. Zmodernizowane urządzenie zyskało pewną odporność na zakłócenia dzięki zastosowaniu przestrajanego magnetronu. Dokumentację tego urządzenia WZR otrzymały w 1956. W latach 1958-1961 dostarczono 130 zestawów SON-9a do odbiorcy krajowego, a 6 egzemplarzy wyeksportowano. Stacje artyleryjskie SON-4 i SON-9a były przeznaczone do kierowania ogniem 57-mm armat przeciwlotniczych typu S-60. Jako urządzenia radiolokacyjne dostarczały tylko informacji o dokładnym położeniu celu. Informacja ta wymagała przetworzenia na nastawy armat i wyposażenia armat w system napędów elektrycznych. Stąd wyrobem bezpośrednio związanym z produkcją radarów artyleryjskich był system automatycznych napędów ASP-57. Produkcję tego urządzenia wdrożono w 1958, również na bazie dokumentacji licencyjnej z ZSRR.



Radar SON_9a

W tym czasie, od 1957, biuro konstrukcyjne WZR tworzyły dwa działy: TLA – przydzielony do tematyki radarów artyleryjskich, i TLM – ukierunkowany na opracowanie morskich radarów nawigacyjnych. Pierwszym z nich kierował inż. Jan Szyszkiewicz, drugim – inż. Janusz Brożyna. Litery TL w symbolach działów wskazują na *branżowy* podział kadry byłego laboratorium przy ul. Kasprzaka (ta symbolika zniknie całkowicie dopiero w latach 1990.). Nie było w tym czasie w WZR działu zajmującego się radarami obserwacyjnymi, gdyż tym kierunkiem rozwoju zajmował się PIT.

Radary SON-4, a potem SON-9a były typowym dla tego okresu rozwiązaniem, z systemem śledzenia celu opartym na zasadzie wirującej wiązki, który miał charakterystyczną słabość – podatność na zakłócenia. Znane było już wówczas rozwiązanie pozbawione tej wady, wykorzystujące technikę monoimpulsowego pomiaru kąta. Zespół specjalistów TLA pod kierunkiem inż. Jana Szyszkiewicza podjął się opracowania nowego radaru artyleryjskiego wprowadzającego tę nowatorską technikę przy zastosowaniu elementów aparatury nadawczo-odbiorczej ze stacji SON. Projekt, który otrzymał kryptonim *Strzała*, realizowano w latach 1958-1959, a jego wynikiem było wdrożenie produkcji nowego radiolokatora w 1961. W tym urządzeniu zastosowano jeszcze inne nowatorskie rozwiązanie: dodatkowy kanał nadawczo-odbiorczy pracujący w paśmie X. W odróżnieniu od czterowiązkowego monoimpulsowego kanału śledzenia kątownego w paśmie S, kanał w paśmie X wykorzystywał jedną, centralną wiązkę, mógł zatem służyć tylko do wspomagania śledzenia, zapewniając dodatkową odporność na zakłócenia. W latach 1961-63 wyprodukowano 40 egzemplarzy tego radaru.

Rozwiązania koncepcyjne urządzenia *Strzała* odpowiadały zaawansowanej technice światowej, a technika monoimpulsowa w radarach śledzących do dziś nie ma właściwie konkurencyjnej alternatywy. Jednakże dostępny wówczas poziom technologiczny nie przystawał do tego nowatorskiego rozwiązania. Stąd w praktyce napotkano na duże trudności z zapewnieniem niezawodnej pracy radaru, który wymagał bardzo pieczołowitej i zbyt częstej regulacji. Oficerowie, którzy ten sprzęt eksploatowali, wspominają, że musieli mocno się przykładać, aby nowoczesne rozwiązania techniczne wykazały praktyczną przydatność. Mimo tej niedoskonałości *Strzała* została uznana za duży sukces.

Epizod z radarami artyleryjskimi (śledzącymi) trwał w historii WZR RAWAR zaledwie kilka lat i po zakończeniu produkcji stacji *Strzała* miał się nigdy nie powtórzyć. Wojsko Polskie nie zgłaszało dalszego zainteresowania takim sprzętem. Wynikało to z przyjętego kierunku rozwoju sił przeciwlotniczych, które miały opierać się zasadniczo na radzieckich systemach rakietowych, a nie artylerii lufowej, te zaś naturalnie były dostarczane z własnymi radarami. Kiedy po 30 latach przyszło zaproponować radar śledzący do zestawu przeciwlotniczego Loara, dystans do przodujących w tej dziedzinie rozwiązań był tak odległy, że należało pogodzić się z importem kompletnej aparatury takiego radaru – własne rozwiązania ograniczając do serwonapędów anteny. Ale równolegle z wdrażaniem produkcji radarów artyleryjskich dojrzewały techniczne rozwiązania

radarów obserwacyjnych, na które zapotrzebowanie było gwarantowane i w tej klasie radarów ostatecznie wyspecjalizował się PIT, stanowiąc ważne ogniwo młodego krajowego przemysłu radiolokacyjnego.

W 1955 w WZR RAWAR opracowano przy współpracy PIT wysokościomierz Nysa-B. Przyjęto wtedy zasadę, że radary obserwacji dookrężnej będą opracowywane w PIT i wdrażane do produkcji w WZR-Rawar, natomiast wysokościomierze będą opracowywane i produkowane w WZR RAWAR. Stacja Nysa-C wykrywała obiekty powietrzne i określała ich odległość i azymut.

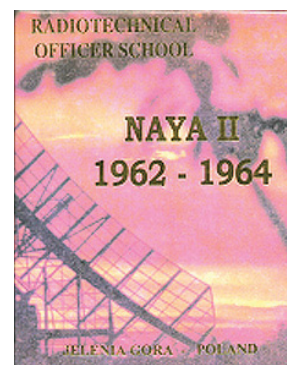
Wysokościomierz Nysa-B pracujący w paśmie S (ok. 3 GHz) był całkowicie nowym rozwiązaniem. W nadajniku zastosowano magnetron o mocy impulsowej ok. 1 MW przy szerokości impulsu 2 μ s i częstotliwości powtarzania 200 Hz. Antena przeszukiwała mechanicznie zakres kątów elewacji do 30° z regulowaną szybkością do 10 wahanć na minutę, a cała kabina radaru obracała się w azymucie według sterowania zadanego z radaru NYSA-C. W kabinie nie było obsługi operatorskiej, a proces pomiaru wysokości był sterowany przez operatora wskaźnika R-H umieszczonego w radarze Nysa-C.

Nysa-B wykrywała samolot Il-28 (o powierzchni skutecznej ok. 6 m²) na odległości ponad 100 km. Dokładność pomiaru wysokości na odległości 100 km wynosiła 700 m. Pewną słabością tego pierwszego historycznego wysokościomierza była *ociężałość* ruchu kabiny w azymucie – odpracowanie kąta 180° mogło trwać nawet 20 s, co naturalnie obniżało jego *przepustowość*, czyli liczbę pomiarów wykonywanych w ciągu minuty.

Oba radary – Nysa-B i Nysa-C – powstały na podstawie realizacji zaleceń komisji międzyministerialnej, która w 1953 przeprowadziła badania Nysy-A. Nowy radar ostrzegawczy na tyle odbiegał od pierwowzoru, że nadano mu nowy symbol, Nysa-C. Kierownikiem prac nad nowym zestawem radiolokacyjnym Nysa-B/C był inż. Tadeusz Gawron.

Opracowany w PIT radar obserwacji dookrężnej Nysa-C, a w WZR RAWAR wysokościomierz Nysa-B stanowiły na ówczesne czasy nowoczesne zestawy Nysa-B/C, pozwalające określać odległość, azymut i wysokość obiektów powietrznych. W stosunku do współczesnych radarów trójwspółrzędnych (3D) wymagało to najpierw wykrycia obiektów przy pomocy odległościomierza, a następnie określenia ich wysokości przy pomocy wysokościomierza (wysokościomierzy).

Zestawy Nysa-B/C były bez wątpienia sukcesem polskich konstruktorów z różnych instytucji i sukcesem produkcyjnym nowo powstałej fabryki WZR T-1. W latach 1956-1961 dostarczono do wojska 49 zestawów. Wkrótce miały się one okazać także pierwszym sukcesem eksportowym. Zapowiedzią tego był podpisany w 1957 kontrakt na dostawę 5 zestawów Nysa-B/C do Syrii, zrealizowany w następnym roku. W 1958 podpisano kon-



*Książka wydana
w Indonezji o szkole
w Jeleniej Górze*



*Inż. I. Grzenkowicz
i Indonezyjczycy na tle
radaru Nysa*



*Nysa-C
w indonezyjskiej służbie*

trakt, a do końca następnego roku zrealizowano dostawę pierwszych trzech *próbnych* zestawów do Indonezji – próbnych dlatego, że miały posłużyć jako materiał eksperymentalny do ustalenia zakresu modernizacji w następnych dostawach, przystosowanych do warunków klimatu tropikalnego. Dostawy do Indonezji okazały się sukcesem eksportowym na początku następnej dekady, kiedy dostarczono 12 zestawów już w wersji tropikalnej.

Rozpoczęta w 1958 współpraca z Indonezją nabrała pełnego wymiaru w latach 1960. Uruchomienie pierwszych trzech zestawów Nysa-B/C i ich eksploatacja przyniosły cenne wskazówki do modernizacji urządzeń pod kątem ich tropikalizacji. Pozwoliło to zaoferować w nowym kontrakcie pełnowartościowy sprzęt zdolny do pracy w warunkach klimatycznych Indonezji. Podpisany w 1961 kontrakt obejmował dostawę 12 zestawów Nysa-B/C. Dodatkowy kontrakt podpisany przez przedsiębiorstwo CEKOP przewidywał budowę zakładu remontowego. W ramach tej współpracy jednocześnie w szkole oficerskiej w Jeleniej Górze szkolono przyszłe indonezyjskie załogi stacji radiolokacyjnych. Całe przedsięwzięcie miało zatem dość znaczny rozmach, z włączeniem przedsiębiorstw indonezyjskich do prac budowlanych przy zakładzie remontowym. WZR dostarczyły odpowiednie maszyny i wyposażenie oraz dokumentację techniczną. Kontrakt obejmował także przeprowadzenie w nowym zakładzie remontu jednego z dostarczonych wcześniej radarów. Całkowita wartość kontraktu wyniosła około 7 mln USD. Jeszcze w 2006,

w czasie wizyty kierownictwa PIT na jednym z posterunków radiolokacyjnych w Indonezji, były dobrze zachowane konstrukcje nieużywanych już radarów, a gości przywitał emerytowany oficer indonezyjski bardzo dobrym językiem polskim.

Kontrakt indonezyjski był z jednej strony wielką przygodą dla młodych konstruktorów delegowanych do uruchamiania sprzętu i praktycznego szkolenia załóg, a z drugiej bezcennym doświadczeniem dla całej załogi, potwierdzającym, że młode jeszcze przedsiębiorstwo jest w stanie produkować wyroby, na które istnieje zapotrzebowanie w szerokim świecie. Obie strony kontraktu bardzo ciepło wspominają ten okres. Kiedy jeden z uczestników wyprawy do Indonezji, późniejszy główny konstruktor w Rawarze, inż. I.

*Antena radaru Nysa-B
i jej opis na wystawie
w Dżakarcie – lata 2000.*



ANTENA RADAR NYSYA B

Negara asal	: Polandia
Type	: NB/Height Finder
Jenis	: Module Radar
Berat	: 5.000 kg
Diameter Antena	: 440 cm
Panjang	: 850 cm
Tinggi kabin	: 125 cm
Daya	: 860 kw.
Pulse width	: 1 micro Sec.
PRF	: 200
GA	: 28 dB
Ketinggian Maksimum	: 50.000 feet
Jarak	: 240 km.

Radar (radio detection and ranging) merupakan sebagian kecil (sub system) dari Pertahanan Udara. Tugasnya mendeteksi pesawat tempur kita menuju ke sasaran udara. System radar ini mempunyai 2 (dua) antena, yaitu Nysa B dan Nysa C, masing-masing mengukur ketinggian dan jarak serta pencegahan perlawanan elektronik.

SEJARAH

- 1959 : Sejak 1959 memperkuat Sista Angkatan Udara, berfungsi sebagai Radar Peringatan Dini (Early Warning System) dan Radar Pengendali serta Penuntun Penangkapan (Ground Control Interception).
- 1962 – 1963 : Digelar diberbagai tempat di daerah Maluku, dalam rangka Trikora.
- 1963 – 1966 : Digelar diberbagai tempat di wilayah Indonesia bagian barat dalam rangka Dwikora.
- 1982 : Sejak tahun 1982 secara bertahap radar ini diganti dengan radar teknologi mutakhir.
- 1983 : Diabadikan di Museum ABRI Satriamandala.



*Radar P-35M
produkowany
na licencji ZSRS*

Grzenkowicz, po 30 latach odwiedził bazę wojsk lotniczych Indonezji w Panasanie (środkowa Jawa), gdzie w 1962 wybudowano zakład remontowy radarów Nysa-B/C, przy bramie ujrzał zamontowane dwie anteny tych radarów upamiętniające tamte czasy.

O Nysach Indonezyjczycy mówili, że są to radary jak z podręcznika do radiolokacji. Tak było w istocie – były to pierwsze funkcjonalne polskie radary, zbudowane przez ludzi dopiero zdobywających doświadczenia – ci ludzie mogli je zaprojektować tylko ściśle według zasad podanych w dostępnych podręcznikach, przede wszystkim w wielotomowej *biblii* radiolokacji wydanej przez MIT.

Duże zapotrzebowanie i jednocześnie dążenie do posiadania radarów bardziej nowoczesnych, spowodowały zapewne decyzję o uruchomieniu w WZR RAWAR produkcji stacji radiolokacyjnej na licencji radzieckiej, szeroko znanej potem P-35. Produkcja miała zapewnić dostawy odbiorcy krajowemu i państwowemu będącym w Układzie Warszawskim. Stacja P-35 miała istotne przewagi w parametrach taktycznych nad krajowym Jaworem z tego samego okresu, choć ustępowała mu pewnymi parametrami technicznymi, np. wersja P-35M produkowana w Polsce nie miała układów tłumienia ech stałych (TES). Wtedy jednak użytkownicy niezbyt cenili tę funkcję, bo układy TES wprowadzały znaczne straty sygnału i były trudne w utrzymaniu w pełnej sprawności. Dlatego zwykle włączano je i zestrajano tylko na czas wizyt oficerów inspekcyjnych kontrolujących sprawność urządzenia.

Stacja radiolokacyjna P-35M, produkowana na licencji ZSRR, pracowała w paśmie S i zapewniała zasięg wykrywania samolotu myśliwskiego LIM-5 ok. 200 km. Zostało to osiągnięte przez 6-kanalowy system nadawczo-odbiorczy i dwie potężne anteny reflektorowe zamocowane na obracającej się kabinie, formujące 6 wiązek w płaszczyźnie elewacji. Szerokie reflektory anten w paśmie S zapewniały ponadto bardzo dobrą rozróżnialność w azymucie. Produkcja stacji P-35M dała zatrudnienie kilku zakładom krajowym rozwijającego się przemysłu. Wóz wskaźnikowy produkowany był na Węgrzech. Produkcja najważniejszej części urządzenia – kabiny antenowej z aparaturą nadawczo-odbiorczą – wykonywana była w WZR RAWAR. Tutaj też były kompletowane całe zestawy i ekspediowane do użytkowników. Cały komplet urządzenia P-35M składał się z 7 pojazdów. Pracochłonność realizowanej w RAWAR produkcji oszacowano na 62 tysiące roboczogodzin na jedno urządzenie.

Badania pierwszej stacji P-35M wyprodukowanej w WZR RAWAR zostały przeprowadzone w 1964, a produkcja trwała w latach 1965-1969. W sumie do Wojska Polskiego tra-



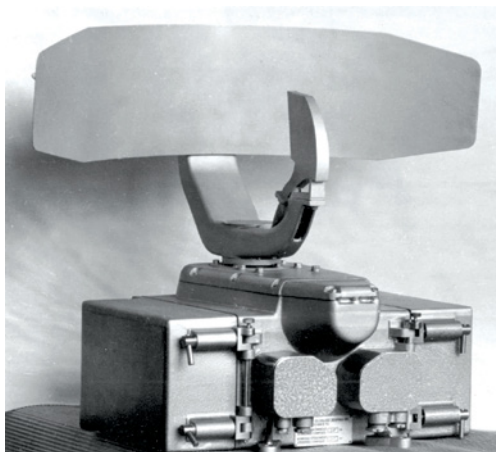
*Pierwsze radarowe
mierniki prędkości*



fiło ponad 100 zestawów, do krajów sojuszniczych dostarczono ponad 30 kompletów oraz podobną liczbę różnych zestawów remontowych. Skala tego przedsięwzięcia była zatem bardzo duża i wiele zakładów w nim zaangażowanych odniosło wymierne korzyści. Trudno oceniać opłacalność całego przedsięwzięcia w skali państwowej, gdyż nie są dostępne dane o rzeczywistych kosztach licencji i szczegółach rozliczeń w ramach *bratniej* współpracy.

Dla załogi RAWAR produkcja licencyjna stacji P-35M była na pewno cennym doświadczeniem. Sama stacja P-35 jest znana na całym świecie, w krajach kupujących uzbrojenie z byłego ZSRR i wysoko ceniona. W wersji technologicznie unowocześnionej, ale praktycznie z tymi samymi parametrami, jako P-37 funkcjonuje w wielu krajach do dziś, a w ostatnich latach pojawiły się koncepcje jej modernizacji i przedłużenia jej życia o dalszych kilka lub kilkanaście lat.

Obok głównej linii rozwojowej, jaką były radary wojskowe, od 1956 rozpoczęto w WZR RAWAR prace nad morskimi radarami nawigacyjnymi. Prace konstrukcyjne prowadzone były pod kierownictwem inż. Janusza Brożyny. Już w 1958 zbudowano pierwszy polski radar nawigacyjny oznaczony symbolem RLM-61, znany także pod nazwą *Bałtyk*.



*Zespół antenowy
radaru RLM-61*



*Wskaźnik
radaru RLM-61*

W tym samym roku radar ten odbył pierwszy próbny rejs do Japonii na statku m/s Kiliński. Zaprezentowany po raz pierwszy na Międzynarodowych Targach Poznańskich radar RLM-61 cieszył się ogromnym zainteresowaniem. RLM-61 pracował w paśmie X i składał się z dwóch części: bloku nadawczo-odbiorczego z niewielką anteną reflektorową i wskaźnika obserwacji okrężnej. Podzespoły mikrofalowe były opracowane przy udziale specjalistów PIT. Antena została zaprojektowana na wzór znanego rozwiązania Decca. Konstrukcja tego radaru stanowiła kompromisowe rozwiązanie do zastosowania zarówno na małych, jak i większych jednostkach pływających, dzięki czemu była dość uniwersalna.

Obiektywnie ocenia się, że pierwsze krajowe radary nawigacyjne, w konfrontacji ze współczesnymi im urządzeniami produkowanymi przez przodujące w tej dziedzinie firmy zagraniczne, cechowały się gorszymi parametrami technicznymi i jakościowymi. Użytkownicy często wyrażali dezaprobatę i ostro stawiali swoje wymagania. Byli na szczęście wśród nich tacy, którzy robili to w życzliwy sposób i aktywnie współpracowali z producentem nad ich doskonaleniem. Do nich należeli kapitanowie żeglugi wielkiej Bohdan Borowski, Wieńczysław Kohn i Bolesław Mikszta oraz inż. Julian Witkowski. W pamięć zapadła wypowiedź kpt. ż. w. B. Mikszty (patrzącego na ekran wskaźnika): *A jednak w tej pralce coś widać!* – co było swoistą pochwałą i zachętą do dalszej pracy. A był to rok 1959, początki prac WZR RAWAR w zakresie radarów okrętowych.

Po zakończeniu prób z radarami RLM-61 i wprowadzeniu niezbędnych ulepszeń rozpoczęto w 1959 seryjną produkcję zmodernizowanych wersji oznaczonych symbolami RLM-61a i RLM-61b mod. Do końca lat 50. w WZR wyprodukowano kilkadziesiąt *Bałtyków* dla polskich statków handlowych. Produkcja ta rozwinęła się w następnej dekadzie. Wtedy także rozpoczęto próby zmierzające do zastosowania radarów serii RLM-61 do ochrony granicy morskiej przez ówczesne Wojska Ochrony Pogranicza (WOP).

W latach 1960. rozpoczęto w WZR RADWAR produkcję radarowych mierników prędkości. Pierwszy taki wyrób, oznaczony symbolem RD-1, opracowany przez Politechnikę Warszawską, został wdrożony do produkcji w 1963. Najnowsze urządzenia tego typu, radary FOTO-RAPID weszły na rynek w latach 2000. Są to produkty zintegrowane, zawierające radarowy miernik i kamerę rejestrującą obraz pojazdu przekraczającego dozwoloną prędkość.

FOTORAPID w wersji stacjonarnej z lampką błyskową pozwalającą fotografować w nocy



ELEKTRONIKA PROFESJONALNA W PIT I RADWAR



Stacja radiolokacyjna Jawor

Urządzenia radiolokacyjne

Równolegle z produkcją w WZR-RAWAR zestawów Nysa-B/C i radarów artyleryjskich typu SON, w 1955 w PIT podjęto prace badawczo-rozwojowe nad radiolokacyjną stacją wstępnego przeszukiwania, mającą służyć głównie do wskazywania celu stacjom artyleryjskim typu SON. W ramach projektu wstępnego zaproponowano realizację stacji w nowym, nie stosowanym wówczas w kraju, paśmie L, co związane było z opanowaniem tego pasma i opracowaniem nowej elektroniki mikrofalowej. Propozycja ta doprowadziła do powstania rodziny stacji Jawor przeznaczonych dla wojska i stacji typu Avia przeznaczonych do kontroli cywilnego ruchu lotniczego.

W 1961 przebadano prototyp i przekazano do produkcji stację Jawor. Oznaczała się ona szeregiem rozwiązań odpowiadających współczesnemu poziomowi techniki krajów rozwiniętych. Stacja pracowała w paśmie L z impulsem 1,5 MW o szerokości 3 μ s i z częstotliwością powtarzania 400 Hz. Zastosowano szybkie przestrajanie w szerokim paśmie częstotliwości, koherentno-impulsowe układy tłumienia ech stałych (TES) z przemienną częstotliwością powtarzania, dla których opracowano rtęciowe linie opóźniające, antenę o rozpiętości 6 m, tyratrony wodorowe w modulatorze i epoksydowe elementy wysokonapięciowe. W odbiorniku zastosowano lampę o fali bieżącej produkcji radzieckiej o współczynniku szumów 9 dB. Magnetrony zastosowane w nadajniku oraz zwieraki NO były opracowane i produkowane w kraju przez Zakład LAMINA. Stacja Jawor była rozmieszczona na jednym wozie typu Tatra 111 z przyczepą do przewozu anteny. Drugi wóz zawierał elektrownię prązołączną. Zasięg stacji wynosił 150 km dla prawdopodobieństwa wykrycia 0,5 samolotu MiG-17.

W 1964 nagrodę Państwową I Stopnia za opracowanie radaru Jawor otrzymał zespół w składzie: prof. S. Kielan, dr inż. J. Kroszczyński, mgr inż. R. Dobies, mgr inż. L. Szmiłowski, dr inż. F. Wiśniewski, mgr inż. Z. Lis, mgr inż. J. Wolnik, mgr inż. J. Szyjko, mgr inż. W. Sielanko, mgr inż. J. Kampa, inż. M. Nierzwicki, płk mgr inż. J. Ścieżka i mjr mgr inż. R. Wieczorek.

Stacja Jawor współpracowała z wysokościomierzem Bogota opracowanym w WZR RAWAR. W latach 1963-69 WZR RAWAR wyprodukowały 66 kompletów odległościomierzy i wysokościomierzy Jawor i Bogota.

*Stacja radiolokacyjna
Jawor M2*



W 1963 MON zamówiło następną wersję stacji, oznaczoną Jawor M, która była opracowana wspólnie przez PIT i RAWAR. Miała ona zwiększoną moc impulsu sondującego, a w odbiorniku zastosowano lampę o fali bieżącej produkcji krajowej o współczynniku szumów 6 dB. Zastosowano również antenę o większej, 9-metrowej rozpiętości. Zasięg stacji wynosił 180 km dla prawdopodobieństwa wykrycia 0,5 samolotu MiG-17. Rozmieszczenie aparatury na samochodach było podobne jak w stacji Jawor. Stacja współpracowała z wysokościomierzem Bogota M. Zawierała 1012 lamp próżniowych, 381 tranzystorów, 1464 elementów półprzewodnikowych. Prototyp stacji wykonano w 1966, a w 1967

Komisja Państwowa zakończyła badania. W ciągu kilku lat wyprodukowano kilkadziesiąt kompletów stacji Jawor M.

W 1967, za opracowanie urządzenia radiolokacyjnego Jawor M, nagrodę I stopnia MON otrzymał zespół pracowników PIT i RADWAR w składzie: mgr inż. T. Groszyk, inż. M. Migdalski, mgr inż. H. Wojtowicz, mgr inż. L. Kiernożycki i inż. L. Niedziński.

W 1971 zakończono w PIT prace nad prototypem stacji Jawor M2. Dzięki zastosowaniu anteny o rozpiętości 16 m, wzmacniacza amplitronowego w torze nadawczym i wzmacniaczy parametrycznych o małym współczynniku szumów w torze odbiorczym, uzyskano zwiększenie zasięgu do 350 km dla prawdopodobieństwa wykrycia 0,5 samolotu MiG-17. W stacji tej wprowadzono system *diversity* częstotliwości, autokoherentny i różnicowy TES, szybkie przestrajanie i inne układy przeciwwzakłóceńowe.

Stacja Jawor M2 była opracowana w wersji przewoźnej rozmieszczonej na 3 samochodach Tatra z przyczepami (z anteną o rozpiętości 16 m) i w wersji mobilnej o krótkim czasie rozwijania (z anteną o rozpiętości 9 m). Produkowano ją w WZR RAWAR przez szereg lat dla potrzeb krajowych i na eksport. W części produkowanych urządzeń wprowadzono analogowo-cyfrowy blok obróbki sygnałów oraz inne zmiany i modyfikacje, odpowiednio do postępu techniki i wymagań odbiorców.

W 1974 Nagrodę Państwową I Stopnia za opracowanie i wdrożenie radaru Jawor M2 otrzymał zespół w składzie: prof. dr hab. J. Kroszczyński, mgr inż. M. Gąsieniec, doc. dr inż. T. Kątki, inż. B. Jankowski, inż. L. Niedziński, doc. A. Kłoczek, inż. R. Ośko, mgr inż. H. Wojtowicz, mgr inż. L. Sokołowski i prof. dr inż. F. Wiśniewski.

Wysokościomierze radiolokacyjne – lata 1950-1970

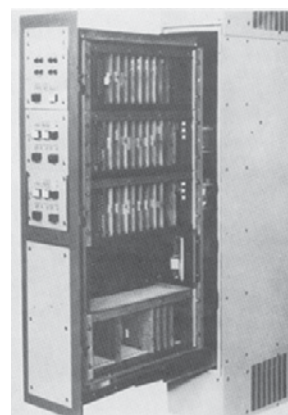
Pierwszym krajowym wysokościomierzem była opracowana w WZR RAWAR w 1955 stacja Nysa-B, pracująca w paśmie S. W urządzeniu wprowadzono funkcję pelengacji zakłóceń szumowych. Na tym etapie zabrakło tylko funkcji ekstraktora i automatycznego śledzenia, które wymagają techniki komputerowej. Ta jednak wtedy jeszcze nie była dostępna i przyszło czekać dobrych kilka lat, zanim w najprostszej postaci trafiła do polskich radarów.

Nowym rozwiązaniem był także opracowany w WZR RAWAR wskaźnik radiolokacyjny panoramiczny WRP-10, w którym zastosowano cyfrowe generatory przebiegów odchylających, a w późniejszych wersjach wprowadzono także elementy zobrazowania syntetycznego.

W 1963 zakończono badania wysokościomierza Bogota, stanowiącego modernizację radaru Nysa B. M.in. zastąpiono iskiernik w modulatorze przełącznikiem tyratronowym, wprowadzono lampę o fali bieżącej do układów odbiorczych i zastosowano we wskaźniku RH kineskop o średnicy 30 cm. Dzięki modernizacji uzyskano zasięg 240 km dla samolotu Il-28 i zasięg 190 km dla samolotu MiG-17 (dla prawdopodobieństwa wykrycia 0,5). Dokładność pomiaru wysokości wynosiła 700 m na odległość 140 km. Czas obrotu kabiny antenowej o 180° zmniejszono do 7 s. W 1964 zespół w składzie: inż. F. Całko, mgr inż. J. Machowski, inż. A. Łotyszonok, inż. I. Bernatowicz i ppłk mgr inż. S. Marek otrzymał Nagrodę Ministra Obrony Narodowej I Stopnia za opracowanie radaru Bogota.

W wyniku dalszych prac opracowano wysokościomierz Bogota M, przewidziany do współpracy ze stacją Jawor M. Wprowadzono w nim system tłumienia ech stałych, wskaźnik RH z elektronowymi liniami wysokości i prostokątnym zobrazowaniem. Wahania anteny w elewacji były regulowane od 1 do 10 wahnięć na minutę w kącie 0 do 30°. Obroty w azymucie regulowane były od 0,5 do 2 obr./min., możliwe było też sektorowanie wokół wybranego azymutu. Dokładność określenia wysokości bezwzględnej wynosiła 500 m na odległości 140 km, a wysokości względnej – 200 m. Antena miała rozmiary 1,7 x 7,0 m oraz szerokość wiązki w azymucie 4,2° i w elewacji 1,2°. W wysokościomierzu zastosowano wysokostabilną heterodynę. Uzyskano współczynnik szumów odbiornika mniejszy od 7,5 dB. Pobór mocy (bez ogrzewania) wynosił 7 kW.

Kolejnym wysokościomierzem opracowanym w WZR RAWAR, w 1972, było urządzenie Nida. Radar pracował w systemie *diversity* częstotliwości i miał dwa nadajniki



Blok odbiorczy typu KUN stosowany w stacji Jawor



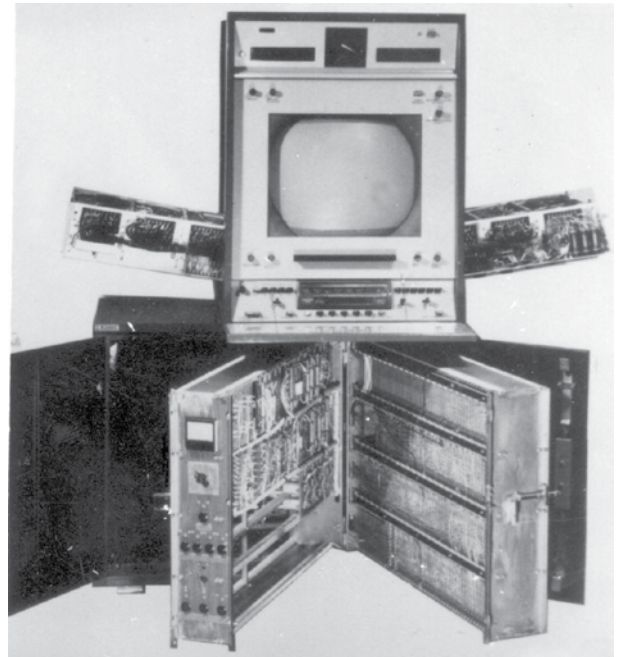
Wysokościomierz Bogota



Wysokościomierz Nida



Wysokościomierz Bogota M



Wskaźnik RH wysokościomierza Nida

magnetronowe na lampach MI-29. Na wejściu odbiornika znajdowały się wzmacniacze na lampach o fali bieżącej o współczynniku szumów 6 dB. Zastosowano szereg układów przeciw zakłóceniom czynnym i biernym, w tym TES koherentny, autokoherentny i różnicowy oraz układy cyfrowej współpracy z zestawem automatyzacji procesów zdejmowania i przetwarzania informacji powietrznej. W skład wysokościomierza wchodziło 5 jednostek jezdnych. Wysokościomierz był seryjnie produkowany w znacznych ilo-

ściach. W 1970 Nagrodę Państwową II Stopnia za opracowanie radarów Jawor M i Bogota M otrzymał zespół w składzie: inż. M. Nierzwicki, mgr inż. B. Deniszczuk, mgr inż. I. Grzenkowicz, inż. L. Niedziński, mgr inż. T. Groszyk, mgr inż. L. Kiernożycki, mgr inż. H. Wojtowicz i mgr inż. W. Sielanko.

W 1977 pojawiła się możliwość realizacji potężnego kontraktu eksportowego. Zamawiającym miała być Libia. Genezą tego kontraktu była wizyta przywódcy libijskiego Muamara Kaddafiego w 1978. Na podwarszawskim poligonie zorganizowano wtedy wielki pokaz różnego typu uzbrojenia, łącznie ze strzelaniem raketowym *powietrze-zemia* ze śmigłowca. Odpowiednio wyeksponowane były także urządzenia radarowe i systemy dowodzenia. Pułkownik Kaddafi zwiedził wystawę w towarzystwie Edwarda Gierka. Już w następnym roku został podpisany pierwszy kontrakt na dostawę radarów do Libii. Kontrakt obejmował zestawy Jawor M2 z wysokościomierzem Nida oraz radary niskiego pułapu Narew.

O ile radary Narew kwalifikowały się do pokazania za granicą, to zarówno Jawor M2, jak i Nida wymagały znacznej modernizacji, przede wszystkim w zakresie obróbki sygnału. Pod tym względem były to urządzenia bardzo odstające od poziomu światowego, bo właściwie nie zmienione od czasów Jawora-M: z całkowicie lampowymi układami odbiorczymi, z układem TES na lampach pamięciowych. Zasadnicza modernizacja obu stacji polegała na wstawieniu do nich analogowo-cyfrowego bloku obróbki sygnału (AC-BOS) adaptowanego z urządzenia Narew. Było to rozwiązanie bardzo korzystne nie tylko pod względem technicznym, ale także logistycznym – we wszystkich dostarczanych stacjach występował ten sam blok, co bardzo ułatwiało gospodarkę częściami zapasowymi. Modernizację stacji Jawor M2 i Nida przeprowadzono w 1980. Ten kontrakt zapoczątkował długą i korzystną współpracę z Libią, trwającą praktycznie przez całą dekadę lat 1980. Obejmowała ona dostawy kolejnych transz urządzeń radiolokacyjnych oraz sprzętu im towarzyszącego, wyjazdy specjalistów do prowadzenia szkoleń i czasowej obsługi urządzeń, dostawy części zapasowych itp. Współpraca objęła swym zasięgiem wiele przedsiębiorstw przemysłu związanego z radiolokacją. I choć w tamtych czasach ani RAWAR, ani inne przedsiębiorstwa nie mogły występować jako podmioty w handlu zagranicznym (partnerem dla strony libijskiej był Cenzin, jako reprezentant polskiego MSZ), uzyskane środki dewizowe zasilły konta wielu przedsiębiorstw i przyniosły im bardzo wymierne korzyści, w tym w postaci inwestycji modernizacyjnych.

Radary do kontroli ruchu lotniczego (ATC)

W 1958 zainstalowano na lotnisku Okęcie w Warszawie pierwszy w kraju radar do kontroli ruchu lotniczego typu Avia A. Radar ten pracował na fali ok. 23 cm z mocą impulsową ok. 600 kW. W nadajniku zastosowano magnetron impulsowy produkcji krajowej. Antena paraboliczna miała rozpiętość reflektora 12 m. Urządzenie było wyposażone w układy tłumienia ech stałych i dorównywało parametrami współczesnym stacjom zagranicznym. Zasięg radaru wynosił ponad 200 km. W czasie długoletniej eksploatacji, trwającej ok. 50 tys. godzin, zebrano bogate doświadczenie, które wykorzystano przy kolejnych rozwiązaniach radarów dla lotnictwa cywilnego.

Już w roku 1959 II nagrodę w Konkursie *Życia Warszawy* Mistrz Techniki – Warszawa 1959 za radar Avia A otrzymał zespół specjalistów PIT w składzie: mgr inż. J. Kroszczyński, inż. M. Szternfeld, mgr inż. Kłoczek, M. Stobnicki, mgr inż. J. Wolnik, inż. R. Dobies, inż. B. Jankowski i mgr inż. K. Mangel.

W 1967 opracowano w PIT nowy radar kontroli obszaru typu Avia B, pracujący w tym samym paśmie 23 cm. Wprowadzono w nim system podwójnego *diversity* częstotliwości oraz regulowaną liniową lub kołową polaryzację. Radar wyposażony był w układy TES z przemienną częstotliwością powtarzania. Moc w impulsie wynosiła 1,5 MW przy długości impulsu 3 μ s. Automatyczny układ regulacji częstotliwości zapewniał podstrajanie magnetronu do kwarcowej heterodyny. W odbiorniku zastosowano wzmacniacz parametryczny. Zasięg radaru przekraczał 240 km.

Radary AVIA-B zainstalowane zostały w Poznaniu oraz w latach 1969, 1970 w NRD w Cottbus i Neubrandenburg, a w 1973 zainstalowano radar Avia BM w Puławach. Pod-

Radary Avia A





Montaż anteny radaru
Avia C w Czechosłowacji

kreślić należy, że radary zainstalowane w NRD były skutecznie eksploatowane jeszcze w 1991, a więc po 20 latach od przekazania użytkownikowi.

W kolejnych latach radary do kontroli cywilnego ruchu lotniczego były opracowywane w PIT i produkowane w WZR-RAWAR. W latach 1970. i 1980. takie instytucje jak PIT czy Radwar (a w zasadzie żadna inna) nie mogły posiadać własnego konta dewizowego, co znacznie utrudniało, a wręcz uniemożliwiało import podzespołów i eksport urządzeń. Eksport urządzeń i import podzespołów był scentralizowany: odbywał się za pośrednictwem central handlu zagranicznego. Te zaś, działając biurokratycznie, nie dawały możliwości dotrzymania harmonogramów zawartych w umowach międzynarodowych. Przykładowo, zakup paska zębatego o wartości 15 USD do plotera trwał co najmniej rok. Pokonując wiele trudności, ówczesny dyrektor Radwaru inż. Marian Migdałski doprowadził w 1979 do powstania Przedsiębiorstwa Komplektacji

i Dostaw Elektroniki Profesjonalnej (PKiDEP), które otrzymało status Centrali Handlu Zagranicznego, a zatem miało jako jedyne przedsiębiorstwo w Polsce konto dewizowe. Dyrektorem PKiDEP został inż. Stanisław Królikowski, pełniący dotychczas funkcję głównego inżyniera w WZR-RAWAR. Zadaniem przedsiębiorstwa była kompleksowa obsługa kontraktów zagranicznych zawieranych przez WZR-RAWAR i PIT. Decydującym impulsem, który przesądził o tej decyzji ówczesnego premiera był kontrakt *libijski* na dostawę radarów i systemów dowodzenia za kilkadziesiąt milionów dolarów. W przypadku eksportu radarów kontroli ruchu lotniczego, PKiDEP zapewniał instalację radarów z antenami na lotniskach, budowę budynków, dróg dojazdowych i pełną infrastrukturę. Testowanie aparatury elektronicznej i mikrofalowej oraz uruchomienie radarów wykonywali specjaliści z PIT.

W latach 1978-1981 przekazano do eksploatacji całkowicie nowe wersje radarów kontroli obszaru i kontroli rejonu lotniska – Avia C, Avia D i Avia W. Radary te pracowały w tym samym paśmie częstotliwości (L), co poprzednie urządzenia. Doświadczenie krajowe i zagraniczne potwierdziły w pełni zalety tego pasma dla radarów średniego i większego zasięgu. Zastosowano również system *diversity* częstotliwości, przy czym dla pełnego wykorzystania zalet tego systemu w radarze większego zasięgu (Avia C) dodano trzeci, rezerwowy kanał nadawczo-odbiorczy, zapewniający pracę w systemie podwójnego *diversity* częstotliwości, nawet w przypadku awarii jednego z kanałów.

W nadajniku zastosowano magnetrony o mocy impulsowej 1,5 MW przy szerokości impulsu 3 μ s, wystarczające do uzyskania wymaganego pokrycia przestrzeni. Wysoka

stabilność nadajnika, wyposażonego w modulatory ze stabilizacją napięcia impulsu, zapewniała dobrą pracę systemu TES. W celu polepszenia wykrywania ech na tle odbić od obiektów naziemnych zastosowano dwuwiązkowy system antenowy z charakterystyką antenową ostro podciętą od strony ziemi. Antena radaru to reflektor paraboliczny o rozpiętości 13 x 9 m zasilany 2 tubami. Na wejściu układów odbiorczych wprowadzono wzmacniacz parametryczny, zastąpiony później wzmacniaczem tranzystorowym.

Radar Avia C zapewniał wykrywanie obiektów o powierzchni skutecznej 5 m² z odległości do 300 km przy pułapie do 25 km, kącie pokrycia w elewacji do 45° i częstotliwości odnawiania informacji co 6 s (10 obr./min.) z prawdopodobieństwem równym 0,8.

Kolejnym radarem do kontroli ruchu lotniczego było

Instalacja radarów AVIA

1958	– Avia A	– Warszawa Okęcie
1968	– Avia B	– Poznań
1969	– Avia B	– Cottbus, NRD
1970	– Avia B	– Neubrandenburg, NRD
1973	– Avia BM	– Pułtusk
1978	– Avia D	– Berlin Schönefeld, NRD
1981	– Avia C	– Buchtov - Kopec, CSRS
1984	– Avia C	– Velky Javornik – CSRS
1984-1988	– Avia D	– Hawana, Kuba
1984	– Avia C	– Poznań
1984-1991	– Avia W	– seria dla Wojska Polskiego
1988	– Avia CM	– Praha Jih, CSRS
1990	– Avia CM	– Pułtusk
1990	– Avia D	– Drezno – NRD/RFN
1991	– modernizacja Avia C	– Poznań



*Stacja Avia D na lotnisku
Berlin-Schönefeld*

urządzenie Avia D. Stacja pracowała w tym samym paśmie częstotliwości, co Avia C. Moc magnetronu w impulsie wynosiła 0,8 MW przy szerokości impulsu 1,2 μ s i średniej częstotliwości powtarzania ok. 1000 Hz (przy 5-krotnej przemienności). Przy 15 obr./min. zasięg stacji wynosił ponad 100 km, a pułap 10 km przy wykrywaniu pojedynczym kanałem obiektu o powierzchni skutecznej 2 m². Średni okres międzyawaryjny szacowany jest na 800 godzin. W stacji zastosowano dwa kanały nadawczo-odbiorcze. Antena ma reflektor o rozmiarach 12 x 4 m. Radary Avia C i Avia D są przystosowane do współpracy z radarem wtórnym.

Wprowadzono analogowo-cyfrowy blok obróbki sygnałów AC BOS, co było wtedy wydarzeniem przełomowym. Na rozwiązaniach tego bloku wyszkoliło się wielu konstruktorów i specjalistów wojskowych, co spowodowało silną ekspansję techniki cyfrowej w radiolokacji. W swych kolejnych odmianach, przystosowanych do innych warunków pracy, AC BOS znalazł na początku lat 1980. zastosowanie w ulepszonych, eksportowych wersjach stacji radiolokacyjnych bazujących na urządzeniach Jawor, Nida i Narew.

W celu zapewnienia wysokiej niezawodności radaru wprowadzono:

- rezerwowe łożysko antenowe,
- podwójne mechanizmy napędu anteny,
- modułową konstrukcję aparatury,
- rozbudowane układy kontrolno-pomiarowe,
- system czasosteru z automatycznie włączającą się rezerwą.

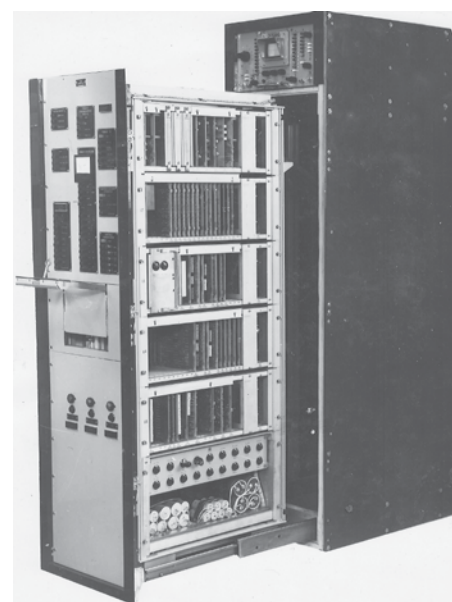
Informacja radiolokacyjna zobrazowana została na wskaźniku panoramiczno-syntetycznym z lampą obrazową o średnicy 45 cm, z pulpitem wyposażonym w uniwersalną klawiaturę alfanumeryczną. Aparaturę nadawczo-odbiorczą umieszczono w 6-metrowych kontenerach typu ICC, specjalnie do tych celów adaptowanych i klimatyzowanych. Antena wraz z kabiną podantenową została umieszczona na wieży o wysokości ok. 20 m. Sygnały radiolokacyjne z aparatury odbiorczej umieszczonej obok wieży antenowej przekazywane były do sali techniczno-operacyjnej kablami współosiowymi na odległość do 5 km.

W 1978 radar Avia D zainstalowany został w Berlinie na lotnisku Schönefeld. Jednokanałową wersję radaru Avia D stanowi Avia W, dostarczona na lotniska wojskowe. Stacja ta była seryjnie produkowana w WZR RAWAR w znacznych ilościach. W latach 1981 i 1984 radary Avia C zostały zainstalowane w Czechosłowacji (Buchtov Kopec, Valky Javornik), a w 1984 w Poznaniu. Radary Avia D dostarczono w 1984 do Hawany na Kubie, gdzie zostały oddane do eksploatacji w 1988. Wykonano również serię radarów typu Avia D dla odbiorcy specjalnego. W 1990 przekazano do eksploatacji radar Avia D w Dreźnie.

W 1986 w ramach modernizacji zainstalowanego w Berlinie radaru Avia D wprowadzono nowe rozwiązania obejmujące:



Stacja Avia CM w Pułtusk

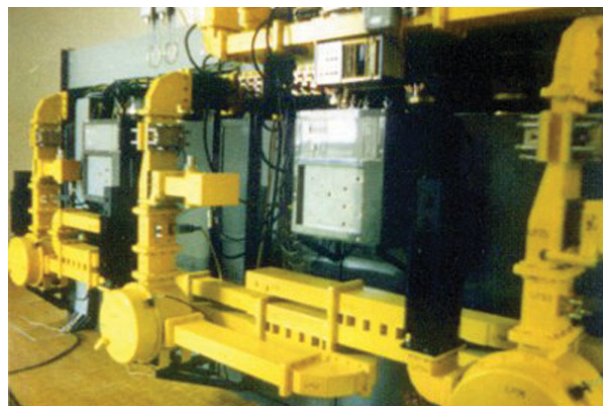


*Blok cyfrowej obróbki
sygnałów*



*Kabina
operatora
stacji Avia CM
w wieży pod
anteną*

*Falowodowy
trakt nadaw-
czo-odbiorczy
stacji Avia CM*



- adaptatywne sterowanie rodzajami pracy w oparciu o mapy zakłóceń,
- *diversity* polaryzacji,
- kanał meteorologiczny, wytwarzający ciągle zobrazowanie ech pogodowych z oznaczeniem obszarów dużej intensywności.

W 1988 zainstalowano radar kontroli obszaru Avia CM w Czechosłowacji (Praha Jih). W stosunku do poprzednich rozwiązań, w radarze tym wprowadzono nowy, w pełni adaptacyjny system odbioru i przetwarzania sygnałów. Wprowadzenie systemu istotnie poprawiło możliwości wykrywania małych samolotów na tle silnych odbić w terenie górzystym. W radarze Avia CM wprowadzono również kanał meteorologiczny z bardzo dobrą czułością (25 dBz).

Avia CM została również zainstalowana w 1990 w Pułtusk. Posterunek w Pułtusk został wyposażony w monoimpulsowy radar wtórny Westinghouse i ekstraktor radaru pierwotnego Telefunkena. Skorelowane meldunki z radaru pierwotnego i wtórnego są przesyłane wąskopasmową linią radiową do centrum kontroli ruchu lotniczego w Warszawie.

Przez ponad 30 lat w pracach nad rozwojem radarów kontroli ruchu lotniczego brało udział bardzo wielu pracowników PIT i RADWAR. Prowadzili te tematykę m.in.: doc. inż. L. Szmilewski, inż. Nierzwicki, doc. mgr inż. S. Turczyński, dr inż. W. Klembowski, mgr inż. J. Pietrzak, mgr inż. W. Niemyjski i Roman Dufrêne. Wśród najbardziej zaangażowanych pracowników PIT można wymienić także mgr. inż. R. Jankowskiego i inż. Z. Piotrkiewicza

Radar do kontroli strefy przybrzeżnej i powierzchni morza N 23

Radary do kontroli morskiej strefy przybrzeżnej powinny spełniać dwie funkcje: główna obejmuje wykrywanie i śledzenie obiektów nawodnych, pomocnicza to obserwacja nisko lecących celów. Radary tego typu są instalowane na umocnionych punktach obserwacyjnych Marynarki Wojennej. Dla zwiększenia zasięgu wykrywania montowane są na wieżach o wysokości kilkudziesięciu, zwykle ok. 20 metrów. Efektywną wysokość anteny może zwiększać wysokość brzegu. Z kolei radary do kontroli powierzchni morza, oprócz funkcji wykrywania okrętów, statków, łodzi rybackich, tratw ratunkowych, lokalizacji rozbitków wyposażonych w transpondery, pełnią też funkcję monitorowania zanieczyszczeń powierzchni morza, na przykład rozlewiska ropy, zrzuty śmieci i niebezpiecznych ładunków, ale też obserwacji pokrywy lodowej morza i zatok. Radary tego typu, w wersji zminiaturyzowanej, instalowane są na statkach powietrznych.

Typowym przedstawicielem tej grupy urządzeń jest radar brzegowy N 23 opracowany w latach 1980. i produkowany w CNPEP RADWAR. N 23 powstał na zamówienie Dowództwa Marynarki Wojennej i był przeznaczony do wykrywania obiektów nisko lecących i nawodnych. Była to kontynuacja wspólnego opracowania WZR RAWAR i PIT po doświadczeniach modelu użytkowego, głównie na okręcie badawczym ORP *Tur*. Prototyp miał nowy blok odbiornika opracowany przez konstruktorów RAWAR, udoskonalony w stosunku do modelu blok nadajnika i nieznacznie zmodyfikowaną antenę. Udziałem PIT był system wzbudzenia nadajnika i system obróbki sygnału. Po pozytywnych wynikach badań państwowych prototypu, w 1982 wdrożono do produkcji w WZR komplet aparatury tego urządzenia. Była to historycznie pierwsza wersja z rodziny N 23, zakwalifikowana jako wyposażenie MW. Do 1988 na brzegowych punktach obserwacyjnych Marynarki Wojennej wzdłuż polskiego wybrzeża Bałtyku zainstalowano 9 radarów N 23. W celu zwiększenia zasięgu wykrywania obiektów nawodnych radar ten jest instalowany na wieżach o wysokości ok. 25 m, a niektóre instalacje na wysokim brzegu mają efektywną wysokość anteny ponad 50 m. Przy takiej instalacji stacja może wykrywać średniej wielkości jednostki pływające na odległościach do 25 Mm (ponad 46 km).

W początkowym okresie aparatura elektroniczna stacji N 23 była całkowicie zunifikowana z aparaturą radaru mobilnego N 21. Wprowadzono tylko minimalne modyfikacje obróbki sygnału związane ze specyfiką radaru brzegowego, pozwalające wykrywać obiekty nawodne. Informacja o obserwowanych obiektach miała

Radar brzegowy N 23



być przekazywana z radaru do zautomatyzowanego systemu dowodzenia.

Zastosowany tu najprostszy komputer śledzący BMP-23 bazował na procesorze Intel 8080. Każdy z posterunków pozwalał śledzić prostolinijne trasy obiektów, wymagając interwencji operatora (korekty trasy) po każdym manewrze. Pożytek z *inteligencji* tego komputera był zatem niewielki, ale dane o obserwowanych obiektach uzyskiwano w postaci cyfrowej. Pozwoliło to przetestować radiową transmisję danych między radarem a punktem dowodzenia. Przekazując dane z BMP-23 przez modem transmisyjny do radiostacji uzyskano pozytywne próby transmisji danych przez Zatokę Gdańską – z cypla helskiego, gdzie zainstalowano pierwszą stację N 23, do Gdyni. Radar jest przeznaczony do prowadzenia ciągłej obserwacji powierzchni morza. Mając na wieżach do dyspozycji radar klasy Nogat i N 23, ich użytkownicy uznali, że mogłyby one pracować po połowie należnego czasu. Dla nowego nadajnika koherentnego z LFB i amplitronem kilkaset godzin pracy regularnie w każdym miesiącu okazało się być próbą trudną do przetrwania. Stacje N 23 z tego powodu nie miały uznania wśród oficerów MW bezpośrednio odpowiedzialnych za obserwację, a załogi punktów obserwacyjnych musiały polegać raczej na starszych Nogatach. Sytuacja odmieniła się po przeprowadzeniu w latach 1990. modernizacji urządzeń N 23, która została podporządkowana dwóm zasadniczym celom: poprawie niezawodności i jakości wykrywania na tle odbić od morza. Przeprowadzona w dwóch etapach modernizacja spełniła zakładane cele, a oprócz tego przyniosła ogólne unowocześnienie urządzenia. Poprawę niezawodności uzyskano głównie przez *odciążenie* końcowego stopnia nadajnika, który nie jest niezbędny do pełnienia zasadniczego zadania punktu obserwacyjnego MW – wykrywania obiektów nawodnych. Zmniejszenie mocy nadajnika skompensowano obniżeniem współczynnika szumów odbiornika o co najmniej 4 dB. Zastosowane rozwiązanie umożliwiało pracę radaru z wyłączonym amplitronem; potencjał zasięgowy samego stopnia LFB był dostateczny do wykrywania obiektów nawodnych, jak również obiektów powietrznych w niskiej strefie. Ze względu na niezawodność odnowiono rozwiązania krytycznych pod tym względem podsystemów, korzystając z dostępu do nowoczesnej bazy elementowej:

- wprowadzono w pełni automatyczne śledzenie tras obiektów powietrznych i nawodnych, oparte na wykorzystaniu typowego komputera osobistego (PC) połączonego łączem szeregowym z pozostałą aparaturą przetwarzania sygnału. Aby jednocześnie wykrywać obiekty powietrzne i nawodne, w urządzeniu N 23 zastosowano specjalne układy przetwarzania sygnałów dla obu kategorii obiektów, tworzące dedykowany kanał wykrywania obiektów nawodnych na tle odbić od fal morskich;

- wprowadzono oddzielne układy śledzenia tras obiektów powietrznych i nawodnych, wykorzystujące algorytmy śledzenia dostosowane do różnych parametrów ruchu tych obiektów.

W celu wygodnego śledzenia sytuacji powietrznej i nawodnej radar został wyposażony w kolorowy wskaźnik rastrowy, na którym różnymi kolorami zobrazowane są symbole obiektów powietrznych i nawodnych oraz pozostałe elementy. N 23 był pierwszym radarem wojskowym z kolorowym zobrazowaniem rastrowym. Dostosowano format transmisji danych do aktualnych potrzeb MW. Uzyskaną poprawę niezawodności można było praktycznie zweryfikować dzięki temu, że aż 9 stacji N 23 było w intensywnej eksploatacji. Łatwo więc było zebrać dostatecznie dużo materiału do oceny niezawodności. Zebrane przez kilka miesięcy dane pokazały wynik imponujący: średni okres międzyawaryjny przekroczył 700 godzin – wielkość przedtem znaną jedynie z ulotek reklamowych sprzętu zagranicznego.



Zobrazowanie na wskaźniku radaru N 23

Radary nawigacyjne, nowa generacja

Lata 1970. to przede wszystkim okres boomu w produkcji radarów nawigacyjnych. Jeszcze w 1967 rozpoczęto prace projektowe nad drugą generacją tych urządzeń, oznaczoną symbolem TRN, gdzie T oznaczało *tranzystorowy*. Najpopularniejsze zestawy to TRN-311/312, TRN-423/424 i TRN-523/524, różniące się rozmiarem ekranu wskaźnika, mocą nadajnika i rozpiętością anteny, stosownie dla potrzeb użytkownika. Parametry tych radarów były znacznie lepsze od ich poprzedników, oznaczonych symbolem RN. Odznaczały się bardzo dobrą rozróżnialnością azymutalną, miały funkcję zobrazowania rzeczywistego TM (*ang.: True Motion*), a przy tym były znacznie bardziej niezawodne. Radary rodziny TRN były produkowane w latach 1970-1980 i eksportowane do wielu krajów. Największym odbiorcą zagranicznym była Niemiecka Republika Demokratyczna.

Jednocześnie z początkiem dekady lat 1970. rozpoczęto opracowywanie trzeciej generacji radarów nawigacyjnych – rodziny oznaczonej symbolem SRN. S znaczyło *scalony*, a więc zbudowany na układach scalonych – symbolu nowoczesności tamtych lat.

Pierwszym radarem nowej generacji był SRN-623/624. Jego nadajnik mógł generować bardzo wąskie impulsy (50 ns), co pozwoliło uzyskać wysoką rozróżnialność w odległości (ok. 12 m). Do precyzyjnego pomiaru odległości zastosowano tzw. ruchomy krąg odległości z odczytem cyfrowym, a pomiar azymutu był wspomagany elektronicznie wyświetlaną linią namiarową. Takie właśnie nowości były możliwe dzięki układom scalonym, które stały się dostępne w następstwie polityki otwarcia prowadzonej przez ówczesne władze. Prototyp radaru SRN-623/624 był wykonany jeszcze na układach scalonych importowanych z francuskiej SESCOSEM, później zastąpionych przez rodzimą produkcję licencyjną. W 1974 wykonano serię informacyjną 5 radarów serii SRN-600, aby następnie przez 10 lat – do 1983 – wyprodukować ok. 650 tych urządzeń.

Radary serii SRN-600 cieszyły się ogromnym powodzeniem wśród użytkowników. W tym czasie PIT miał praktycznie monopol na produkcję radarów nawigacyjnych wśród krajów RWPG. Stocznie Bułgarii, Rumunii, a szczególnie NRD wyposażały nowo budowane jednostki pływające niemal wyłącznie w radary nawigacyjne z napisem RAWAR na antenie.

Obok dużych i skomplikowanych radarów serii SRN-600 karierę robiły radary najmniejsze – oznaczone symbolem SRN-200. Zaprojektowano je z myślą o najmniejszych jednostkach pływających, takich jak łodzie patrolowe, holowniki i jachty. Podstawowym wymogiem przy ich projektowaniu był mały pobór mocy (ok. 100 W) przy zasilaniu napięciem stałym 12 V. Były to urządzenia bardzo udane, czego dowodem jest skala ich produkcji – od 1977 sprzedano ponad 2 tys. radarów SRN-600 w różnych wersjach (SRN-206/207/207A/207M), a niewielkie dostawy były realizowane jeszcze na początku lat 1990. Około połowę z tej liczby wyeksportowano.

Radary dla małych jednostek pływających



Sukcesem były także radary serii SRN-300. Unifikacja zespołów elektroniki wskaźnika pozwoliła na wykorzystanie stosowanych już wcześniej (w radarach SRN-600) podzespołów na płytkach drukowanych, co spowodowało, że były one najtańsze spośród radarów nawigacyjnych produkowanych w WZR RAWAR. Od uruchomienia produkcji w 1976 w sumie sprzedano ok. 600 tego typu radarów, w tym ok. 150 wyeksportowano, głównie do NRD. Jeden z prototypów tego radaru odbył próbny rejs eksploatacyjny na żaglowcu *Dar Pomorza* na Wyspy Kanaryjskie.

Projekty radarów morskich realizowane były przez zespół specjalistów, do których należeli m.in. dr inż. M. Hilsberg, inż. A. Pęczkowski, mgr inż. J. Grzelecki, mgr inż. L. Pawłowski, mgr inż. S. Mróz, mgr inż. W. Morawski, mgr inż. Henryk Dydycz, mgr inż. W. Zalewski, inż. M. Kierszenk i konstruktor z OG PIT, mgr inż. Franciszek Jurkiewicz.

Okrętowy radar nawigacyjny N 25

Radar okrętowy N 25 produkcji RADWAR był kolejną aplikacją rodziny radarów niskiego pułapu identyfikowanej pod wspólnym N 2. Parametry zasięgowe tego urządzenia i aparatura elektroniczna nie różniły się od wersji brzegowej N 23. Dodatkowymi elementami w wersji okrętowej były blok stabilizacji płaszczyzny obrotów anteny, system stabilizacji zobrażenia względem kierunku północy i układ kompensacji prędkości okrętu w systemie filtracji dopplerowskiej. Ze względu na znaczną masę anteny z jej napędem i dodatkowym mechanizmem stabilizacji radar N 25 nadawał się na odpowiednio duże jednostki. Prototyp został zamontowany i poddany badaniom na trałowcu.

W systemie stabilizacji płaszczyzny obrotów anteny kompensację przechyłów okrętu zapewniały dwa silniki prądu stałego pochylające za pośrednictwem śrub toczonej dwie ramy wzajemnie prostopadłe wahliwe. Umieszczony w kabinie radaru blok serwonapędu wytwarzał napięcia zasilające silniki na podstawie sygnałów błędów, które powstawały przez porównanie kąta pochylenia platformy anteny w dwóch płaszczyznach względem napięcia odniesienia (poziomu) dostarczanego z żyroskopu okrętowego. Stabilizacja poziomego położenia płaszczyzny obrotów anteny była zachowana z dokładnością lepszą niż 1° , przy zakresie przechyłów poprzecznych do $\pm 15^\circ$ i przechyłów wzdłużnych do $\pm 7^\circ$. Konstrukcja systemu stabilizacji anteny była poważnym wyzwaniem ze względu na wymaganą dynamikę całego układu oraz duże masy pochylane i duże momenty bezwładności części obrotowych.

W długotrwałych badaniach na Bałtyku radar N 25 pokazał swoją zdolność do pracy w warunkach okrętowych, jednak nie znalazł szerokiego zastosowania ze względu na skromne możliwości Marynarki Wojennej w zakresie budowy nowych okrętów. Oprócz prototypu został zbudowany jeden egzemplarz produkcyjny, który został zamówiony przez Marynarkę Wojenną NRD i zainstalowany na jej okręcie w 1988.



Antena radaru okrętowego N 25 na platformie kompensującej przechył okrętu

Mobilne radary pełnokohorentne typu NUR

Zgodnie z kierunkiem rozwoju techniki radiolokacyjnej w połowie lat 1970. podjęto w PIT, a nieco później w WZR RAWAR, prace rozwojowe nad nową rodziną mobilnych stacji radiolokacyjnych oznaczonych literą N. Radary tej rodziny stanowią trzecią generację urządzeń radiolokacyjnych opracowanych w kraju. Zasadniczą cechą rozwiązań tej generacji są pełno-kohorentne układy nadawczo-odbiorcze z nadajnikiem zbudowanym w układzie wzmacniacza mocy na lampach o fali bieżącej i amplitronach. W stacjach tego typu stosowany jest sygnał sondujący z dodatkową modulacją częstotliwości wewnątrz impulsu i układy kompresji impulsu na akustycznych liniach dyspersyjnych, opracowanych w WAT. Radar może pracować zarówno na stałej częstotliwości, jak i z przestrajaniem od impulsu do impulsu lub od paczki do paczki impulsów w szerokim paśmie częstotliwości. W układach odbiorczych zastosowano cyfrowe układy tłumień ech stałych o podwyższonych parametrach, układy stabilizacji fałszywego alarmu, integratory i korelatory oraz inne układy zwiększające odporność na zakłócenia. Podstawowe zespoły systemu nadawania i odbioru kodowanego impulsu, opracowane w PIT, umożliwiły kompletowanie aparatury dla radarów z kompresją impulsu zarówno w paśmie L, jak i S.

Pierwszym radarem zaliczanym do tej rodziny był opracowany w PIT radar ostrzegawczy N 31 przeznaczony do wykrywania obiektów powietrznych o zasięgu ok. 200 km i pokryciu w wysokości do 27.000 m. Radar opracowano w paśmie L, w dwóch wariantach: mobilnym i stacjonarnym. W wariantcie mobilnym stacja składa się z jednego samochodu z przyczepą-agregatem zasilającym. W wariantcie stacjonarnym przewi-

Radar ostrzegawczy N 31



dziano stosowanie anteny o większej rozpiętości. W nadajniku zastosowano lampy o fali bieżącej w stopniach wejściowych i wzmacniacze amplitronowe w stopniach końcowych dużej mocy. Przewidziano możliwość pracy na jednej częstotliwości, jak również w systemie *diversity* oraz z przestrajaniem od impulsu do impulsu.

Radar ma rozbudowane układy przeciwzakłóceniami zapewniające wysoką odporność na zakłócenia bierne i czynne. Przystosowany jest do automatycznej współpracy z oddzielnym wysokościomierzem radiolokacyjnym. Zapewniona jest bezobsługowa praca urządzenia przy zdalnym sterowaniu z stanowiska wynośnego.

Głównym projektantem radaru był dr inż. Wiesław Klemkowski, a zastępcą do spraw mechanicznych inż. Roman Ośko. WZR-RAWAR wyprodukował kilkadziesiąt kompletów radaru dla odbiorcy krajowego i na eksport. W 1988 Nagrodę Przewodniczącego KPO Rady Ministrów I Stopnia za opracowanie i wdrożenie radaru N 31 otrzymał zespół w składzie: dr inż. W. Klemkowski, prof. dr inż. J. Klamka, inż. R. Ośko, dr inż. R. Dufrêne, doc. A. Kłoczek, inż. W. Niemyjski, inż. J. Kobierzycki, płk doc. K. Łoziński, mgr inż. S. Durbajło i H. Minczewski.

Radary do wykrywania celów niskolegających

N 21 jest pierwszym reprezentantem rodziny radarów niskiego pułapu opracowanych w WZR RAWAR na początku lat 80. Obejmuje ona urządzenia mobilne, stacjonarne brzegowe i okrętowe. Wszystkie radary tej grupy pracują w paśmie S i wykorzystują w znacznym stopniu zunifikowaną aparaturę elektroniczną, którą charakteryzują:

- koherentność dla nadawania i odbioru,
- szybkie przestrajanie w paśmie ok. 7%,
- automatyczny wybór najmniej zakłóconej częstotliwości,
- liniowa modulacja częstotliwości impulsu sondującego (LMCz),
- kompresja impulsu po stronie odbiorczej,
- cyfrowe przetwarzanie sygnału.

Nadajniki na lampach z falą bieżącą i amplitronie w stopniu końcowym emitują moc szczytową ok. 100 kW, przy mocy średniej ok. 1 kW. Pozwala to uzyskać zasięg około 100 km i pułap co najmniej 5 km dla powierzchni skutecznej obiektu 1 m². Współrzędne wykrytych obiektów są określane z dokładnością ok. 100 m (odległość) i 0,2° (azymut). Antena o rozpiętości ok. 4,5 m obraca się z prędkością 12 obrotów na minutę.

Opracowanie supermobilnego radaru NUR-21 zostało podporządkowane jego przeznaczeniu do obrony przeciwlotniczej wojsk w działaniach taktycznych, co istotnie odróżniało ten radar od wcześniej produkowanych dla potrzeb ówczesnych Wojsk Obrony Powietrznej Kraju. W radarze tym zastosowano po raz pierwszy w krajowej radiolokacji mikroprocesorowy system automatycznego wykrywania i śledzenia tras wykrytych celów, umożliwiającą automatyzację procesu przekazywania danych o sytuacji radiolokacyjnej do ruchomego stanowiska dowodzenia obroną przeciwlotniczą.

Rozwiązywało to krytyczny w zastosowaniu do radarów mobilnych problem przekazania informacji pozyskanej przez radar.

W dobie Internetu trudno o tym pamiętać, ale w czasach zupełnie nieodległych proces wykrywania przez radar potencjalnych środków ataku powietrznego najczęściej kończył się... rozmową telefoniczną między operatorem radaru a jego kolegą stojącym przed tzw. planszetem, czyli pionową przezroczystą płytą z naniesioną siatką współrzędnych, mapą itp. Operator radaru ustnie nadawał swojemu koledze, co widzi na wskaźniku, a ten zaznaczał współrzędne wykrytych celów na planszecie specjalnym ołówkiem. Z każdym obrotem anteny współrzędne obserwowanych obiektów musiały być przekazane i zaznaczone na nowo, tak, żeby oficer obserwujący planszet widział trasy poszczególnych celów. Łatwo sobie wyobrazić, że jeżeli na ekranie radaru było widać choćby kilka ruchomych celów, operator nadawał praktycznie stale, a planszecista musiał *zdekodować* potok meldunków i przenieść na planszet. Taki system przekazywania danych był typowy dla małych posterunków. Tylko posterunki o większym znaczeniu w systemie obrony powietrznej były wyposażone w aparaturę zautomatyzowanego przetwarzania danych; do aparatury tej podłączano wizję i niezbędne sygnały synchronizacji z poszczególnych radarów, co pozwalało – przy użyciu dużej maszyny cyfrowej – zaimplementować algorytmy automatycznego wykrywania i tras śledzenia celów.

Jest zrozumiałe, że żaden z funkcjonujących wówczas systemów przekazywania informacji nie nadawał się do radarów, które miały szybko przemieszczać się razem z osłanianymi jednostkami zmechanizowanymi, a takie było przeznaczenie nowych radarów N 21. Niezbędny był system, który pozwoliłby z radaru przekazywać dane o wykrytych celach drogą radiową. Oznaczało to, że funkcje automatycznego wykrywania i śledzenia tras powinny być realizowane w aparaturze radaru. Żeby to zrealizować, należało podjąć odważną decyzję o zastosowaniu mikroprocesorów – odważną dlatego, że mikroprocesory były dostępne tylko w krajach uważanych za przeciwników w potencjalnym konflikcie zbrojnym, dlatego elementy z tego obszaru były oficjalnie niedopuszczane do stosowania w sprzęcie wojskowym (choć wyjątki się zdarzały).

Pierwsze próby przeprowadzono wcześniej w stacji brzegowej N 23, gdzie wprowadzono uproszczony system tzw. śledzenia półautomatycznego. Zbudowany na bazie słynnego procesora Intel 8080 układ wprowadzał taki postępowanie, że po dwukrotnym naprowadzeniu kursora na dany cel w dwóch obrotach anteny i na wprowadzeniu odpowiednich poleceń z klawiatury następowało wyznaczenie wektora prędkości, co pozwalało systemowi procesorowemu przewidywać kolejne położenia tego celu, czyli śledzić jego trasę, dopóki jego wektor prędkości się nie zmienił. Oznaczało to możliwość śledzenia tylko tras prostoliniowych, a każda zmiana wektora prędkości wymagała interwencji operatora, czyli tzw. korekty trasy. Przy całej niedoskonałości tego rozwiązania osiągnięto jednak cel najważniejszy: bieżące współrzędne obserwowanych celów były zapisane w pamięci, a to pozwalało przesłać je jako dane cyfrowe przez radiostację. Dalszy rozwój tego ważnego systemu nastąpił w radarze N-21.

Oznaczony symbolem UAK-21 (układ automatycznych korekt) system mikroprocesorowy bazował na tym samym mikroprocesorze Intel 8080. Dzięki oprogramowaniu



Mobilny radar wykrywania celów niskolegących typu N 21, pozycja rozwinięta...



...i transportowa



*Radar obserwacyjny typu
Narew do wykrywania
niskolecących celów*

Radar Wetlina



w języku asemblera było możliwe zaimplementowanie dość skomplikowanych algorytmów związanych z procesem śledzenia tras obiektów manewrujących. W efekcie UAK-21 zapewniał automatyczne śledzenie 31 tras celów powietrznych wykonujących manewry zakrętu z przyspieszeniem dośrodkowym g_6 , a cała bieżąca sytuacja radiolokacyjna była przekazywana radiostacją w formie zakodowanych depesz do ruchomych stanowisk dowodzenia obroną przeciwlotniczą. Wykrywanie celu i inicjowanie jego śledzenia nie następowało jednak automatycznie; niezbędne było wskazanie kursorem nowo wykrytego celu przez operatora i naciśnięcie przycisku inicjującego śledzenie. Nawet jednak bez tego nowe rozwiązanie miało istotne znaczenie dla jego mobilności i możliwości współpracy z innymi elementami systemu obrony przeciwlotniczej. Co więcej, UAK-21 reprezentował takie możliwości, których nie można było *skonsumować* bez głębokiej modernizacji całego procesu dowodzenia obroną przeciwlotniczą. W ten sposób UAK-21 wymusił prace nad powstaniem komputerowo wspomaganego systemu automatyzacji dowodzenia pułku przeciwlotniczego Zenit – poprzednika dzisiejszego urządzenia Łowcza-3.

Oprócz mobilności i interoperacyjności z otoczeniem należało jeszcze zapewnić inne cechy ważne dla misji radaru N 21:

- jak najkrótszy czas osiągnięcia gotowości do pracy i składania do pozycji marszowej,
- tolerancyjność na warunki stanowiska pracy w terenie,
- odporność na warunki pola walki.

Spełnienie tych kryteriów zadecydowało o rozwiązaniu konstrukcyjnym urządzenia, które na podstawie wytycznych WZR RAWAR opracował Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Mechanicznych (OBRUM) w Gliwicach. Radar zbudowano na pojeździe gąsienicowym

CSPG-1, bazującym na podwoziu MTS. Hydraulicznie uruchamiany system wsporczy anteny umożliwia przejście z pozycji transportowej do pozycji roboczej lub odwrotnie w 3 minuty. Radar może pracować z anteną na dowolnej wysokości pośredniej; w najwyższym położeniu antena znajduje się ok. 8 m nad ziemią. W radarze zastosowano specjalny system automatycznego poziomowania płaszczyzny obrotów anteny, dzięki czemu może on być rozwijany na niewielkich pochyłościach i nie wymaga wcześniejszego przygotowania stanowiska pracy. Pojazd bazowy wyposażono w dwa wbudowane agregaty prądotwórcze oraz system nawigacji lądowej, który dostarcza bieżących danych o położeniu pojazdu w terenie i danych o orientacji względem północy. Dzięki przyjętym rozwiązaniom mechanicznym N 21 może już w 5 minut po przybyciu na nową pozycję przekazać pierwsze meldunki cyfrowe do stanowiska dowodzenia.

Kabiny kierowcy i operacyjna są szczelne i wyposażone w system filtrowentylacji, co umożliwia pokonywanie przez pojazd w ograniczonym czasie terenów skażonych. Cały pojazd jest opancerzony, chroniąc załogę przed ostrzałem z broni ręcznej i odłamkami granatów, a specjalne wykładziny wewnętrzne z warstw antyradiacyjnych chronią przed promieniowaniem radioaktywnym.

Innym typem stacji radiolokacyjnej przeznaczonej do wykrywania celów niskolecących była stacja Narew. W tej stacji podjęto próby estymacji wysokości, bazujące na dwuwiązkowej charakterystyce pokrycia i wykorzystujące technikę monoimpulsową amplitudową. Ten eksperyment generalnie się nie powiódł, głównie ze względu na bardzo ograniczone pokrycie w elewacji i w efekcie bardzo mały zakres użytecznej charakterystyki pelengacyjnej anteny. Przy tej okazji jednak *przećwiczono* wiele interesujących problemów, w tym opracowano tzw. generator znaków wizyjnych, który pozwalał wyświetlać w czasie rzeczywistym proste znaki graficzne na ekranie tradycyjnego wskaźnika P jedynie przez modulację jasności plamki, bez ingerencji w układ odchyłania. Wyprodukowano kilkadziesiąt stacji Narew, z czego kilka zostało wyeksportowanych w latach 1980. Kolejnym rozwiązaniem tego typu była stacja radiolokacyjna Wetlina.

Wysokościomierze nowszej generacji

Od najwcześniejszych lat rozwoju polskiej radiolokacji wojskowym radarom ostrzegawczym towarzyszyły wysokościomierze jako ich niezbędne uzupełnienie, dopóki nie pojawiły się radary trójwspółrzędne. Kiedy powstawały kolejne generacje radarów ostrzegawczych, naturalną konsekwencją było opracowanie, w zbliżonym okresie czasu, wysokościomierza tej samej generacji. Według tej zasady powstał wysokościomierz radiolokacyjny N 41, przewidziany *do pary* dla radaru ostrzegawczego N 31. N 41 został zbudowany jako korzystne połączenie z jednej strony rozwiązań mechanicznych stosowanych wcześniej w wysokościomierzach, a z drugiej – elementów nowoczesnej aparatury elektronicznej radarów koherentnych z rodziny N. Kiedy powstawał N 41, już były seryjnie produkowane radary N 31, N 21 i N 23.

Z wysokościomierza Nida w N 41 zaadaptowano antenę wraz z jej obrotowym słupem, mechanizmem hydraulicznym napędu wahań i pochylania całego słupa z anteną do pozycji transportowej. Nowością było umieszczenie anteny i całej aparatury elektronicznej na jednym pojeździe, dzięki czemu zestaw stacji składał się z dwóch jednostek: wozu z aparaturą i przyczepy do przewozu anteny. Na czas transportu na dachu wozu z aparaturą pozostawał tylko słup anteny, zaś sama antena była odkładana na przyczepę.

W aparaturze elektronicznej wykorzystano w pełni systemy nadawczy i odbiorczy z radarów niskiego pułapu N 2, z impulsem o szerokości 10 ms i liniową modulacją częstotliwości. Przy wysokim zysku anteny (ok. 40 dB) nadajnik o mocy szczytowej 100 kW i mocy średniej ok. 500 W pozwalał uzyskać zasięg 240 km dla samolotu myśliwskiego. W celu zwiększenia zasięgu wprowadzono dodatkowy stopień nadajnika o mocy szczytowej ok. 500 kW. Zrealizowanie dodatkowego stopnia jako wzmacniacza amplitronowego pozwala wykorzystywać radar z pełną mocą nadajnika lub z wyłączonym końcowym wzmacniaczem amplitronowym, który w takim przypadku jest *przezroczysty* dla impulsu sondującego.

W części odbiorczej i obróbki sygnału aparatura elektroniczna jest prawie identyczna jak w radarach N 2. Aparatura sterowana napędem anteny w azymucie została zbudowana na bazie nowoczesnej techniki tyrystorowej, wypierając wcześniejsze rozwiązanie ze wzmacniaczem elektromechanicznym, tzw. amplidyń. Zapewniło to zdecydowanie lepszą dokładność i dynamikę napędu w azymucie – oba parametry niezwykle ważne w tym zastosowaniu. W efekcie nowy napęd pozwalał *przerzucać* antenę na przeciwny azymut w czasie poniżej 5 s, dając szansę na skrócenie czasu pełnego cyklu pomiaru wysokości. Dalsze skrócenie cyklu pomiaru wysokości uzyskano dzięki automatyzacji procesu pomiaru wysokości przez wysokościomierz N 41 współpracujący z radarem ostrzegawczym N 31, co było oryginalnym i niekonwencjonalnym rozwiązaniem w technice wysokościomierzy radiolokacyjnych.

Zespół młodych inżynierów, zachęcany sukcesem w opracowaniu i praktycznym wdrożeniu systemu automatycznego śledzenia tras w radarze N 21, poszukiwał potencjalnych obszarów komputeryzacji w systemach radarowych; proces współpracy między radarem ostrzegawczym a wysokościomierzem był wręcz idealnym polem do popisu. Podjęto równoległe prace nad dostosowaniem UAK-21 do radaru N 31, a jednocześnie opracowano specjalną przystawkę do wysokościomierza, oznaczoną symbolem UPW-41 (układ pomiaru wysokości). Pozwalała ona zdalnie sterować procesem pomiaru wysokości i przysłać otrzymane dane do radaru N 31, aby w rezultacie umieścić je w meldunkach przesyłanych do ośrodka dowodzenia. W istocie przystawka UPW-41 zastępowała operatora wysokościomierza, funkcjonując według znanego

Wysokościomierz N 41



schematu współpracy między radarem N 31 a wysokościomierzem N 41: UAK-31, śledząc określoną liczbę tras obiektów powietrznych, przekazuje współrzędne (azymut i odległość) śledzonego obiektu. Współrzędne wskazanego obiektu są odczytywane w UPW-41 i definiują obszar przeszukiwania wysokościomierza, czyli azymut oraz bramkę odległościową. Antena wysokościomierza ustawia się na wymaganym azymucie i wykonuje ruchy przeszukujące (wahania) w płaszczyźnie elewacji, skutkiem czego UPW-41 wykrywa wszystkie obiekty znajdujące się w sektorze azymutalnym objętym wiązką wysokościomierza i w określonej bramce odległościowej; wynikiem tego są współrzędne odległość – wysokość wszystkich obiektów wykrytych w obszarze przeszukiwania. UPW-41 przeprowadza proces kojarzenia wykrytych ech i obiektu wskazanego przez UAK-31; wysokość obiektu spełniającego kryteria kojarzenia jest uznawana jako wysokość obiektu wskazanego przez UAK-31 i zwracana do UAK-31. UAK-31 przekazuje do UPW-41 współrzędne kolejnego obiektu, którego wysokość ma być zmierzona.

Poza *oszczędnością* operatora wskaźnika RH w wysokościomierzu automatyzacja pomiaru wysokości przyniosła poprawę przepustowości powstałego w ten sposób systemu trójwspółrzędnego (3D), co wynikało z możliwości optymalizacji całej sekwencji pomiarowej i poprawy dokładności jej poszczególnych faz.

Najważniejsze punkty tej optymalizacji to:

- dokładniejsza predykcja położenia obiektu w momencie pomiaru wysokości, co daje większe prawdopodobieństwo pomiaru wysokości po pierwszym wskazaniu,
- możliwość ustalenia priorytetów w zakresie kolejności i częstotliwości pomiarów wysokości poszczególnych obiektów,
- możliwość optymalizacji kolejności pomiarów wysokości tak, aby zminimalizować straty czasu na przestawianie anteny na odległe kierunki azymutalne.

W efekcie radiolokacyjny system 3D utworzony z N 31 i N 41 pozwala wykonać średnio 8 pomiarów wysokości na minutę. Uwzględniając dodatkowo korzyść wynikającą z cyfrowej transmisji danych 3D do ośrodka dowodzenia, automatyzacja pomiaru wysokości *odmłodziła* tradycyjny wysokościomierz i pozwoliła zestawowi N 31/N 41 do dnia dzisiejszego funkcjonować w Wojsku Polskim równoległe z silną konkurencją radarów 3D.

Projektanci wysokościomierzy to m.in. mgr inż. M. Borejko, mgr inż. B. Piechal, mgr inż. A. Zegan, mgr inż. Jacek Gwardecki, inż. A. Łotyszonok, inż. W. Łoskot, Henryk Minczewski i inż. L. Nidziński.

Radary trójwspółrzędne

Zgodnie z tendencjami rozwoju techniki radiolokacyjnej, w PIT opracowano na początku lat 1970. model funkcjonalny 3-współrzędnej stacji radiolokacyjnej Hawana. Stacja pracowała w paśmie L z monoimpulsową amplitudową estymacją kąta elewacji. Zastosowano antenę 11-wiązkową z reflektorem o wysokości 9,2 m. Z każdą wiązką powiązany był niezależny kanał odbiorczy z odbiornikiem logarytmicznym. W stacji tej po raz pierwszy w historii polskiej radiolokacji zastosowano *Uniwersalną maszynę cyfrową Odra 1204*, jak w tamtych czasach nazywano komputer. Odra 1204 była opracowa-

wana i produkowana przez Wrocławskie Zakłady Elektroniczne ELWRO. Odbierane sygnały wprowadzone były poprzez konwertery analog-cyfra (A/C) do maszyny przetwarzania sygnałów. Maszyna przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych obejmowała komputer Odra 1204 ze specjalizowanymi kanałami współpracy z radarem. Zestaw zapewniał automatyczne wykrywanie obiektów, określenie trzech współrzędnych oraz zobrazowanie informacji alfanumerycznej na wskaźniku panoramicznym.

W 1972 przeprowadzono komisyjne badanie modelu, a w szczególności określono błędy wyznaczania wysokości obiektów przy przeszukiwaniu dookólnym, w tym również błędy wyznaczania wysokości obiektów nisko lecących. Zbadano również układy automatycznego

*Model funkcjonalny
radaru trójwspółrzędnego
Hawana*



przetwarzania sygnałów i informacji radiolokacyjnej. Nastąpiło sprzężenie *świata analogowego*, jakim była część nadawczo-odbiorcza stacji radiolokacyjnej, ze *światem cyfrowym*. Na bazie prac realizowanych nad Hawaną rozpoczął się szybki rozwój w PIT tematyki obejmującej oprogramowanie, problematykę konstrukcji modułowych i nowych technologii.

Pracami nad radarem Hawana kierował główny projektant dr inż. Tadeusz Gawron. Nagrodę Ministra Przemysłu Ciężkiego za opracowanie urządzenia Hawana otrzymał zespół pracowników PIT w składzie: dr inż. T. Gawron, mgr inż. Z. Łukasiewicz, mgr inż. J. Fiett, mgr inż. H. Krepsztul, mgr inż. S. Turczyński, doc. dr inż. J. Kroszczyński, mgr inż. L. Kiernożycki, dr inż. A. Janyszek, mgr inż. Z. Lis, inż. M. Głuszyk, mgr inż. Z. Juszczyk, mgr inż. J. Kuliński, mgr inż. T. Mościcki, L. Cyb, mgr inż. Z. Maik, mgr inż. K. Marcinkowski i 60 innych. Ich działalność stworzyła podstawy do dalszych prac Instytutu nad stacjami trójwspółzrędnymi oraz zautomatyzowanymi podsystemami zbierania i przetwarzania informacji radiolokacyjnej.

Trójwspółrzędny radar N 11

Pracujący w paśmie S radar N 11 opracowano w latach 1980. Radar ma antenę wielowiązkową i monoimpulsowy system estymacji kąta elewacji obiektów. Zasięg instrumentalny wynosi 200 km, a pokrycie w elewacji do 25°. Stacja określa automatycznie 3 współrzędne wykrytych obiektów i charakteryzuje się wysoką przepustowością. Zespół antenowy składa się z dwóch anten: górna – nadawcza kształtuje charakterystykę pokrycia radaru, zaś dolna odbiorcza, siedmiowiązkowa kształtuje pokrycie w elewacji odbieranych sygnałów, co pozwala na określenie wysokości obiektów. Zapewnione jest automatyczne śledzenie tras obiektów. Stacja pracuje z pełnokohherentnym układem nadawczo-odbiorczym w systemie kompresji impulsu, z *diversity* częstotliwości i możliwością przestrajania w szerokim paśmie częstotliwości. Rozbudowane układy przeciwwakłócenioowe zapewniają wysoką odporność na zakłócenia. Radar został wyposażony w system diagnostyczny służący do oceny stanu pracy i lokalizacji uszkodzeń. Zapewniono krótki czas rozwijania półautomatyczne poziomowanie anteny oraz wysoką mobilność w warunkach terenowych.

W 1988 Nagrodę MON I Stopnia za opracowanie radaru N 11 otrzymał zespół w składzie: dr inż. W. Klembowski, doc. R. Dobies, mgr inż. W. Paluch, mgr inż. J. Kłosiński, inż. A. Gliszczyński, mgr inż. R. Szelenbaum, ppłk mgr inż. E. Niecałek, ppłk mgr inż. T. Mikoś, doc. dr inż. W. Wizner i Z. Szerkowski.

Ten radar miał trudną drogę od projektu do produkcji, co w jakiś sposób odzwierciedlało kryzysowy stan gospodarki tego okresu. N 11 oferował rozwiązania bazujące na elementach wtedy dostępnych w kraju, a więc nienowoczesnych i krępujących pomysły projektantów. Zastosowanie elementów niskiej skali integracji w rozbudowanej aparaturze radaru 3D z wielokanałowym przetwarzaniem sygnału odbijało się na niezawodności, a często nie pozwalało sensownie zrealizować funkcji już wtedy oczekiwanych przez użytkowników, takich jak automatyczne śledzenie tras obiektów.

Do listopada 1988 były prowadzone badania państwowe prototypu, a przez następny rok konstruktorzy z PIT wprowadzali zalecenia z nich wynikłe. Kiedy nowe urządzenie osiągnęło status pozwalający na zamawianie go przez MON, zaczęły się problemy budżetowe związane z początkiem transformacji ustrojowej kraju. MON dopiero w 1992 zamówiło 3 zestawy stacji w wersji zmodernizowanej, które zostały dostarczone w latach 1994-1996. Gruntowną modernizację realizował Mieszany Zespół Roboczy PIT-RADWAR, a głównymi wykonawcami byli: mgr inż. Romuald Szelenbaum i mgr inż. Z. Oleksiak z PIT oraz mgr inż. B. Piechal i mgr inż. T. Malanowski z RADWAR.



Radar N 11

Radar ostrzegawczy średniego zasięgu Justyna-2001

Justyna-2001 nie została zbudowana jako zupełnie nowy produkt, lecz była wynikiem modernizacji radaru N 31, a swoją nazwę wywodzi od nazwy Justyna-82, jaką użytkownik nadał jej pierwowzorowi – zgodnie z sympatyczną tradycją nadawania żeńskich imion stacjom radiolokacyjnym w Wojsku Polskim. Projekt modernizacji radaru N 31 był realizowany w latach 2002-2003, wspólnie przez RADWAR i PIT. Dwie główne przesłanki zdecydowały o zamówieniu tej modernizacji przez MON: potrzeba rozszerzenia funkcji radaru o automatyczną współpracę z wysokościomierzami (nie wszystkie użytkowane stacje miały wbudowane układy cyfrowej współpracy z wysokościomierzem) i z nowoczesnymi systemami koordynacji obrony powietrznej oraz względy techniczno-eksploatacyjne. Te ostatnie związane z trudnościami w pozyskaniu części zapasowych (nie produkowane już elementy), ale także z niskim komfortem obsługi (potrzeba częstych regulacji układów analogowych). Zgodnie z zapotrzebowaniem modernizacja objęła dwa kierunki: unowocześnienie samej aparatury radiolokacyjnej oraz wkomponowanie do radaru aparatury cyfrowej transmisji danych do otoczenia systemowego.

W aparaturze radiolokacyjnej zostały wymienione układy odbiorcze z wyjątkiem, dwukanałowego odbiornika mikrofalowego, układy wzbudzenia nadajnika i układy cyfrowej obróbki sygnału. Trzy oddzielne bloki realizujące funkcje wymienionych trzech podsystemów zostały zastąpione jednym o kilkukrotnie mniejszej objętości w porównaniu do każdego z nich. Poza radykalnym zmniejszeniem liczby wymiennych modułów elektronicznych (szacowanym na ok. 50-krotnie!) i wynikającym z tego wzrostem niezawodności uzyskano istotną poprawę parametrów funkcjonalnych radaru, które ilustrują następujące dane:

- dwukrotne zwiększenie liczby częstotliwości roboczych,
- wprowadzenie automatycznego przestrajania radaru na częstotliwość roboczą najmniej zakłóconą,
- zastosowanie losowego cyklu przemienności powtarzania impulsu,
- przetworniki A/C 12-bitowe zamiast 8-bitowych w systemie obróbki sygnału,
- większa skuteczność nowych filtrów cyfrowych TES,
- wprowadzenie adaptacyjnej mapy zakłóceń biernych,
- zmniejszenie strat sygnału wskutek optymalizacji układów stabilizacji poziomu fałszywego alarmu,
- adaptacja funkcji integratorów paczki w zależności od rzeczywistych parametrów sondowania.

Komfort pracy w zmodernizowanych radarach zdecydowanie poprawiono przez zastosowanie płaskich kolorowych wskaźników z ekranami ciekłokrystalicznymi zamiast wskaźników WRP-12 na tradycyjnych lampach z długą poświatą. Zobrazowanie na wskaźniku jest tworzone w komputerze KSP-25M, który zastąpił blok UAK-31 bazujący na znakomitych kiedyś mikroprocesorach Intel 8080. Ekran wskaźnika ma wydzielone okno zobrazowania typu P oraz dodatkowe okno zobrazowania informacji z wysokościomierza we współrzędnych R-H, na obu wyświetlana jest wizja analogowa i wizja syntetyczna.

Opracowany w PIT nowy komputer KSP-25M, oprócz funkcji tworzenia na ekranie zobrazowania informacji analogowej i syntetycznej, ma zaimplementowanych kilka innych modułów oprogramowania użytkowego:

- moduł śledzenia tras obiektów powietrznych,
- moduł obsługi pomiaru wysokości przy współpracy z wysokościomierzem,
- moduł współpracy z systemem identyfikacji *swój-obcy*,
- moduł współpracy z otoczeniem systemowym.

Odnowiony radar N 31 może automatycznie śledzić do 99 tras manewrujących celów powietrznych, przy czym nowe trasy mogą być inicjowane automatycznie, jak również automatycznie następuje kasowanie tras po zaniku widzialności obiektu. W zakresie automatyzacji pomiaru wysokości komputer KSP-25M może współpracować z wysokościomierzem N 41 wyposażonym we własny system cyfrowego pomiaru wysokości (UPW-41), jak też z innymi wysokościomierzami, np. produkcji byłego ZSRR, za pośrednictwem oddzielnego bloku interfejsów, BMS-25/WM.

Trójwspółrzędny radar wstępnego wykrywania dla zestawu Loara

Radiolokacyjna stacja wykrywania i wskazywania celów (RSWW) jako element mobilnego zestawu przeciwlotniczego stanowiła wyzwanie dla konstruktorów Zakładu Badawczo-Rozwojowego RADWAR. Przyszły użytkownik urządzeń Loara postawił bardzo rygorystyczne wymagania odnośnie parametrów wykrywania:

- radar powinien określać kąt elewacji wykrytych celów (tzw. radar 3D),
- zasięg i pułap wykrywania zostały zdefiniowane dla celu o powierzchni skutecznej $0,1 \text{ m}^2$,
- wymagane pokrycie w elewacji określono jako co najmniej 50° ,
- czas odnowy informacji powinien być nie dłuższy niż 1s,
- radar powinien pracować w czasie ruchu pojazdu, przy założeniu określonych przechyłów i maksymalnej prędkości pojazdu.

Przy takich kryteriach wymagany zasięg i pułap wykrywania nie odbiegały od liczb powszechnie pojawiających się w materiałach informacyjnych dotyczących pojazdów przeciwlotniczych. Spełniono również wymagania na objętość aparatury elektronicznej i jej odporności na wstrząsy mechaniczne.

W ówczesnych zestawach, takich jak Loara, radary przeszukujące zrealizowane w klasie 3D należały do wyjątków. Nawet jeśli są to radary z płaskimi antenami fazowanymi, są to z reguły radary 2D (jak np. francuski Crotale NG czy południowoafrykański ZA-HVM). Wyjątkiem jest rosyjski Tor-1M, ale z drugiej strony nie budzą zdziwienia radary z anteną reflektorową w takich systemach jak rosyjskie Tunguska czy Pancyr.

Przyszli polscy użytkownicy zestawów Loara nie dali konstruktorom wyboru: miał być radar 3D, a jeśli tak – musiał to być radar z anteną fazowaną. Wymagania użytkowników właściwie przesądziły też technikę realizacji funkcji 3D: przy wymaganym szerokim sektorze pokrycia w elewacji i krótkim czasie odnowy informacji znacznie większe szanse powodzenia dawała technika wielowiązkowa. Chociaż ta technika naturalnie zwiększa objętość aparatury, zdecydowano, że należy poddać ją miniaturyzacji, aby zmieścić w wieży pojazdu.

Antena RSWW składa się z dziesięciu wierszy dipoli promieniujących oraz układów formowania wiązek – jednej nadawczej i pięciu odbiorczych. Formowanie odpowiednio szerokiej wiązki nadawczej realizuje tzw. pionowy dzielnik mocy, który rozprowadza moc nadajnika do poszczególnych wierszy z odpowiednimi amplitudami i fazami. Analogicznie każdą z pięciu wiązek odbiorczych formuje oddzielny sumator mocy echa z poszczególnych wierszy.

Antena ma rozpiętość 2 m, co pozwala uformować wiązkę o szerokości ok. $3,3^\circ$ w płaszczyźnie azymutu. Antena urządzenia rozpoznawczego *swój-obcy* jest umieszczona z tyłu anteny głównej i promieniuje w przeciwnym kierunku azymutalnym. Nadajnik jest dwustopniowym wzmacniaczem mocy mikrofalowej, z tranzystorowym stopniem wejściowym i lampą z falą bieżącą jako stopniem wyjściowym. Opracowana w PIT na potrzeby urządzenia Loara lampa może dostarczać mocy średniej 500 W, przy mocy szczytowej ok. 10 kW.

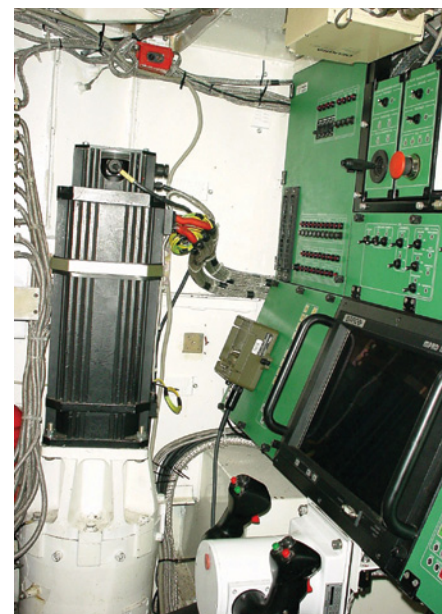
W RSWW wykorzystuje się prawie 400 W mocy średniej, co jest wielkością bardzo dużą jak na radar o zasięgu ok. 25 km, ale okazało się to niezbędne do spełnienia wymagań. Nadajnik i cała pozostała aparatura radaru, tzn. blok wzbudzająco-odbiorczy (BWO) i blok przetwarzania sygnału (BPS) tworzą zintegrowany podzestaw wbudowany do wieży.

W systemie wzbudzenia zastosowano cyfrową syntezę częstotliwości z pętlą fazową oraz formowanie impulsu wzbudzenia z zastosowaniem linii dyspersyjnych z akustyczną falą powierzchniową. Szczególne znaczenie nadano czystości widmowej sygnału, aby zapew-

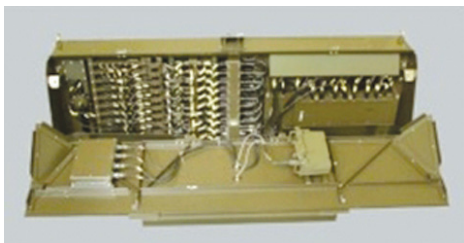


Zestaw Loara z anteną RSWW na stropie wieży

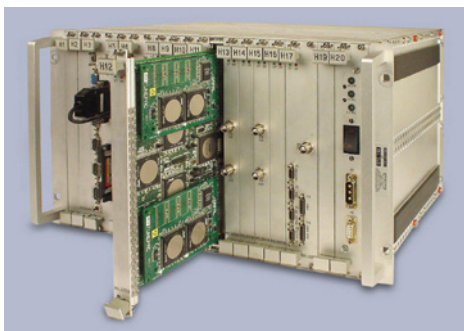
Stanowisko operatora w wieży zestawu Loara



*Elementy układu
formowania wiązek*



*Czterokanałowy blok
przetwarzania sygnałów*



nić skuteczną filtrację dopplerowską. We wspólnej obudowie z systemem wzbudzenia umieszczono 4-kanałowy odbiornik z podwójną przemianą częstotliwości. W bloku przetwarzania sygnałów (BPS) zastosowano po raz pierwszy w krajowej radiolokacji scalone procesory sygnałowe, zapewniając jego znaczną elastyczność funkcjonalną i skalowalność, a tym samym łatwą adaptację do innych zastosowań. Oprócz typowych funkcji obróbki sygnału radiolokacyjnego, automatycznego wykrywania i śledzenia tras wykrytych obiektów, w BPS zaimplementowano specjalne algorytmy obróbki służące wykrywaniu śmigłowców *w zawisie*. BPS pełni też centralną rolę w całej aparaturze radaru, zapewniając jej autotestowanie, kalibrację torów odbiorczych, a także

bogate możliwości rejestracji *surowych* sygnałów wizyjnych, wykryć i danych z procesu śledzenia tras. Radar urządzenia Loara potwierdził wymagane parametry w badaniach państwowych całego zestawu, które odbyły się w 2002. Wysokie wymagania postawione temu urządzeniu, wsparte finansowaniem w ramach strategicznego programu rządowego, spowodowały znaczący postęp w dziedzinie projektowania i produkcji urządzeń radiolokacyjnych w samym CNPEP RADWAR, jak też w instytucjach współpracujących.

Radar niskiego pułapu N 21MI

Radar N 21MI



Symbolem N 21MI oznaczono specjalną eksportową wersję radaru N 21 opracowaną i wykonaną według wymagań kontraktu podpisanego z Indiami w 1996. Historia kontaktów Radwaru z Indiami sięga połowy lat 1980. W 1986 miała miejsce w Polsce wizyta premiera Indii, któremu towarzyszyła ekipa ekspertów wojskowych. W wyniku pokazu polskiego sprzętu radiolokacyjnego duże zainteresowanie zyskał radar N 21, dla którego wojskowi hinduscy przewidywali funkcję wykrywania i wskazywania celów w raketowym zestawie przeciwlotniczym. Po dalszych negocjacjach z udziałem Cenzinu, ustalono, że jeden egzemplarz radaru zostanie przewieziony do Indii i przebadany przez państwową komisję pod kątem przydatności do zastosowania w lokalnych warunkach.

Kompleksowe i skrupulatne badania przeprowadzone latem 1989 przez zespół ekspertów instytutu naukowego w Bangalore potwierdziły zgodność parametrów urządzenia z jego danymi technicznymi. Pierwszym efektem uznania było porozumienie o zakupie przebadanego urządzenia przez gospodarzy po cenie promocyjnej. Dzięki temu N 21 mógł być przekazany do dalszych badań eksploatacyjnych. Na ich podstawie zostały opracowane wymagania na zmodernizowaną wersję tego radaru, odpowiednio do potrzeb użytkownika indyjskiego.

W latach 1997-98, na mocy kontraktu podpisanego w połowie 1997, zaprojektowano i wykonano mobilny radar oznaczony N 21MI, spełniający postawione wymagania. Konstrukcję urządzenia oparto na bazie zmodernizowanego podwozia radaru N 21 (już wówczas od kilku lat

nieprodukowanego) i poważnie zmodernizowanej aparatury radaru N 22. Zasadniczą różnicą w stosunku do wersji krajowej było zastosowanie jednoczesnego nadawania dwiema wiązkami z podziałem mocy nadajnika na połowy (zamiast nadawania pełnej mocy naprzemiennie od impulsu do impulsu) w połączeniu z dwukanałowym systemem odbiorczym. Pozwoliło to osiągnąć dwa istotne cele wymagane w kontrakcie:

- podwyższenie potencjału radaru (znaczące zmniejszenie strat w torze odbiorczym po umieszczeniu wzmacniaczy niskoszumnych na antenie),
- podwyższenie obrotów anteny do 24 obr./min. bez negatywnego wpływu na pracę TES.



Wnętrze kabiny N 21MI

Opracowano całkowicie nowe układy mikrofalowe systemu wzbudzenia i systemu odbiorczego, które w wersji krajowej pamiętały jeszcze dość odległe czasy i nie stanowiłyby dobrej wizytówki producenta. Od nowa zaprojektowano cały system cyfrowej obróbki sygnału, z 10-bitowymi przetwornikami A/C i znacznym udziałem nowoczesnych struktur programowalnych. Został też opracowany nowy system automatycznego wykrywania i śledzenia tras obiektów oraz system wymiany danych z otoczeniem – ściśle według indywidualnych wymagań użytkownika. Zastosowano tu po raz pierwszy w praktyce Radwaru kupowane gotowe płyty komputerów przemysłowych klasy PC. Dało to radykalną poprawę mocy obliczeniowej i pozwoliło zrealizować szereg atrakcyjnych dla użytkownika funkcji wcześniej niedostępnych. Tak gruntowna przebudowa aparatury elektronicznej, wraz z wykonaniem montażu w kabinie radaru i uruchomieniem, została przeprowadzona w ciągu 18 miesięcy. Radar po badaniach z udziałem przedstawicieli klienta został wyekspediowany w grudniu 1998.

Tak jak jego poprzednik, N 21MI został poddany pełnym badaniom kwalifikacyjnym na terenie Indii. Wyniki badań przeprowadzonych w połowie 1999 w pełni potwierdziły wymagane parametry urządzenia. Pomimo dalszego zaawansowania kontaktów, które doszły już do poziomu procedur zaopatrywania armii Indii, planów szkolenia i dostaw części zamiennych, dostawy nie zostały zakontraktowane – prawdopodobnie wskutek nie do końca wtedy jeszcze określonych potrzeb strony indyjskiej.

Największy wkład w realizację projektów radarów N 23, N 25 i N 21 mieli: mgr inż. J. Żuk, mgr inż. Z. Czekala, mgr inż. A. Zegan, mgr inż. J. Gwardecki, mgr inż. B. Piechal, mgr inż. S. Melon, mgr inż. P. Jarosz i mgr inż. R. Krawczyk.

Trójwspółrzędny radar TRD-12

Analiza rynku radiolokacyjnego wskazywała, że nowym kierunkiem rozwoju będą radary trójwspółrzędne z płaskimi antenami ścianowymi. Było wyraźnie widać, że następuje zmierzch epoki radarów z antenami reflektorowymi. Dlatego w końcu lat 80. w PIT rozpoczęto prace nad takim urządzeniem (klasy 3D), tzn. trójwspółrzędnym radarem dalekiego zasięgu z płaską anteną ścianową. Zakończono zatem etap rozwoju technologii radarów z antenami reflektorowymi, które charakteryzują się gorszymi parametrami (głównie wyższym poziomem listków bocznych). Prace badawczo-rozwojowe zakończono w 1995. Po 1996 przekazano do eksploatacji w Wojsku Polskim 7 egzemplarzy wyprodukowanych w Zakładzie Produkcji Doświadczalnej PIT. Należy podkreślić, że nowoczesność i niezawodność opracowanego sprzętu była możliwa do osiągnięcia dzięki dostępowi do nowoczesnej bazy podzespołowej (likwidacja embarga), zwłaszcza w odniesieniu do podzespołów mikrofalowych i elektronicznych, co pozwoliło poprawić ergonomię pracy operatorów radarów. Był to historyczny sukces w działalności Instytutu.

TRD-12 jest przeznaczony do wykrywania i śledzenia do 120 obiektów powietrznych. Przy lokalizacji wykrytych obiektów są określone trzy współrzędne: odległość, wysokość oraz azymut. Dane te są uaktualniane po każdym obrocie anteny. Radar pracuje w paśmie częstotliwości L, zapewniając wykrywanie obiektów z odległości do 350 km przy pułapie



Radar TRD-12

Radar został wyposażony w produkowane przez RADWAR urządzenie rozróżniające, czy śledzony obiekt jest *swój* czy *obcy* (interrogator IFF), z możliwością programowego wyboru rodzaju zapytań. Antena interrogatora IFF jest umieszczona w górnej części anteny ścianowej, nad wierszami nadawczymi radaru. Aparatura radaru została zabudowana w kontenerach spełniających standardy ISO-9001. Kompletny radar zbudowany jest w trzech kontenerach: w pierwszym znajduje się jednostka antenowa, w drugim jednostka obróbkowa, a w trzecim jednostka nadawcza. Dodatkowo przewidziano czwarty kontener o charakterze technicznym i socjalnym. Urządzenie może być zasilane z sieci zewnętrznej lub z dwóch przewoźnych agregatów prądotwórczych.

Charakterystyka pokrycia radaru w płaszczyźnie elewacji jest kształtowana w falowodowym układzie formowania wiązki nadawczej, która ma szerokość $2,9^\circ$. Wiersze anteny odbiorczej służą, za pośrednictwem układu formowania wiązek, do ukształtowania ośmiu szpilkowych wiązek odbiorczych rozmieszczonych w zakresie kąta elewacji od 0° do 30° . W nadajniku zastosowano generator sygnałów wzbudzających, który wytwarza wysokostabilne sygnały o dużej czystości widmowej, służące do sterowania łańcuchem wzmacniaczy mocy. W łańcuchu tym zastosowano dwustopniowy wzmacniacz zbudowany na lampie z falą bieżącą (LFB) oraz dwustopniowy wzmacniacz dużej mocy zbudowany na amplitrach.

Jednostka obróbkowa zapewnia filtrację sygnałów użytecznych na tle zakłóceń, wykrywanie i określanie trzech współrzędnych, śledzenie obiektów, formowanie meldunków o wykrytych obiektach i automatyczną współpracę z nadrzędnym systemem dowodzenia.

do 40 km. Wykryte obiekty są automatycznie śledzone. Informacje o nich są w sposób automatyczny przekazywane do nadrzędnego systemu dowodzenia.

Przeszukiwanie przestrzeni w azymucie odbywa się poprzez mechaniczny obrót anteny z prędkością 6 obrotów na minutę. Pokrycie 30-stopniowego kąta elewacji jest realizowane poprzez uformowanie ośmiu wiązek odbiorczych.

TRD-12 stanowi źródło informacji dla systemu obrony powietrznej. Generuje meldunki o śledzonych trasach i przekazuje je łączami cyfrowymi (liniami radiowymi lub łączami transmisji danych). Radar po rozwinięciu może być wykorzystywany w trybie pracy bezobsługowej, z zapewnieniem jego zdalnego sterowania i kontroli za pomocą łącza optycznego o długości do 1 km. Skuteczne działanie radaru w warunkach zakłóceń radioelektronicznych uzyskano dzięki zastosowaniu różnych środków technicznych, takich jak szybkie przestrajanie częstotliwości sygnału sondującego, wielowiązkowa antena odbiorcza o niskim poziomie listków bocznych, rozbudowane procesory sygnałowe z układem cyfrowym TES, kompresja impulsu oraz filtracja podtekcyjna.

Kabina operatora radaru



Zastosowano w niej liczne środki zabezpieczające przed zakłóceniami pasywnymi i pewnymi klasami zakłóceń czynnych. Zabezpieczenie przed zakłóceniami pasywnymi osiągnięto dzięki zastosowaniu indywidualnego procesora sygnałowego dla każdej wiązki odbiorczej. W każdym kanale istnieją trzy równolegle pracujące tory obróbki, a mianowicie: tor obróbki amplitudowej, tor filtracji zakłóceń ziemnych oraz tor filtracji zakłóceń pogodowych. Kryteriami automatycznego wyboru toru są moc i średnia częstotliwość dopplerowska sygnałów zakłóceń. Każdy procesor sygnałowy jest wyposażony w przełączany (adaptacyjny) cyfrowy bank filtrów TES, pozwalający wydzielić sygnał uży-

teczny z tła zakłóceń ziemnych lub pogodowych występujących oddzielnie lub łącznie. Zwiększoną odporność na zakłócenia osiągnięto również przez adaptacyjne sterowanie układami filtracji i stabilizacji poziomu fałszywego alarmu, opierając się na adaptacyjnych wieloelementowych mapach zakłóceń biernych. Zastosowano też wykrywanie zakłóceń czynnych poprzez wyposażenie każdego procesora w indywidualny ekstraktor oraz układy filtracji podetekcyjnej.

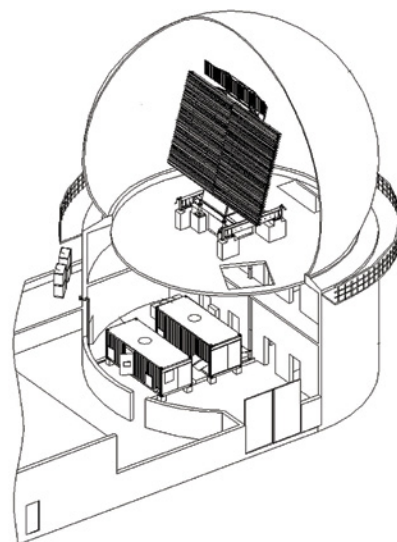
W jednostce tej znajdują się trzy stanowiska operacyjne: stanowisko dowódcy i dwa stanowiska operatorów. Na każdym z nich są zainstalowane kolorowe wskaźniki rastrowe (z dziennym zobrazowaniem) zapewniające zobrazowanie wykrytych i śledzonych obiektów i przedstawienia na nich podkładu w postaci nawigacyjnych map. Istnieje możliwość zobrazowania historii (śladu) obserwowanych tras. Na stanowisku dowódcy operator dysponuje pełną kontrolą i diagnostyką stanu pracy wszystkich jednostek radaru. System diagnostyczny pozwala wykrywać uszkodzenia i zlokalizować je na poziomie pakietu lub podzespołu, a także określić w wielu przypadkach ich znaczenie dla poprawnej pracy radaru. Urządzenie jest wyposażone w odpowiednie interfejsy zapewniające transmisję sygnałów do szczebli nadrzędnych zgodnie z normami NATO.

Trójwspółrzędny radar RST-12M

RST-12M stanowi zmodernizowaną wersję opracowanego w PIT radaru TRD-12 i jest przeznaczony do instalacji na posterunkach stacjonarnych pracujących w sieci Backbone (BB) NATO. Radar pełni rolę źródła informacji radiolokacyjnej dla systemów NATO, Centrum Wspomagania Operacji Powietrznych ASOC i systemu narodowego DUNAJ. Anteny radarów zostały zainstalowane na specjalnych wieżach o wysokości do 30 m pod kopułami (*radome*). Modernizacja konstrukcji radaru zapewniła dostosowanie jego parametrów do wymagań wynikających z rekomendacji NATO dla radarów klasy FADR. W wyniku dokonanej modernizacji uzyskano:

- zwiększenie zasięgu instrumentalnego urządzenia z 360 do 470 km,

Przekrój zestawu



Radar N 12M – antena

Zabudowa radaru pod kopułą



- zwiększenie azymutalnej rozróżnialności z 4,5° do około 2,5°,
- zmniejszenie błędu pomiaru azymutu z 0,5° do 0,2°,
- zwiększenie liczby częstotliwości pracy urządzenia do 64,
- zwiększenie współczynnika impulsowania nadajnika,
- obniżenie poziomu mocy szczytowej nadajnika z 1 do 0,4 MW,
- poprawę rozróżnialności i dokładności w systemie identyfikacji IFF.

Ponadto wprowadzono dwie prędkości obrotowe anteny (6 i 12 obr./min.) oraz możliwość zdalnego sterowania z dwóch konsol i przekazywania informacji do tych konsol. Spełniono też ważne parametry dotyczące nowych wymagań na kompatybilność elektromagnetyczną oraz wymagań wynikających z ustawy o ochronie środowiska na bezpieczny poziom gęstości mocy mikrofalowej w miejscu instalacji. Całkowitą nowością w konstrukcji tego radaru jest wbudowanie dodatkowego kanału obróbki softwarowej sygnałów radiolokacyjnych dla potrzeb wykrywania i śledzenia rakiet balistycznych (TBM). Dane o wykrytych i śledzonych obiektach (zarówno z radaru pierwotnego, jak i systemu identyfikacji) są przetwarzane i przesyłane w postaci depesz cyfrowych łącznie transmisji danych do nadrzędnego systemu zbioru i uogólniania informacji radiolokacyjnej Sił Powietrznych oraz do konsol zdalnego sterowania SRCC NATO. Ponadto radar wyposażono w układy namiaru źródeł zakłóceń i przetwarzania informacji o tych źródłach. W urządzeniu zastosowano jedną antenę nadawczo-odbiorczą o znacznie zwiększonej aperturze i większym kierunkowym zysku, co pozwoliło uzyskać wymaganą rozróżnialność i dokładność w azymucie i zwiększyć zasięg.

Zobrazowanie sytuacji powietrznej przedstawione jest na płaskich monitorach LCD zamiast dotychczas stosowanych kolorowych kineskopowych. Wszystkie wprowadzone zmiany oprócz dostosowania parametrów do rekomendacji NATO spowodowały również poprawę współczynników niezawodnościowych.

Tak skomplikowane urządzenia jak N 12, i RST-12M były opracowywane i wdrażane do produkcji w PIT przez duże zespoły pracowników. Byli wśród nich: dr inż. W. Klembowski, doc. inż. J. Pikielny, mgr inż. H. Kantecki, mgr inż. S. Morawski, doc. inż. A. Kłoczek, mgr inż. A. Wronka, mgr inż. R. Szelenbaum i prof. dr inż. S. Rosłonec.

Mobilny wielofunkcyjny radar TRC-20 w paśmie C

TRC-20 należy do grupy tzw. radarów softwarowych, tzn. kształty wiązek, ich sterowanie oraz możliwość wykrywania i śledzenia odbywa się za pomocą zadanych dla komputera pokładowego algorytmów. Mieści się w grupie najnowocześniejszych tego typu urządzeń. W radarze zastosowano nieruchomą antenę zbudowaną w postaci czterech płaskich szyków promieniujących, tworzących ściany boczne sześcianu. Każda ze ścian wytwarza szpilkową wiązkę sterowaną elektronicznie w dwóch płaszczyznach elewacji i azymucie. Sterowanie wiązką w azymucie dokonywane jest za pomocą 4-bitowych przesuwników fazy wykonanych na diodach PIN, natomiast w elewacji sterowanie wiązką odbywa się metodą częstotliwościową wykorzystującą właściwości dyspersyjne przewodnic falowodowych. Każda antena ścianowa zapewnia przeszukiwanie obszaru pokrywającego 90° w azymucie i 30° w elewacji. Jednocześnie, niezależna praca każdej anteny zapewnia 10-sekundowy czas odnowy informacji i równoległe dośledzanie do 30 obiektów w przedziale czasu 1-2 s. Podział obszaru pokrycia na cztery niezależne sektory daje możliwość elastycznego doboru algorytmów przeszukiwania.

Nadajniki radaru zostały zaprojektowane w postaci dwustopniowych wzmacniaczy mocy. W pierwszym stopniu zastosowano wzmacniacz tranzystorowy o mocy wyjściowej ok. 10 W. W drugim stopniu zastosowano wzmacniacz z falą bieżącą. Nadajniki są chłodzone cieczą z centralnego systemu chłodzenia. Wyposażony je w zespół sterowania i diagnostyki, który jest włączony w system diagnostyki i lokalizacji uszkodzeń kompletnego urządzenia. Sterowanie nadajnika odbywa się zdalnie z konsoli operatora lub ręcznie, z lokalnego pulpitu sterowania.

W części odbiorczej zastosowano niskosumne przedwzmacniacze tranzystorowe, które poprzez tory falowodowe włączone są do odbiorników z podwójną przemianą częstotliwości. Przedwzmacniacze zabezpieczone są przed mocą przeciekającą, jak

również odbitą powstałą od niedopasowanej anteny.

System identyfikacji *swój-obcy* został zbudowany z czterech anten ścianowych, zwrotnicy antenowej oraz urządzenia zapytującego z ekstrakto-rem Thomson CSF. Antena systemu IFF ma konstrukcję kompozytową z promiennikami ładowymi ukształtowanymi w 16 pionowych szyków liniowych, zasilanych przez 4-bitowe przesuwniki fazy zbudowane na diodach PIN. W płaszczyźnie elewacji płetwowa wiązka jest ukształtowana odpowiednio do wymaganego obszaru pokrycia. Urządzenie zapytujące jest umieszczone w kabinie operacyjnej. Urządzenie to komunikuje się za pomocą komputera komunikacyjnego z centralnym komputerem obróbki oraz komputerem grafiki stanowiska pracy operatora.

Obróbka odebranych sygnałów obejmuje: kompresję impulsów, detekcję, konwersję A/C, filtrację typu MTD, estymację współrzędnych kątowych, odległości i prędkości radialnej. Przewidziano również funkcje dodatkowe, a mianowicie: transmisja danych pomiędzy blokami funkcjonalnymi, zobrazowanie informacji, a także komunikacja z obiektami zewnętrznymi.

TRC-20 może przekazywać informacje o wszystkich śledzonych celach do Centrum Dowodzenia Obrony Powietrznej zarówno drogą radiową, jak i telefoniczną. Informacje o śledzonych celach wypracowywane są w formacie PASUW i w formacie NATO ASTERIX, zawierającym przestrzenne trasy, skorelowane z radarem wtórnym IFF (w elewacji i azymucie). Położenie radaru w terenie określane jest automatycznie za pomocą zintegrowanego systemu nawigacji zliczeniowej inercjalnej z systemem globalnym GPS. Dzięki stosunkowo niskiej mocy promieniowanej, zmienności parametrów czasowych i częstotliwościowych sygnału sondującego, urządzenie zaliczane jest do radarów trudno wykrywalnych (LPI). Ponadto, ze względu na nieruchome anteny, urządzenie nie mógł być wykrywany przez radarowe systemy lotnicze klasy AWACS i Joint Star.

Jako pojazd bazowy, łączony z platformą zaczepami kontenerowymi w standardzie ISO 1C zastosowano podwozie terenowe Tatra 815. W konstrukcji stacji wyróżnić można dwie podstawowe kabiny: antenową i operacyjną. Kabina antenowa do pracy operacyjnej unoszona jest na wysokość około 8 m. W pozycji transportowej spoczywa na platformie. Stabilizacja stacji (łącznie z automatycznym poziomowaniem), unoszenie kabiny antenowej i jej blokowanie w położeniach skrajnych zostało zrealizowane za pomocą systemu hydraulicznego. Ponad kabiną antenową w pozycji pracy rozkładane są anteny systemu IFF. Anteny radaru wtórnego IFF wykonane są również w postaci czterech ścian z wiązką pokrycia w elewacji typu cosec² oraz z elektronicznym sterowaniem w płaszczyźnie azymutu.

Cztery anteny systemu IFF współpracują z jednym interrogatorem. Praca operacyjna radaru odbywać może się wraz z dołączonym podwoziem (typowo – zachowanie dużej mobilności) lub też bez podwozia w warunkach stacjonarnych. Kabina antenowa mieści cztery jednakowe zestawy antenowo-nadawczo-odbiorcze umieszczone na wszystkich czterech ścianach. Dostęp do kabiny zapewniony jest przez wejście w podłódze w tzw. położeniu serwisowym. Kabina ustawiona jest wtedy na wysokości pośredniej i odpowiednio zabezpieczona. Kabina operacyjna mieści dwa ergonomiczne stanowiska wskaźnikowe, stanowisko łączności i komunikacji oraz aparaturę obróbki. Wyposażona jest w systemy wentylacji i klimatyzacji. Stacja TRC-20 spełnia wymagania środowiskowe według grupy N7-UZ-II-A WPN-84/N-01003. Przystosowana jest do transportu drogowego (szosy i bezdroża), kolejowego, lotniczego (oba po odłączeniu od podwozia) i morskiego. Zastosowanie wyposażenia specjalnego zabezpiecza załogę przed skutkami broni ABC.

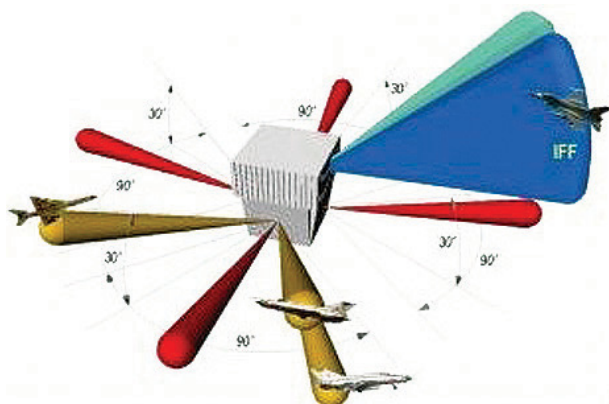
Podstawowe cechy radaru to:



Trójwspółrzędny, mobilny radar wielofunkcyjny TRC-20

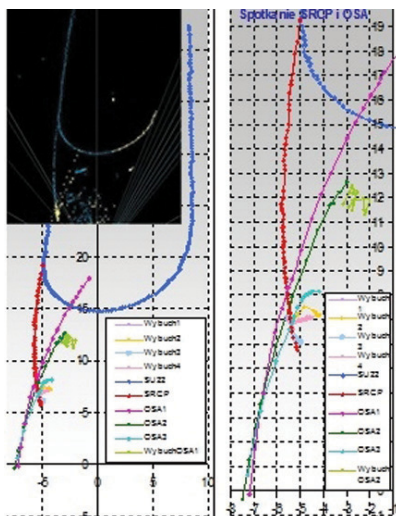
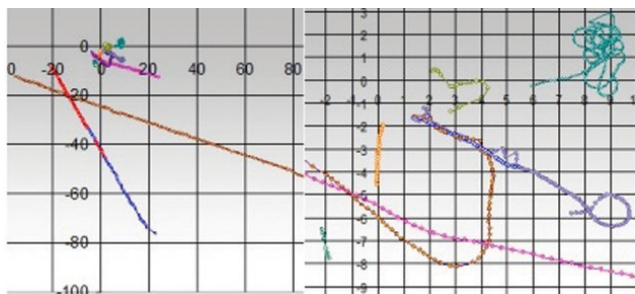
Kabina operacyjna radaru TRC-20





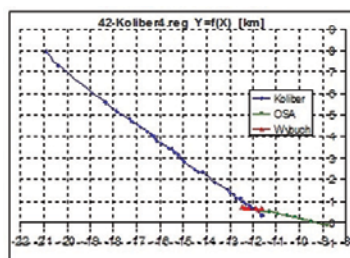
Podział obszaru pokrycia
na cztery sektory
przeszukiwania

Rejestracje sytuacji
w rejonie lotniska z róż-
nymi czasami odnowy
informacji o obiektach



czka i inż. K. Lacha. W pracy brali też aktywny udział pracownicy WAT: dr inż. Tadeusz Brenner, dr inż. J. Goca oraz mgr inż. A. Modrzewski, będący od wielu lat pracownikami PIT-RADWAR.

Radar nie wszedł do produkcji ze względu na zmianą wymagań Sił Powietrznych i wysoki koszt wytwarzania.



Rejestracje – lecący (linia niebieska) samolot Su-22 odpala pocisk rakietowy (linia czerwona), do której oddane są trzy salwy z wyrzutni typu Osa. Rejestracja pozwalająca ocenić możliwości radaru TRC-20 w zakresie oceny skuteczności strzelania. Rakietą Koliber wystrzelona z pokładu samolotu do celu nawodnego zostaje zestrzelona

- filozofia konstrukcji bazująca na koncepcji Software Radar – radar z nieruchomymi antenami, konfigurowane programowo: położenia wiązek anteny głównej i IFF, algorytmy przetwarzania i zarządzanie zasobami radaru,
- 4 płaskie anteny, przeszukiwanie przestrzeni realizowane jednocześnie 4 wiązkami szpilkowymi z elektronicznym sterowaniem ich położenia (ESPW),
- wykrywanie i śledzenie 120 celów powietrznych (przegląd dookólny: zasięg instrumentalny do 150 km, pułap do 15 km), przy równoczesnym dośledzaniu wskazanych celów ze zwiększoną częstotliwością odświeżania: 0,1, 0,5, 1,2 do 6 s,

- wskazywanie celów realizowane w oparciu o algorytm

zarządzania zasobami radaru umożliwiające realizowanie różnych strategii (scenariuszy) przeszukiwania przestrzeni ze zmiennym i adaptacyjnym czasem odnowy informacji o obiektach (Fine Tracking),

Unikalne właściwości urządzenia umożliwiają wykorzystanie jednocześnie jako:

- źródło informacji dla raketowego systemu obrony bazy lotniczej,
- radar kontroli rejonu lotniska i radar precyzyjnego podejścia do lądowania PAR,
- radar obserwacji, kontroli i oceny przebiegu ćwiczeń artyleryjskich i raketowych, lub poligonu oraz nadzoru nad ćwiczeniami w czasie rzeczywistym (Real Time),

Zarządzanie zasobami radaru w trybie automatycznym umożliwia obserwację zjawisk:

- o bardzo krótkim czasie trwania rzędu 10 s (dot. poligonów raketowych),
- wymagających krótkich czasów reakcji i szybkiego podejmowania decyzji jak np. automatyczna detekcja, inicjacja (ok. 1 s) i dośledzanie rakiety (powietrze-ziemia) po rozdzieleniu od nosiciela, automatyczna detekcja, inicjacja i dośledzanie rakiet przeciwdziałania (ziemia-powietrze), gdy obserwowana jest duża dynamika i manewrowość rakiet przeciwdziałania.

Radar charakteryzuje krótki czas rozwijania (poniżej 10 min), duża mobilność, spełnia wymogi maskowania. Mobilność radaru może być szczególnie przydatna przy organizacji obsługi lotnisk zapasowych lub Drogowych Odcinków Lotniskowych.

W zespole biorącym udział w opracowaniu i badaniach tak skomplikowanego i nowoczesnego urządzenia należy wyróżnić bardzo duży wkład pracy dr inż. W. Klembowski, mgr inż. J. Kłosińskiego mgr inż. R. Jankowskiego, mgr inż. J. Małka, doc. inż. J. Pikielnego, dr inż. W. Wiznera, mgr. Oczkosia, mgr inż. J. Majewskiego, inż. Z. Piotrkiewi-

Cichy radar brzegowy RM-100

W końcu lat 1990. opracowano w Oddziale Gdańskim PIT nowoczesny, mobilny radar RM-100 średniego zasięgu, pracujący w pasmie X, którego zasięg maksymalny wynosi około 60 km. RM-100 jest przeznaczony do wykrywania i śledzenia obiektów nawodnych oraz automatycznego przekazywania danych do systemu dowodzenia. W przeciwieństwie do N 23 o dużej mocy impulsowej, pracuje on na fali ciągłej z liniową modulacją częstotliwości. Daje to możliwość pracy radaru z niewielkimi mocami sygnału sondującego (od 1 mW do 1 W), co kwalifikuje radar w grupie trudno wykrywalnych. Zestaw radaru montowany jest w odpowiednio dostosowanej kabinie pojazdu terenowego Star 266 oraz na rozwijanym do wysokości 20 m maszcie Ftm24/4, co zapewnia możliwość tworzenia ruchomych nabrzeżnych posterunków radiolokacyjnych współpracujących z siecią radarów ochrony wybrzeża. RM-100 jest przeznaczony do pracy na postoju. W położeniu roboczym blok nadawczo-odbiorczy, złożony z anten i głowicy nadawczo-odbiorczej, umieszczony jest na napędzie zainstalowanym na maszcie. Maszt można rozwijać do wysokości około 20 m. Dzięki tak wysokiemu masztowni radar można ustawiać w lesie i prowadzić obserwację ponad koronami drzew. Zapewnia to nie tylko ukrycie zestawu, ale też rozszerzenie horyzontu radarowego.



Stanowisko radiolokacyjne RM-100 przygotowane do transportu



Ekran stanowiska operatora radaru RM-100

Pozostałe bloki radaru, tzn. moduł radiolokacyjny (realizujący funkcje obróbki sygnałów radiolokacyjnych i śledzenia celów) oraz moduł monitora (zobrazowanie wizji radarowej), są umieszczone w kabinie operacyjnej nadwozia pojazdu Star 266. W kabinie tej znajdują się również bloki modułu systemu dowodzenia Łeba oraz moduł łączności do sprzężenia komputera ze środkami łączności. Moduł łączności jest przeznaczony do współpracy z systemem dowodzenia za pośrednictwem utajnionej komunikacji cyfrowej. Wyposażony jest w odpowiedni modem oraz środki łączności przewodowej i bezprzewodowej, umożliwia zobrazowanie map sytuacyjnych oraz nadawanie i odbiór

komunikatów tekstowych. RM-100 jest również wyposażony w radiostację RS6113-2 i radiotelefon RT150, które są zainstalowane w module łączności. W skład podstawowego wyposażenia radaru wchodzi również odbiornik GPS i kompas. Antena nadawcza promieniuje sygnał sondujący, który ma postać ciągłej fali nośnej zmodulowanej w częstotliwości przebiegiem piło-kształtnym o nachyleniu ustalonym w zależności od zakresu instrumentalnego. Sygnały odebrane anteną odbiorczą podlegają wzmocnieniu i przemianie częstotliwości do pasma podstawowego (odbior homodynowy, kwadraturowy). Sygnał wyjściowy głowicy nadawczo-odbiorczej (wyjście pośredniej częstotliwości) charakteryzuje się widmem, którego rozkład gęstości mocy (częstotliwość wyjściowego sygnału) zależy od odległości celu, zatem estymacja odległości odbywa się na podstawie pomiaru częstotliwości sygnału pośredniej częstotliwości. Amplituda sygnału odwzorowuje skuteczną powierzchnię odbicia celu, a częstotliwość jego odległość. Informacje o wykrytych celach są zawarte w dziedzinie częstotliwości wyjściowych sygnałów wideo toru odbiorczego głowicy nadawczo-odbiorczej. Sygnał ten podlega dalszej obróbce w module radiolokacyjnym radaru. Algorytm przetwarzania sygnałów w radarach z falą ciągłą, do jakich zalicza się zestaw RM-100, różni się od stosowanych w klasycznych rada-



Maszt teleskopowy z anteną radaru RM-100

rach impulsowych. Do analizy stosuje się szybkie przekształcenie Fouriera (1024-punktowa FFT). Dalsze etapy przetwarzania są podobne jak w radarach impulsowych: CFAR, integracja binarna, korelacja. Tak przygotowane dane po ekstrakcji są przekazywane w formie plotów do układu śledzenia. Wyniki przetwarzania sygnału są zobrazowane na wskaźniku radaru w postaci wizji analogowej i syntetycznej.

Maszt jest rozwijany automatycznie metodą *teleskopową* w czasie 5 minut. Zestaw nadawczo-odbiorczy jest zamontowany bezpośrednio przy antenie, zaś sygnały po przemianie częstotliwości, z wyjścia odbiornika są przesyłane linią współosiową do kabiny operatora znajdującej się w pojeździe.

W eksploatowanych przez Marynarkę Wojenną dwóch radarach, w torze obróbki sygnału wykorzystuje się 1024-punktową transformatę Fouriera. Kolejne etapy przetwarzania sygnałów są podobne jak w radarach impulsowych, tzn. CFAR, układy integracji binarnej oraz korelacji. Radar jest wyposażony w dwie anteny: nadawczą i odbiorczą o aperturze 1,4 m, której prędkość obrotowa wynosi 30 obr./min. Dokładność namiaru kąta położenia obiektu wynosi 1° , natomiast odległości 1%. Urządzenie posiada sześć zakresów instrumentalnych, począwszy od 1,5 do 48 Nm. Praktyka wykazała, że nawet w trudnych warunkach pogodowych radar wykrywa mały okręt z odległości 12 Nm, okręt rakietowy o wyporności do 500 t z odległości 14 Nm, zaś dużą korwetę z 16 Nm.

Głównymi twórcami radarów rozwoju technologii FMCW i radarów te technologię wykorzystujących byli m.in. mgr inż. S. Plata, mgr inż. S. Tujaka, mgr inż. A. Grzywacz, mgr inż. P. Paprocki i mgr inż. J. Dębiński.

Trójwspółrzędny radar średniego zasięgu TRS-15 na pasmo S

W latach 1990. podjęto w PIT prace nad jednostką antenowo-odbiorczą CAR-100 pracującą w paśmie S na zamówienie indyjskiego LRDI. Jednostka ta została opracowana i dostarczona odbiorcy, gdzie po wdrożeniu stała się częścią mobilnego radaru produkowanego przez indyjski przemysł. Głównymi realizatorami tego projektu byli mgr inż. Anna Czwartacka i inż. Jerzy Kobierzycki. Antenę zaprojektował prof. S. Rosłonec.

Wykorzystując zdobyte doświadczenia, na potrzeby wojsk rakietowych i przeciwlotniczych opracowano w PIT mobilny trójwspółrzędny radar średniego zasięgu pracujący w paśmie S. Radar jest wyposażony w płaską antenę ścianową o 32 wierszach, ze stałym

Radar TRS-15



Dwa pojazdy zestawu TRS-15



wachlarzem elektronicznie sterowanych wiązek. Określanie położenia obiektu w azymucie realizowane jest w funkcji obrotu anteny, w elewacji przez wykorzystanie anteny zrealizowanej w postaci wielowiązkowej oraz techniki monoimpulsowej. System obróbki sygnału MTD jest realizowany przy pomocy 86 procesorów Power PC.

Radar, mający cechy radaru wykrywającego obiekty nisko lecące, jest wykorzystywany jako źródło informacji radiolokacyjnej do wczesnego ostrzegania na obszarze pola walki lub pokrywania polem radiolokacyjnym obszarów nie pokrytych przez inne radary średniego i dalekiego zasięgu. Radar automatycznie przekazuje do stanowiska dowodzenia dane o odległościach, azymutach i wysokościach wykrytych obiektów, jak również zapewnia ich śledzenie na obszarze ograniczonym w odległości do 150 km i w kącie elewacji do 30°. Czas rozwinięcia jednostki wynosi 20 minut. Zaimplementowane mechanizmy uogólniania umożliwiają współpracę z dwoma stacjami radiolokacyjnymi.

W pracach nad tym radarem, oprócz wcześniej wymienionych przy okazji obiektu CAR 100, brali najbardziej aktywny udział: mgr. inż. H. Kantecki, mgr. inż. Z. Oleksiak, dr. inż. W. Wizner i doc. inż. A. Kłoczek.

Aktywna antena radiolokacyjna na pasmo S

W PIT w 2006 zespół pod kierunkiem mgr. inż. Anny Czwartackiej rozpoczął prace koncepcyjne nad opracowaniem radaru pasma S z nadajnikiem półprzewodnikowym na bazie radaru TRS-15. W pracach brali m.in. udział mgr. inż. Bogdan Stachowski i mgr. inż. Piotr Szymański. Pierwszym etapem miało być opracowanie demonstratora aktywnej anteny radiolokacyjnej. Przyjęto następujące założenia:

- elektroniczne formowanie wiązek odbiorczych,
- wytworzenie wiązki sumacyjnej i różnicowej w elewacji,
- wytworzenie wiązki sumacyjnej i różnicowej w azymucie,
- elektroniczne sterowanie położeniem wiązek w elewacji.

Demonstrator miał pozwolić sprawdzić:

- koncepcję formowania wiązki nadawczej,
- koncepcję elektronicznego formowania wiązek sumacyjnej i różnicowej w azymucie,
- koncepcję elektronicznego formowania wiązek sumacyjnej i różnicowej w elewacji,
- rozwiązanie układowe i konstrukcyjne systemu chłodzenia,
- rozwiązanie układowe i konstrukcyjne systemu zasilania modułów.

Koncepcja systemu antenowego aktywnej anteny radiolokacyjnej bazowała na nadajniku półprzewodnikowym, rozproszonym z modułami nadawczo-odbiorczymi. Antena demonstratora składała się z 16 wierszy antenowych, gdzie każdy półwiersz jest zasilany przez moduł nadawczo-odbiorczy. System nadawczy aktywnej anteny składał się z szesnastowierszowej struktury promieniującej, bloków formowania wiązki nadawczej i wejściowego dzielnika mocy sygnału wzbudzenia. Przybliżony rozkład amplitudy dla charakterystyki elewacyjnej cosecans kwadrat został zrealizowanym za pomocą pięciu typów modułów N/O. Dzięki temu uzyskano całkowitą moc wypromieniowywaną przez antenę ok. 25 kW w impulsie. Moduły były zasilane przez Zespoły Pobudzenia Modułów ZPM. Bloki te realizowały zadany rozkład przesunąć fazy sygnałów doprowadzanych do wierszy antenowych dzięki zastosowanym wewnątrz 6-bitowym przesuwnikom fazy. Tory nadawcze modułów N/O były zbudowane jako wielostopniowe wzmacniacze dużej mocy.

Sygnał echa radiolokacyjnego odebrany przez półwiersz antenowy kierowany jest do modułu N/O. Wzmocnione sygnały echa z wyjść modułów zasilających ten sam wiersz są sumowane w sumatorze, który wydziela po 16 sum i różnic dla charakterystyk azymutalnych. Sygnały te są kierowane do Układu Formowania Wiązek UFW, gdzie formowane są charakterystyki elewacyjne wiązek odbiorczych za pomocą 6-bitowych cyfrowych przesuwników fazy oraz 6-bitowych cyfrowych tłumików. Poprzez odpowiednie sterowanie cyfrowymi przesuwnikami i tłumikami realizowane jest 5 położen elewacyjnych wiązek odbiorczych (pięć kierunków) w zakresie kątów $\pm 15^\circ$.



Radar TRS-15 w pozycji transportowej



Moduł nadawczo-odbiorczy



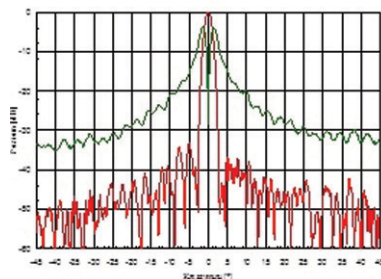
Zespół pobudzania modułów



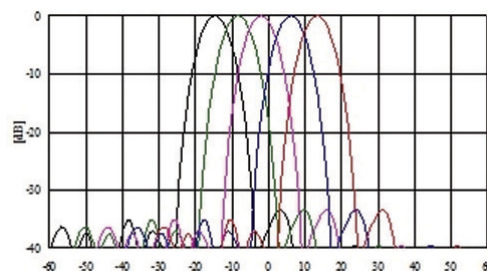
Zabudowa aparatury nadawczo-odbiorczej anteny



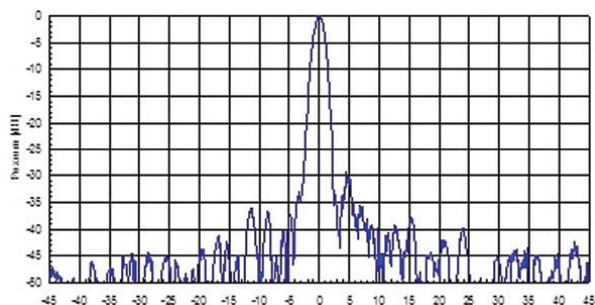
Demonstrator anteny aktywnej na wieży pomiarowej



Zmierzone odbiorcze azymutalne charakterystyki antenowe – sumacyjna i różnicowa



Rozkład wiązek antenowych w elewacji



Zmierzona azymutalna charakterystyka nadawcza

Pomiary charakterystyk antenowych urządzenia zostały przeprowadzone w okresie maj-czerwiec 2009 na poligonie antenowym PIT. Pomierzono charakterystyki odbiorcze na 5 częstotliwościach pracy urządzenia. Uzyskano poziom listków bocznych poniżej -30 dB w płaszczyźnie azymutu. W płaszczyźnie elewacji uzyskano wynik poniżej -27 dB. Poziomy listków bocznych zmierzonych charakterystyk nadawczych azymutalnych są nieco wyższe (około 2-3 dB) w porównaniu z charakterystykami odbiorczymi azymutalnymi, ale nadal poziom ten jest satysfakcjonujący i wynosi około -29 dB. Uzyskane wyniki pomiarów charakterystyk antenowych uznano za w pełni zadowalające. Wiązki są w pełni sterowalne elektronicznie w płaszczyźnie elewacji zarówno dla nadawania, jak i odbioru, co zostało sprawdzone w czasie pomiarów.

Wyniki oraz doświadczenia z przeprowadzonych badań anteny aktywnej dawały podstawę do podjęcia decyzji o kontynuacji prac nad budową całego radaru z anteną aktywną. Brak usterek w czasie pracy anteny dawały nadzieje na dużą niezawodność urządzeń produkowanych w przyszłości w oparciu o przedstawną koncepcję. Niestety, zachodzące zmiany organizacyjne i personalne spowodowały, że nie została ona wykorzystana w dalszych pracach.

Radar rozpoznania artyleryjskiego Liwiec

Skuteczność działań artylerii zależy w dużym stopniu od rozpoznania miejsc zlokalizowania stanowisk ogniowych nieprzyjaciela. W doktrynie wojennej przyjmuje się często granicę odległości tych stanowisk do 40 km. Funkcję tę współcześnie realizuje jeden z najnowocześniejszych na świecie, mobilny radar rozpoznania artyleryjskiego Liwiec. Na bazie doświadczeń zdobytych przy opracowaniu i badaniach radaru TRC-20 opracował go zespół badawczo-konstrukcyjny z Oddziału Gdańskiego PIT.

Architektura i wyposażenie radaru Liwiec pozwalają na wykorzystanie go w zintegrowanym systemie dowodzenia artylerii, jak również na bezpośrednią współpracę z pojedynczymi jednostkami ogniowymi. Wysoką mobilność RRA Liwiec osiągnięto poprzez zabudowę urządzenia na jednym pojeździe oraz zapewnienie krótkich czasów przygotowania do pracy i jej zakończenia. Wysoka odporność na czynniki środowiskowe, zakłócenia czynne i bierne oraz dwa niezależne źródła zasilania pozwalają na skuteczne wykorzystanie radaru na polu walki. Budowa stacji i sposób jej pracy zapewniają niską wykrywalność urządzenia przez środki walki radioelektronicznej oraz zwiększają szansę jego przetrwania podczas działań bojowych.

Wspomaganie walki z artylerią przeciwnika RRA Liwiec realizuje poprzez:

- automatyczne wykrywanie i śledzenie wielu pocisków artyleryjskich różnych typów,
- automatyczną klasyfikację typów pocisków oraz rodzajów stanowisk ogniowych,
- określanie położenia pojedynczych stanowisk i ich grupowanie,
- określanie współrzędnych punktu upadku pocisku,
- współpracę z zautomatyzowanym zestawem kierowania ogniem.

W torze nadawczym sygnał wzbudzenia, wytworzony w bloku wzbudzenia, jest wzmacniany przez zespół wzmacniacza składający się z przedwzmacniacza półprzewodnikowego oraz stopnia mocy opartego na lampie LFB z chłodzeniem cieczowym. Sygnał z wyjścia lampy o mocy ok. 10 kW w impulsie jest następnie traktowany falowodowo przesyłany do układu magicznego T, gdzie następuje jego podział na dwie części. Sygnał z każdego z wyjść magicznych T wchodzi torem współosiowym na wejście dzielnika sygnału. Każdy z dzielników realizuje kształtowany amplitudowo podział sygnału wejściowego między 32 wyjścia struktury promieniującej. Kolejnym etapem jest przejście sygnału przez sterowany przesuwnik fazy. Zadaniem przesuwników jest realizacja odpowiedniego rozkładu faz sygnału, zapewniającego sterowanie położeniem wiązki w płaszczyźnie azymutu. Na wyjściu przesuwników fazy znajdują się falowodowe sprzęgacze, wykorzystywane do wprowadzania sygnałów diagnostycznych w tory odbiorcze struktury antenowej. Ze sprzęgaczy diagnostycznych sygnał jest podawany bezpośrednio na wejście liniowego szyku szczelinowego struktury promieniującej, pracującego w układzie kolumnowym.

Kolumny struktury promieniującej odpowiedzialne są za kształtowanie parametrów kierunkowych anteny w płaszczyźnie elewacji oraz sterowaniem położeniem wiązki w tej płaszczyźnie. Do sterowania położeniem wiązki wykorzystuje się dyspersyjne własności falowodów uźebrowanych pobudzających liniowe szyki szczelinowe. Dzięki temu zmiana częstotliwości sygnału doprowadzonego do liniowego szyku powoduje zmianę kąta odchylenia wiązki głównej względem normalnej do apertury liniowego szyku. W torze odbiorczym sygnał odebrany przez strukturę promieniującą przechodzi aż do układu magicznego T przez te same elementy, co podczas nadawania, tj. sprzęgacz diagnostyczny, przesuwniki fazy oraz dzielniki sygnału. Ferrytowe przesuwniki fazy pracują z takimi samymi nastawami zarówno dla nadawania jak i odbioru. W układzie magicznym T są wytwarzane dwie wiązki, sumacyjna i różnicowa, wykorzystywane do wytworzenia charakterystyk pelengacyjnych na potrzeby estymacji położenia wykrytych obiektów w płaszczyźnie azymutu. Po przejściu przez cyrkulatory falowodowe, oddzielające tor nadawczy od odbiorczego sygnały z torów sumy i różnicy są wzmacniane przez zespoły odbiorcze, składające się z ogranicznika oraz niskoszumnego wzmacniacza b.w.cz o dużym wzmocnieniu i czułości. Z wyjścia wzmacniacza sygnał trafia do układów odbiorczych, gdzie zachodzi m.in. przemiana częstotliwości, kompresja oraz zamiana sygnału na postać cyfrową (przemiana A/C).

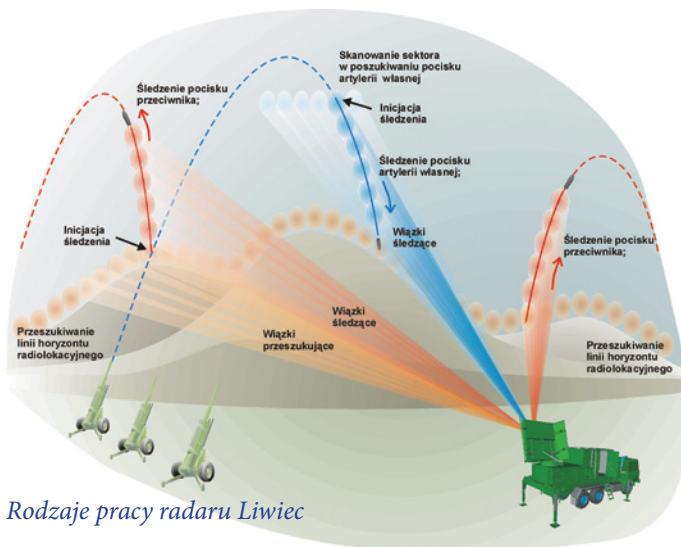
Twórcy tego radaru to: mgr T. Rutkowski, dr inż. W. Klemkowski, mgr inż. J. Miłoś, mgr inż. J. Małek, R. Jankowski, mgr inż. J. Wiśniewski, mgr inż. J. Popik, inż. Z. Piotrkiewicz i mgr inż. M. Sankowski. Technologie anten aktywnych pasma C rozwijane są przez zespół w składzie: mgr inż. J. Wiśniewski, mgr inż. T. Rutkowski, mgr inż. R. Matuszewski, mgr inż. J. Popik i mgr inż. A. Kręczkowski.



Radar rozpoznania artyleryjskiego Liwiec



Jedno z urządzeń wykorzystywanych bojowo w Afganistanie



Rodzaje pracy radaru Liwiec



*CRM-200 zamontowany
na maszcie okrętu*



Antena radaru CRM-200



*Stanowisko operatora
radaru CRM-200*

Cichy radar nawigacyjny CRM-200

Radar CRM-200 jest okrętową wersją radaru RM-100. Jest to radar FMCW pracujący w pasmie X o niskim poziomie mocy nadajnika (1mW, 1W), co klasyfikuje go w grupie radarów trudno wykrywalnych (LPI). CRM-200 wykrywa cele nawodne i określa ich parametry ruchu. Radar może automatycznie śledzić wykryte cele i przekazywać informacje o nich do systemu dowodzenia. Jest wyposażony w moduły realizujące funkcje ARPA. CRM-200 współpracuje z zewnętrznymi źródłami informacji, w tym wykorzystywanymi w systemie nawigacyjnym okrętu (GPS, LOG, żyrokompas).

Radar CRM-200 składa się z następujących bloków konstrukcyjnych:

- Blok Nadawczo-Odbiorczy,
- Blok Napędu i Złącza,
- Blok Monitora, Komputera i Zasilacza.

Bloki Nadawczo-Odbiorczy, Napędu i Złącza stanowią tzw. nadpokładową część radaru i są instalowane na maszcie, natomiast blok MKZ-20 jest instalowany w kabinie okrętu i stanowi tzw. podpokładową część radaru. Blok Nadawczo-Odbiorczy BNO-10 składa się z głowicy nadawczo-odbiorczej FMCW zintegrowanej z parą anten falowodowych szczelinowych o aperturze 2 m. Anteny są obracane z prędkością 30 obr./min. za pomocą silnika trójfazowego współpracującego ze złączem obrotowym. Odebrane sygnały radiolokacyjne podlegają obróbce w torze przetwarzania sygnałów Bloku Monitora, Komputera i Zasilacza i wizualizacji na monitorze kolorowym o przekątnej 20".

Tor przetwarzania sygnałów przeprowadza analizę widmową na podstawie 1024-punktowej szybkiej transformacji Fouriera (FFT). Na wyjściu analizatora widma otrzymuje się periodogram przedstawiający 512 komórek odległości, nazywany sygnałem wizyjnym. Pierwotna obróbka sygnału wizyjnego odbywa się w układzie stabilizacji poziomu fałszywego alarmu (CFAR), po którym następuje progowanie i integracja binarna w czasie oświetlenia celu przez wiązkę antenową. Po pierwotnej obróbce sygnał wizji jest zobrazowany jako wizja analogowa, a także jest wprowadzany do ekstraktora w celu selekcji celów śledzenia. Ekstraktor wyznacza środki ciężkości celów i pozycje celów we współrzędnych biegunowych (namiar i odległość), tzw. ploty, które przesyła do modułu śledzenia.

Radar CRM-200 ma cechy umożliwiające wykorzystanie go do nawigacji okrętu (w tym funkcje ARPA):

- zobrazowanie sytuacji w ruchu rzeczywistym i względnym,
- stabilizacja zobrazowania względem północy, kursu i dziobu,
- automatyczne śledzenie 40 celów z bieżącym wyliczaniem odległości minimalnego zbliżenia i czasu jego osiągnięcia,
- generowanie alarmów (kolizyjny, nowy cel, zgubiony cel),
- 6 zakresów pracy (od 0,75 do 24 Nm),
- stałe znaczniki odległości i ruchomy krąg odległości,
- mapy edytowane przez operatora (5 map po 100 elementów).

Radar wyposażony jest w dwie anteny – nadawczą i odbiorczą o aperturze 2 m. Szerokości wiązek nadawczej i odbiorczej wynoszą, odpowiednio, w azymucie 1,2° i elewacji 25°. Radar wykrywa mały okręt z odległości 12 Nm, okręt rakietowy do 500 t z odległości 14 Nm oraz dużą korwetę na dystansie 16 Nm.

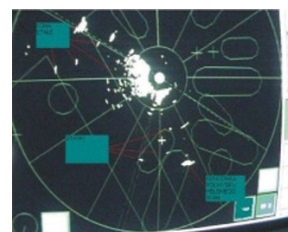
RadAR obrony okrętu MRC-10

Urządzenie MRC-10 to trójwspółrzędny, koherentny radar z elektronicznie sterowaną wiązką antenową w płaszczyźnie elewacji. Przeszukiwanie w płaszczyźnie azymutalnej odbywa się poprzez mechaniczny obrót anteny. Obracająca się antena nadawczo-odbiorcza składa się z następujących bloków funkcjonalnych:

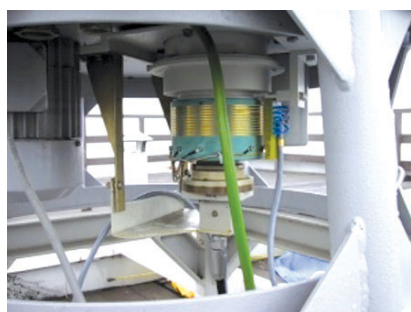
- struktury promieniującej w postaci liniowych szkieletów szczelinowych, asymetrycznie pobudzanych przez falowód grzbietowy, poszczególne liniowe szkielety tworzą wiersze struktury promieniującej,
- zespołu przesuwników fazy zasilanego i sterowanego za pośrednictwem sterownika wraz z impulsatorem,
- układu dzielnika mocy zapewniającego odpowiedni rozkład mocy na wejściach wierszy struktury promieniującej oraz pozwalającego uzyskać wiązki wyjściowe sumacyjną i różnicową.

Układ napędu anteny oprócz jej obrotów generuje też dane wymagane przez układ obrazowania, tj. sygnał przyrostu kąta oraz sygnał przejścia przez zero.

Sygnały mikrofalowe i sterujące między obracającą się anteną, a pozostałymi blokami są przekazywane za pomocą złącza obrotowego. Sygnał wzbudzenia traktu nadawczego po wzmocnieniu przez nadajnik jest przesyłany do anteny. Dla potrzeb testowych istnieje możliwość odłączenia anteny i przesyłania całego sygnału z nadajnika za pośrednictwem przełącznika ASO do sztucznego obciążenia. Natomiast sygnał odbiorczy, w kanale sumacyjnym wydzielony przez cyrkulator, po wzmocnieniu w wejściowych wzmacniaczach odbiorczych, przesyłany jest do głowic odbiorczych, gdzie następuje jego dalsze wzmocnienie i podwójna przemiana częstotliwości.



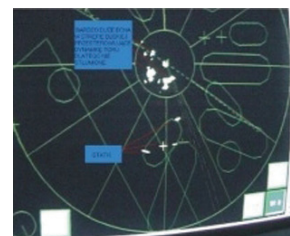
Zdjęcie z ekranu wskaźnika przy wyłączonym filtrze TES. Długość impulsu – 5 μ s, zakres – 50 km



Widok złącza obrotowego



Widok osłony struktury promieniującej anteny



Zdjęcie z ekranu wskaźnika przy włączonym filtrze TES. Długość impulsu – 5 μ s, zakres – 50 km

RadAR samolotowy ARS-400 i system rozpoznania morskiego Bryza 1RM/BIS z radarem ARS-800

Na początku lat 1990. rozpoczęto w PIT prace nad radarem samolotowym rozpoznania morskiego. Pierwsze próby przeprowadzono instalując na pokładzie samolotu Bryza (An-28) radar nawigacyjny zakupiony w RADWAR. Doświadczenia zdobyte w trakcie badań w locie dały podstawy do zbudowania radaru ARS-40, wyposażonego w system obróbki, opracowany przy współpracy z Politechniką Warszawską, oraz system obrazowania numerycznego (RADWAR) spełniającego wymagania Marynarki Wojennej. Radar ten przeszedł badania państwowe w 1997, a w latach 1999-2000 wyprodukowano 7 egzemplarzy i zamontowano na samolotach An-28 Lotnictwa MW. Prace nad tym radarem zainicjował mgr inż. Jan Piotrowski. W skład zespołu realizatorów z PIT wchodził mgr inż. A. Gadoś i konstruktor mgr inż. J. Wnuk. Do zespołu dołączył mgr inż. M. Mordzonek. Na potrzeby systemu zespół w składzie: mgr inż. W. Buszka, K. Kotus, R. Opała, T. Rems i E. Łaska opracował obiekt lotniczy Ł10M/ŁŚ systemu Łeba.

Samolotowy System Rozpoznania Morskiego na samolocie Bryza 1RM jest przeznaczony do patrolowania i kontroli powierzchni morza oraz transmisji danych o wykrytych obiektach do systemu dowodzenia MW RP. W skład systemu wchodzi:



Antena radaru ARS-800

Samolot Bryza 1RM/BIS
z radarem i systemami
wykrywania okrętów
podwodnych



Wnętrze kabiny samolotu
Bryza 1R/BIS



Stanowisko operatora
radaru

- radar pasma X ARS-400 ze stanowiskiem operatora,
 - samolotowy podsystem dowodzenia i kontroli ŁS-10 z dwoma stanowiskami operatora.
- System uzyskał trzykrotnie wysoką ocenę na manewrach NATO w latach 1999, 2001 i 2003.

Jako rozwinięcie istniejącego systemu PIT rozpoczął w 2001 opracowanie nowego Samolotowego Systemu Rozpoznania Morskiego SRM-800 na samolocie Bryza 1RM/BIS. W skład nowego, systemu wchodzi:

- nowy, wielomodowy radar pasma X ARS-800 (funkcje – patrolowa, SAR, ISAR, DBS, MTD) z interogatorem IFF,
- samolotowy system dowodzenia i kontroli ŁS-10M,
- podsystemy wykrywania okrętów podwodnych (hydroakustyczny – HYD-10, magnetometryczny – MAG-10),
- system rozpoznania radiolokacyjnego ESM-10.

Prace nad urządzeniami Bryza 1RM i Bryza 1RM/BIS prowadzone były wspólnie z producentem samolotu – PZL w Mielcu.

Radar samolotowy ARS-800 stanowi zmodernizowaną wersję radaru ARS-400 z nadajnikiem koherentnym na lampie z falą bieżącą (LFB) o zwiększonej mocy średniej i impulsowej. W rozwiązaniu tym zastosowano znacznie bardziej rozbudowane układy obróbki sygnałów, wprowadzono śledzenie obiektów oraz zobrazowanie syntetyczne. Dzięki tym modyfikacjom uzyskano znaczne zwiększenie możliwości użytkowych radaru oraz poprawę jego parametrów, głównie w odniesieniu do jego zasięgu i odporności na zakłócenia czynne i bierne.

Radar ARS-800 jest wyposażony w specjalizowany system telekomunikacyjny, za pomocą którego dane o wykrytych i śledzonych obiektach są przesyłane do naziemnych systemów dowodzenia. Rozpoznanie *swój-obcy* realizowane jest poprzez zainstalowany na samolocie system IFF. Zasięg instrumentalny radaru zwiększono do 160 km, dzięki zastosowaniu koherentnego nadajnika o mocy średniej 160 W. Z kolei kompresja impulsu i rozbudowane układy obróbki odbieranych sygnałów zapewniają bardzo dobrą odporność radaru na zakłócenia czynne i bierne. Płaska, falowodowa antena ścianowa radaru charakteryzuje się zyskiem energetycznym 32 dB przy szerokości wiązki w azymucie 2° i 9° w elewacji. Zmieniono również prędkości obrotowe anteny, które można dobierać w zależności od liczby obserwowanych obiektów i warunków atmosferycznych. Wynoszą one obecnie, odpowiednio, 3, 7,5, 15 i 30 obr./min. Wiązka antenowa jest stabilizowana w zakresie przechyłów samolotu $\pm 20^\circ$. Radar potrafi wykryć ponton z odległości 20 km, mały jacht z 35 km, trawler rybacki z odległości 80 km, zaś okręt lub statek o skutecznej powierzchni odbicia 300-500 m² z odległości powyżej 100 km.

Radar FMCW do kontroli strefy lotniska ASC-10

Wykorzystując doświadczenie uzyskane przy badaniach radarów FMCW sprawdzono możliwość wykorzystania takiego radaru dla zapewnienia bezpieczeństwa ruchu pojazdów i ludzi na płycie lotniska i w bezpośrednim jego sąsiedztwie. W OG PIT opracowano radar ASC-10, pracujący na fali ciągłej z liniową modulacją częstotliwości. Radar przekazuje do wieży kontroli lotów informacje o stojących i poruszających się po płycie lotniska samolotach, pojazdach obsługi i ludziach. Mała moc promieniowana przez antenę radaru – ok. 1 W – nie zagraża pasażerom ani obsłudze lotniska. W radarze zastosowano dwie anteny szczelinowe: nadawczą oraz odbiorczą umieszczone jedna nad drugą. Obie anteny charakteryzują się zyskiem energetycznym 33 dB i obracają się z prędkością 24 obr./min. Szerokości wiązki w obu antenach wynoszą, odpowiednio, $0,7^\circ$ w azymucie i 22° w elewacji. Zasięgi radaru, w zależności od ustawionego poziomu mocy nadawanej, wynoszą odpowiednio 1,5 i 3 km. Blok nadawczo-odbiorczy jest umieszczony bezpośrednio przy zespole antenowym, natomiast sterowanie pracą radaru i zobrazowanie na kolorowym monitorze rastrowym znajduje się na wieży kontroli lotów.

Jednym z podstawowych zadań radaru lotniskowego jest detekcja obiektów znajdujących się na pasach startowych i drogach kołowania samolotów. Obiektami tymi mogą być zarówno samoloty, samochody, jak też ludzie i zwierzęta, które mogą powodować niekontrolowane zdarzenia, zwłaszcza w fazie startu i lądowania. Wynikają stąd wymagania dotyczące rozdzielczości i rozróżnialności. W założeniach przyjęto docelowo uzyskanie rozdzielczości w odległości 2,5 m oraz rozróżnialności 7,5 m przy zakresach instrumentalnych 1,5 km i 3 km.

Drugim kluczowym parametrem radaru lotniskowego jest jego kompatybilność z innymi urządzeniami pracującymi na lotnisku oraz bezpieczeństwo dla personelu stale pracującego w strefach oświetlanych wiązką anteny nadawczej. Wymaganie to jest spełniane dla nadajników FMCW, które na ogół pracują z mocą nie przekraczającą 1 W. Spełnienie bardzo wysokich wymagań wobec rozdzielczości wymagało opracowania nowego toru obróbki FFT, zwiększając jej długość z 1024 (obróbka w radarach RM-100/CRM-200) do 4096 punktów. Pociągnęło to za sobą również konieczność zwiększenia dewiacji nadajnika do 108 MHz oraz pasma toru odbiorczego do 2 MHz. Kolejną wprowadzoną i przetestowaną w radarze lotniskowym zmianą konstrukcyjną, istotnie wpływającą na rozdzielczość radaru FMCW, było opracowanie nowej aplikacji głowicy nadawczo-odbiorczej w oparciu o syntezę częstotliwości DDS. Opracowanie aplikacji toru nadajnika FMCW z syntezą częstotliwości zostało podyktowane koniecznością poprawy jakości generowanych sygnałów radiolokacyjnych. Mają one istotny wpływ na zasięgi wykrywania celów oraz rozróżnialność odległościową. Czynniki pogarszającymi wyżej wymienione parametry radaru FMCW jest między innymi niestabilność częstotliwości nośnej nadajnika (do tej pory w torze nadajnika wykorzystywano wolnobiegające oscylatory YIG) i nielinio-wość modulacji. Wymaganą w pełni koherentną generację sygnałów liniowo zmodulowanych w częstotliwości zapewnia cyfrowa synteza DDS, na bazie której została zrealizowana koncepcja nowego rozwiązania toru nadajnika.

Przyjęto następujące założenia techniczne dla modelu radaru lotniskowego:

- nadajnik: moc wyjściowa – 1 W, 100 mW, 10 mW, 1 mW; pasmo pracy – 9,3-9,5 GHz; rodzaj modulacji – FMCW, DDS; okres modulacji – 1 ms; dewiacja częstotliwości – 108 MHz dla obu zakresów instrumentalnych 1,5 km i 3 km.

- odbiornik: odbiór harmonowy kwadraturowy; zasięgowa regulacja wzmocnienia – 6 dB/okt lub 12 dB/okt; wzmocnienie – 100 dB, pasmo p.cz – 2 MHz, współczynnik szumów – 2 dB.

Oprogramowanie stanowiska operatora wymagało rozbudowy ze względu na funkcje ZOOM i konieczność dopasowania do wymagań na rozróżnialność odległościową.

W badaniach funkcjonalnych przeprowadzono ocenę uzyskanych zobrazowań radiolokacyjnych na zakresach 0,75-3,0 Nm pod kątem wykrywalności różnych obiektów (samoloty, pojazdy, ludzie) oraz rozróżnialności kątowej i odległościowej. Przykład zarejestrowanego zobrazowania dla zakresu 0,75 Nm przy mocy nadajnika 1 mW oraz fragment otoczenia stanowiska pomiarowego został przedstawiony na ilustracjach.



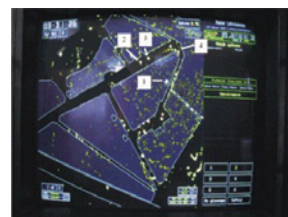
Antena radaru ASC-10



Konsola operatora radaru ASC-10



Płyta lotniska z zaznaczonymi obiektami



Zobrazowanie radiolokacyjne dla zakresu 0,75 Nm (moc nadajnika – 1 mW)

Widać na nich prawidłową detekcję nieruchomych obiektów (1), (2), (3) – śmigłowiec na platformie startowej oraz dwa samoloty na pasie startowym – oraz poruszający się samochód (4) wraz z naniesioną na zobrazowaniu historią (trasą przemieszczania się). Na zobrazowanie naniesiona jest mapa dróg kołowania i innych dojazdowych w otoczeniu stanowiska pomiarowego. Pas startowy i gładkie drogi są prawidłowo odwzorowywane na zobrazowaniu w postaci ciemnych torów, na tle których łatwo są rozpoznawane obiekty powodujące odbicie rozproszone (pojazdy, samoloty, ludzie). Istnieje dodatkowo możliwość wygaszania praktycznie wszystkich stref poza istotnymi z punktu widzenia monitorowania ruchu na lotnisku pasami startowymi i drogami kołowania.

W czasie badań funkcjonalnych oceniono jako prawidłową detekcję celu w postaci pojedynczego człowieka, poruszających się na lotnisku pojazdów i kołujących samolotów. Zdolność wykrywania tych obiektów uznano na etapie prac modelowych za zadowalającą. Ocenę rozróżnialności odległościowej przeprowadzono na zakresie 0,75 Nm z udziałem dwóch osób znajdujących się na pasie startowym lotniska. Uzyskano rozróżnialność około 6,5 m. Wynik ten jest zgodny z przyjętymi wymaganiami i całkowicie potwierdza możliwość wykorzystania radaru z modulowaną częstotliwościową falą ciągłą jako radaru lotniskowego.

Mobilna małowagarytowa stacja radiolokacyjna (MMSR)

MMSR została opracowana w RADWAR na bazie nowoczesnych technik opanowanych w ramach projektu Loara. To samojezdny radar 3D w paśmie S, przeznaczony do wykrywania i wskazywania celów powietrznych w systemach obrony przeciwlotniczej krótkiego zasięgu. Montowany jest na lekkich podwoziach kołowych. W wersji eksportowej zastosowano podwozie Land Rover. Dla krajowego użytkownika przygotowano wersję na pojeździe opancerzonym Żubr. Antena w pozycji roboczej jest podnoszona hydraulicznie do wysokości ok. 4 m nad ziemią. Pojazd jest automatycznie poziomowany za pomocą czterech podnośników hydraulicznych. Sterowanie pochyleniem słupa anteny, przy rozwijaniu na terenie pochyłym, po ustawieniu pojazdu wzdłuż pochyłości pozwala skompensować kąt pochyłości i wypoziomować płaszczyznę obrotów anteny. Przy nominalnej prędkości obrotowej anteny 30 obr./min. zapewnia zasięg wykrywania 40 km i pułap 8 km dla typowego samolotu myśliwskiego. Możliwa jest też praca z dwukrotnie podwyższonymi obrotami anteny i zasięgiem instrumentalnym skróconym do 20 km – rodzaj pracy bardzo korzystny w przypadku obserwacji szybkich celów manewrujących.

Radar został opracowany przez zespół w składzie: mgr inż. P. Jarosz, mgr inż. J. Hardejewicz, mgr inż. J. Mieszkowski i mgr inż. U. Krawczuk.

Radar MMSR



Radar N 22N(3D)

N 22N(3D) jest kontynuacją rozwoju MMSR, o zasięgu wydłużonym do 100 km. Ma antenę rozkładaną na wysokości około 7 m. Całe podwozie jest stabilizowane w czasie pracy podporami hydraulicznymi. W niewielkiej kabinie operacyjnej jest jedno stanowisko operatora, a drugie może być urządzone jako zdalne, umieszczone w odległości kilkuset metrów i połączone kablem światłowodowym. Podobnie jak MMSR, radar N 22N(3D) ma antenę czternastowierszową, ale jej wiersze zostały wydłużone do 3 m, aby zwiększyć powierzchnię apertury i zysk kierunkowy. Ponadto, w celu zwiększenia zasięgu w tym radarze, zastosowano dwukanałowy nadajnik pracujący z rozstawem częstotliwości i impulsem wydłużonym do 40 ms. Maksymalizacji zasięgu sprzyja też zaawansowana obróbka sygnałów technika MTD.

Radar N 22N(3D) może pracować w dwóch trybach: maksymalnego zasięgu (100 km) przy standardowych obrotach anteny (12 obr./min.) lub w trybie skróconego zasięgu (60 km) z obrotami anteny podwyższonymi do 24 obr./min. Pułap wykrywania w obydwu trybach wynosi ok. 8 km. Wachlarz 6 wiązek odbiorczych pozwala na pokrycie elewacji do 40°. System przetwarzania danych umożliwia automatyczne śledzenie do 100 tras oraz kojarzenie wykryć radaru i systemu IFF. Znaczące dla odporności radaru na zakłócenia listki boczne anteny nie przekraczają – 45 dB (średnia), a współczynnik widzialności na tle ech stałych jest na poziomie 40 dB. Radar wyposażony jest w układy pelengacji zakłóceń i automatycznego wyboru częstotliwości najmniej zakłóconej. Dane wyjściowe mogą być transmitowane przewodowo bądź drogą radiową.

W opracowaniu tego radaru wzięli udział m.in. mgr. inż. Z. Czekala i mgr inż. J. Ostrawski.



Radar N 22N(3D)

Stanowiska operatorów radaru N 23N



Zdolna do przerzutu stacja radiolokacyjna Soła (ZDPSR)

ZDPSR Soła jest nowoczesnym, wielozadaniowym trójwspółrzędnym radarem przeznaczonym do wykrywania i wskazywania celów powietrznych w systemach obrony przeciwnocnej krótkiego (SHORAD) i bardzo krótkiego (VSHORAD) zasięgu. Przewidując możliwość zastosowania radaru do osłony baz czy przemieszczających się wojsk, ZDPSR Soła ma zdolność do wykrywania śmigłowców w zawisie. Małe wymiary i masa sprawiają, że jest to urządzenie łatwe do szybkiego przerzutu, także transportem lotniczym, a konstrukcja na pojeździe zapewnia mu manewrowość i szybkie osiągnięcie gotowości bojowej po rozładunku.



Radar Soła

Radar pracuje w paśmie S i przeszukuje przestrzeń elektronicznie sterowaną wiązką promieniowania mikrofalowego w płaszczyźnie pionowej (elewacji), przy jednoczesnym mechanicznym obracaniu anteną w płaszczyźnie poziomej (azymutu). Wykorzystuje najnowocześniejsze techniki radarowe, takie jak cyfrowe formowanie wiązek odbiorczych, cyfrowa synteza i kompresja impulsów, pomiar wysokości metodą monoimpulsową fazową. Ze względu na możliwe obsługiwane środki ogniowe, zasięg instrumentalny radaru wynosi 50 km, a początkowa strefa martwa radaru kończy się na odległości nie większej niż 800 m. Praca w zautomatyzowanym systemie przeciwlotniczym wymusza jak najkrótszy czas odnowy informacji, od 1 s, zależnie od trybu pracy.

Radar zapewnia wykrywanie samolotu myśliwskiego w odległości 40 km przy pułapie do 8000 m. Dokładność wynosi 30 m w odległości i 350 m w wysokości (na odległości 20 km). Odporność radaru na zakłócenia zapewniają:

- niski poziom listków bocznych anteny,
- cyfrowa kompresja impulsu sondującego,
- pelengacja i śledzenie nośników zakłóceń aktywnych,
- automatyczny wybór najmniej zakłóconej częstotliwości,
- stabilizacja poziomu fałszywego alarmu.

ZDPSR Soła dostarcza cyfrowe dane radiolokacyjne w formatach ASTERIX i I-Link drogą radiową lub przewodową, zapewniając łatwą integrację z pozostałymi komponentami systemu przeciwlotniczego.

Praca była realizowana z inicjatywy dr. inż. T. Brennera, a kierowana przez mgr. inż. P. Jarosza i mgr. inż. T. Górniaka.

Produkcja urządzeń radiolokacyjnych

W latach 1955-2014 hale RADWAR i PIT opuściło niemal 900 dużych urządzeń radiolokacyjnych, przy czym PIT zajmował się głównie produkcją jednostkową. Ta wartość nie obejmuje dużej ilości radarów nawigacyjnych ani radarów produkowanych na potrzeby kontroli szybkości pojazdów. Brak także radarów produkowanych na licencji ZSRR. Faktem jest jednak znaczne załamanie produkcji po 1989, co było związane ze zmniejszeniem liczebności sił zbrojnych oraz ograniczeniem wydatków zbrojnych na całym świecie.

Z tabeli wynikają następujące wnioski.

- Różnorodność typów pokazuje potencjał badawczo-rozwojowy i zdolności innowacyjne do tworzenia nowych rozwiązań. Te możliwości nie uległy zmniejszeniu w wyniku połączenia spółek. Wręcz przeciwnie, musi tu wystąpić efekt synergii.

- Długość okresów, w jakich urządzenia były produkowane, świadczy o ich jakości i umiejętności utrzymywania ich na rynku poprzez kolejne modernizacje.

- Wielkość serii produkcyjnych świadczy o umiejętności produkcji zarówno pojedynczych egzemplarzy, jak i dużych serii wyrobów oraz umiejętności utrzymywania się w cenach atrakcyjnych dla klientów.

Nazwa	Lata	K	E
Nysa	1956-1961	49	20
Jawor + Bogota	1963-1966	66	
Jawor M1, M2, L	1967-1982	200	
Nida	1975-1983	62	
Narew	1975-1984	74	
Avia A, B, C, D, W	1958-2000	20	7
N 23	1982-1992	13	
N 21	1984-1990	33	
N 31 + M + K	1985-1997	77	10
N 41	1988-1999	47	4
N 11 + 11M	1992-1996	5	
N 22	1997-2003	8	
RST 12 + 12M	1996-2007	10	
ARS 400 + ARS 800	1997-2003	7	
CRM-100	1997-2000	3	
TRS-15	2004-2012	5	
Liwiec	2007-2012	3	
RAZEM	1955-2014	876	81

K – kraj, E – eksport, liczba sztuk

Aktywne podzespoły mikrofalowe – Oddział Wrocławski PIT

Oddział Wrocławski PIT, przejęty z Politechniki Wrocławskiej na początku lat 1990., realizuje oprócz tematyki rozpoznania radioelektronicznego, mikrofalowe podzespoły dużej mocy oraz lampy mikrofalowe LFB (Lampy z Fałą Bieżącą; Traveling Wave Tube – TWT). Opracowano, produkowano i produkuje się kilkanaście typów lamp z falą bieżącą (LFB), impulsowych i o mocy ciągłej, z liniami opóźniającymi typu spiralnego, ring and bar, wnętrza sprężone, z chłodzeniem powietrzem, cieczą oraz przez przewodzenie. Lampy pracują w pasmach L, S, C i X. Przeznaczone są głównie do wykorzystania w stacjach radiolokacyjnych produkowanych w kraju. Są także przedmiotem eksportu (W. Brytania, USA, RFN, Szwajcaria – CERN). Głównymi realizatorami tej technologii są: dr inż. W. Wiejak, dr inż. E. Adamski, mgr inż. M. Adydan i mgr inż. J. Kalski.

Blisko 10 typów wzmacniaczy TWTA bazujących na lampach produkcji własnej lub importowanych przeznaczonych do nadajników stacji radiolokacyjnych produkcji PIT i RADWAR (np. RST-12M, Liwiec, ARS-800), a także w laboratoriach technologicznych, pomiarowych i naukowych, np. CERN, opracowano z udziałem dr inż. W. Wiejaka i mgr inż. D. Kotyla. Kilkanaście typów specjalizowanych wzmacniaczy niskoszumnych, zastępujących LFB w zmodernizowanych zestawach przeciwlotniczych Osa oraz kilka typów wzmacniaczy mocy i modułów n-o pasma L i S o mocy od kilkunastu W do 2,5 kW opracował zespół w składzie: mgr inż. Andrzej Zajdel, mgr inż. Dariusz Budziński i mgr inż. Piotr Furmański. We wrocławskim oddziale opracowano także prototyp i wdrożono do produkcji antenowe przesuwniki fazy dużej mocy PFS-3234 dla radaru Soła.

SYSTEMY AUTOMATYZACJI DOWODZENIA

Wraz z rozwojem techniki radarowej i nowoczesnego uzbrojenia na potrzeby obrony przeciwlotniczej, wzrosły wymagania na dokładność wykrywania obiektów powietrznych, określania ich wysokości oraz przynależności. Wzrost natężenia lotniczego ruchu pasażerskiego, ze względów bezpieczeństwa, wymagał coraz dokładniejszych informacji o przebiegu lotów.

Jednoczesne wykrywanie obiektów przez wiele urządzeń radiolokacyjnych poprawiło sytuację, ale kojarzenie wykryć z wielu radarów stworzyło nowe wyzwania. Dopiero rozwój techniki cyfrowej i informatyki umożliwił realizację systemów pozwalających na efektywne zarządzanie ruchem lotniczym i wspomaganie dowodzenia w zakresie obrony przeciwlotniczej, marynarki wojennej i wojsk lądowych.

W PIT w 1963 został utworzony Zakład Techniki Cyfrowej, który został włączony do realizacji programu *Hawana*. Jego celem było wykonanie modelu 3-współrzędnej stacji radiolokacyjnej. W stacji tej, po raz pierwszy w historii polskiej radiolokacji, zastosowano komputer – Odra 1204, produkowany przez Wrocławskie Zakłady Elektroniczne Elwro (licencja angielskiej ICL). Dzięki temu, po raz pierwszy, nastąpiło sprzężenie *świata analogowego*, jakim była część nadawczo-odbiorcza stacji radiolokacyjnej, ze *światem cyfrowym*.

W tym czasie w PIT zaczęła się wyraźnie kształtować tematyka dotycząca systemów obrony powietrznej, w tym rozpoznania radiolokacyjnego. Wojska Obrony Powietrznej Kraju już w latach 1960. eksploatowały zautomatyzowany system zbioru i zobrazowania informacji radiolokacyjnej Wozduch 1P (produkcji ZSRR) oraz tzw. *system planszетowy*. Żaden z nich w latach 1970. nie spełniał już wymagań współczesnego pola walki. Istniała pilna potrzeba automatyzacji przede wszystkim podsystemu rozpoznania radiolokacyjnego WOPK. Na początku lat 1970. w PIT został zrobiony pierwszy krok – uruchomiono pracę *Dunajec*.

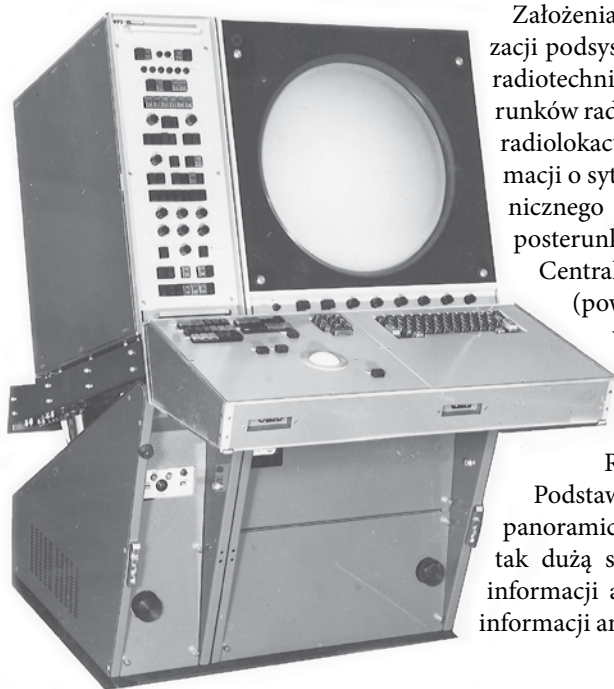
Wskaźnik WPS-10

Obiekty automatyzacji dowodzenia Dunajec

Założenia programu *Dunajec* zawierały wymagania na dwa obiekty automatyzacji podsystemu rozpoznania radiolokacyjnego szczebla taktycznego (batalionu radiotechnicznego). Jeden z nich, RPT-11 miał zapewniać automatyzację posterunków radiolokacyjnych, a drugi – RPT-21 automatyzację głównego posterunku radiolokacyjnego. Ich zadaniem było zapewnienie jednolitej (uogólnionej) informacji o sytuacji powietrznej w obszarze odpowiedzialności batalionu radiotechnicznego (brt), przy wykorzystaniu stacji radiolokacyjnych rozwiniętych na posterunkach.

Centralną częścią obiektu RPT-21 były dwie maszyny cyfrowe Rodan-10 (powstałe na bazie Odry 1325, produkcji WZE Elwro) połączone kanałem współpracy międzymaszynowej, za pomocą urządzeń transmisji danych z szybkością 60 lub 200 bit/s były połączone z trzema, a później i pięcioma oddalonymi kompaniami radiotechnicznymi, tj. z obiektami RPT-11. Ich centralną częścią była tylko jedna maszyna Rodan-10, powstała na bazie maszyny cyfrowej ODRA 1325).

Podstawowym środkiem zobrazowania informacji w obiektach był wskaźnik panoramiczno-syntetyczny WPS-10, pierwszy w Polsce wskaźnik, w którym na tak dużą skalę zastosowano technikę cyfrową. Umożliwiał on zobrazowanie informacji analogowej z jednego lub dwóch źródeł, albo zobrazowanie łączne informacji analogowej i cyfrowej, albo też zobrazowanie tylko informacji cyfrowej.



Zastosowane rozwiązania sprzętowe oraz programowe w obiektach RPT-11 i RPT-21 zapewniały:

- śledzenie obiektów powietrznych na podstawie informacji z wielu źródeł radiolokacyjnych,
 - dystrybucję jednolitej informacji o sytuacji powietrznej, w tym przekazywanie do obiektów szczebla operacyjno-taktycznego,
 - kierowanie podsystemem rozpoznania radiolokacyjnego szczebla taktycznego.
- Komendy i meldunki były przekazywane za pomocą dwóch cyfr, co umożliwiało wymaganą skrytość kierowania (kodowanie i dekodowanie za pomocą tablicy kodowej).

Prace nad systemem były prowadzone w PIT i w wielu instytucjach wojskowych. Jego producentem był Radwar.

Nagrodę MON I stopnia za opracowanie obiektów automatyzacji dowodzenia Dunajec-Z otrzymał zespół w składzie: dr inż. A. Janyszek, gen. bryg. inż. W. Wojciechowski, płk mgr inż. J. Ścieżka, płk dr inż. K. Zasada, mgr inż. Z. Pajewski, dr inż. K. Marcinkowski, inż. J. Jurzysta, mgr inż. W. Szelenbaum, ppłk mgr inż. F. Michalski, inż. I. Kulcenty, ppłk inż. J. Zając, kpt mgr inż. S. Burak, mgr W. Bielska, mgr inż. J. Rychlik i inż. R. Beluch. Nagrodą tą została wyróżniona grupa pracowników PIT, WZR Rawar, WITU, WZE Elwro i 96. RPW. W 1980 główni twórcy oraz organizatorzy produkcji i wdrożenia do eksploatacji obiektów automatyzacji Dunajec otrzymali Nagrodę Państwową II stopnia (zespołową). Nagrodę tę otrzymali: dr inż. A. Janyszek, inż. R. Beluch, doc. mgr inż. J. Fiett, inż. J. Jurzysta, technik W. Łukasik, ppłk mgr inż. F. Michalski, mgr inż. Z. Pajewski, mgr inż. J. Rychlik, płk mgr inż. J. Ścieżka, gen. bryg. inż. W. Wojciechowski i płk dr inż. K. Zasada.

Modernizacja Dunajca

Pierwsza połowa lat 1980. to czas realizacji drugiego etapu pracy *Dunajec*. Celem była zamiana wykorzystywanych w obiektach RPT-11 i RPT-21 (obiekty później otrzymały nowe nazwy – RPT-10 i RPT-20) urządzeń produkcji ZSSR, urządzeniami polskimi oraz rozszerzenie liczby i funkcji realizowanych w trybie automatycznym. Kolejnym celem była poprawa parametrów eksploatacyjnych (niezawodność, czas osiągnięcia gotowości bojowej).

W obiektach zastosowano:

- zestaw urządzeń do współpracy z wysokościomierzem radiolokacyjnym. Zestaw umożliwiał: automatyczne ustawienie anteny wysokościomierza na żądanym azymucie i wskazanie obiektu powietrznego na wskaźniku pomiaru wysokości (odległość i wysokość) oraz półautomatyczny pomiar i przesyłanie wyniku do komputera Rodan-10,
- wielomikroprocesorowy system ASM-10 dla realizacji podstawowych funkcji obiektu RPT-10, co w przypadku awarii komputera Rodan-10 zapewniało ciągłość pracy posterunku radiolokacyjnego,
- urządzenie automatycznego wykrywania obiektów powietrznych oraz automatyczną inicjację śledzenia wykrytych obiektów powietrznych,
- automatyczne śledzenie nośników zakłóceń typu szumowego.

W RPT-20 wskaźniki WPS-10 zamieniono nowymi, WPS-11. Wskaźnik ten znalazł wiele innych zastosowań. Został wdrożony do produkcji w WZR Rawar, gdzie powstało kilkuset sztuk. Był wielokrotnie modernizowany, głównie przez PIT.

Nowa wersja oprogramowania użytkowego dla zmodernizowanych obiektów została opracowana przez WITU. Pozytywne wyniki badań umożliwiły wdrożenie nowych urządzeń do produkcji w WZR Rawar oraz modernizację eksploatowanych obiektów.

W 1985 zespół głównych twórców zmodernizowanych obiektów, w składzie: dr inż. A. Janyszek, mgr inż. A. Kątki, mgr inż. Z. Pajewski, płk mgr inż. S. Ramel, mgr inż. S. Durbajło, płk mgr inż. T. Mikoś, mgr inż. J. Rozum, płk mgr inż. W. Skrzyński i mjr mgr inż. T. Bondarowicz, został wyróżniony nagrodą I stopnia (zespołową) Ministra Obrony Narodowej.

Doświadczenia z automatyzacji podsystemu rozpoznania radiolokacyjnego szczebla taktycznego wykorzystano w latach 1980. do opracowania zautomatyzowanego podsys-



Wskaźnik WPS-11

Zautomatyzowane stanowiska pracy



temu kierowania walką radioelektroniczną (WRE). Umożliwiał on zbieranie informacji ze stacji rozpoznania radioelektronicznego, przetwarzanie tej informacji i kierowanie stacjami zakłócania źródeł promieniowania elektromagnetycznego na samolotach lotnictwa uderzeniowego.

Na bazie nadwozia kontenerowego zbudowano obiekt Rudnia – centralny element podsystemu. Do budowy obiektu zastosowano m.in. maszynę cyfrową UMJS-10 (produkcji IKSAiP Wrocław) i wskaźniki WPS-11. Oprogramowanie obiektu Rudnia zostało opracowane przez zespół programistów wojskowych. Do sprzężenia obiektu Rudnia ze stacjami rozpoznania radioelektronicznego i stacjami zakłóceń opracowano przenośny pulpit – terminal, który został wprowadzony do wyposażenia tych stacji.

Terminal zapewniał odbiór komend i ich zobrazowanie oraz redagowanie sformalizowanych meldunków np. o wykryciu źródła promieniowania (azymut, częstotliwość) i ich przesyłanie do Rudnii. Zastosowana sygnalizacja świetlna i dźwiękowa informowała operatora o odebraniu komendy. Do obiektu mogła być dołączona stacja radiolokacyjna (odległościomierz), a odbierane informacje zobrazowane na wskaźnikach WPS-11.

Także w 1985 zespół twórców obiektów automatyzacji podsystemów kierowania walką radioelektroniczną Rudnia został wyróżniony Nagrodą Ministra Obrony Narodowej II stopnia (zespołową). Nagrodę otrzymali: dr inż. Z. Maik, mgr inż. S. Szewczyk, mgr inż. A. Karpa, technik J. Berliński, ppłk mgr inż. J. Misztal, płk mgr inż. E. Sołtysiak, płk mgr inż. B. Jaworski, mgr inż. M. Paluch, J. Balik, płk mgr inż. K. Wawrzykowski. Głównym projektantem podsystemu kierowania walką radioelektroniczną był dr inż. Z. Maik.

W 1988 Nagrodę Przewodniczącego KPO Rady Ministrów II Stopnia za opracowanie obiektów automatyzacji podsystemu kierowania walką radioelektroniczną otrzymał zespół w składzie: dr inż. Z. Maik, mgr inż. S. Szewczyk, ppłk mgr inż. J. Misztal, por. mgr inż. A. Chrzanowski, ppłk mgr inż. W. Strycharek, płk mgr inż. B. Jaworski, płk mgr inż. F. Michalski, mgr inż. M. Myszkowski i Z. Tekiel.

Integracja Dunajca

Trzeci etap rozwoju obiektów RPT-20 i RPT-10, realizowany na początku lat 1990., zapewnił ich integrację z odrębnymi systemami kierowania środkami obrony powietrznej szczebla taktycznego. Opracowano i wdrożono interfejs zapewniający wymianę informacji pomiędzy RPT-20 i kabiną WP-11M (produkcji ZSRR). Kabina wchodziła w skład punktu naprowadzania lotnictwa myśliwskiego. W wyniku realizacji nowych przedsięwzięć, stworzono możliwość zautomatyzowanego kierowania działaniami lotnictwa myśliwskiego, wojskami raketowymi, środkami WRE ze szczebla operacyjno-taktycznego (system CYBER opracowany przez WAT), a w razie potrzeby ze szczebla taktycznego (RPT-20 zapewniał możliwość stawiania zadań i kontrolę przebiegu ich realizacji). Działania bojowe środków obrony powietrznej były prowadzone przy wykorzystaniu jednolitej informacji o sytuacji powietrznej, źródłem której jest RPT-20 z podległymi obiektami RPT-10. Zapewniano w tamtych latach unikalną możliwość wykorzystania w podsystemie rozpoznania radiolokacyjnego informacji ze stacji rozpoznania radioelektronicznego, za pośrednictwem obiektu Rudnia.

W ciągu kilku lat w wyniku realizacji kolejnych etapów pracy *Dunajec* powstał zautomatyzowany system rozpoznania radiolokacyjnego oraz dowodzenia i kierowania środkami walki szczebla taktycznego. Zapewnił skrócenie czasu reakcji ogniowej i zwiększenie precyzji rażenia środków napadu powietrznego. Umożliwiał realizację w czasie rzeczywistym cyklu kierowania obejmującego: wykrycie celów powietrznych, identyfikację i ich śledzenie oraz rozdział celów, wskazanie celów, a na koniec odbiór meldunków o wynikach walki. Kierowanie walką z przeciwnikiem powietrznym było możliwe ze szczebla operacyjno-taktycznego oraz z szczebla taktycznego.

Niewiele krajów na świecie mogło opracować i wdrożyć do eksploatacji taki system. Jako głównych twórców systemu *Dunajec* należy wymienić mgr. inż. A. Janyszkę, mgr. inż. J. Rychlika, mgr. inż. T. Krupę, mgr. K. Marcinkowskiego oraz konstruktorów: mgr. inż. W. Biwana i mgr. inż. Z. Pajewskiego

Zautomatyzowany Wóz Dowodzenia Łowcza 3

W 1991 opracowano nowe założenia taktyczno-techniczne na Zautomatyzowany Wóz Dowodzenia (ZWD), a w 1992 PIT wspólnie z WZR Rawar wykonały prototyp Zautomatyzowanego Wozu Dowodzenia ZWD-10R Łowcza 3. Zbudowano go na gąsienicowym transporterze opancerzonym SPG-2A. Pojazd jest zdolny do poruszania się w każdym terenie, w tym również pokonywania przeszkód wodnych. Został wyposażony w system nawigacji lądowej, dzięki czemu dane o jego położeniu są cały czas uaktualniane i wprowadzane do aparatury analizy sytuacji.

Do realizacji funkcji zautomatyzowanego dowodzenia pojazd wyposażono w nowoczesną aparaturę, w której można wydzielić dwie zasadnicze grupy. Aparaturę automatyzacji dowodzenia tworzy serwer z centralną bazą danych oraz oprogramowaniem analizy sytuacji i obsługi modemów transmisji danych, a także 3 stacje robocze połączone siecią lokalną. Natomiast środki łączności obejmują 3 radiostacje UKF, zapewniające przesyłanie informacji w odległości do ok. 20 km, ograniczonym zasięgiem horyzontalnym, jedną radiostacją KF (opcjonalnie) pozwalającą na łączność dalszego zasięgu, do 70-100 km, zależnie od warunków terenowych i pogodowych, 8 portów łączności przewodowej do bezpośredniej, kierunkowej komunikacji z podległymi pododdziałami obrony przeciwlotniczej.

Zastosowane radiostacje są nowoczesnymi urządzeniami, zapewniającymi wielokrotny dostęp w trybie podziału czasowego TDMA oraz wysoką odporność na zakłócenia, dzięki trybowi pracy ze skaczącą częstotliwością oraz wbudowanym urządzeniom szyfrującym. Wszystkie radiostacje mają interfejs analogowy do łączności fonicznej i cyfrowy do transmisji danych. W celu zwiększenia zasięgu jednej radiostacji UKF pojazd wyposażony jest w automatycznie składany maszt antenowy, do którego można podłączyć wybraną radiostację do pracy na postoju. Pozostałe radiostacje wykorzystują anteny prętowe pozwalające na pracę w ruchu. Została także przewidziana łączność przewodowa.

Uruchomienie produkcji wozu ZWD i jego dalszy rozwój jest wynikiem prac prowadzonych przez Zakład Badawczo-Rozwojowy WZR Rawar. W pracach tych uczestniczyli m.in. inż. M. Frydrychiewicz, mgr inż. Z. Pajewski i mgr. inż. Zbigniew Lichnirowicz.

Zautomatyzowany wóz dowodzenia Łowcza 3...



...i jego wnętrze



Sala operacyjna
systemu Dunaj

System Dunaj

Druga połowa lat 1990. to czas szybkiego moralnego starzenia się zautomatyzowanego systemu OP eksploatowanego przez WLOP. Z eksploatacji zostały wówczas wycofane systemy Wektor i kabiny WP-11M. Wtedy to rozpoczęto realizację programu *Dunaj*. Jednakże proces wycofania z eksploatacji obiektów RPT-20 i RPT-10 rozpoczął się dopiero na początku XXI wieku.

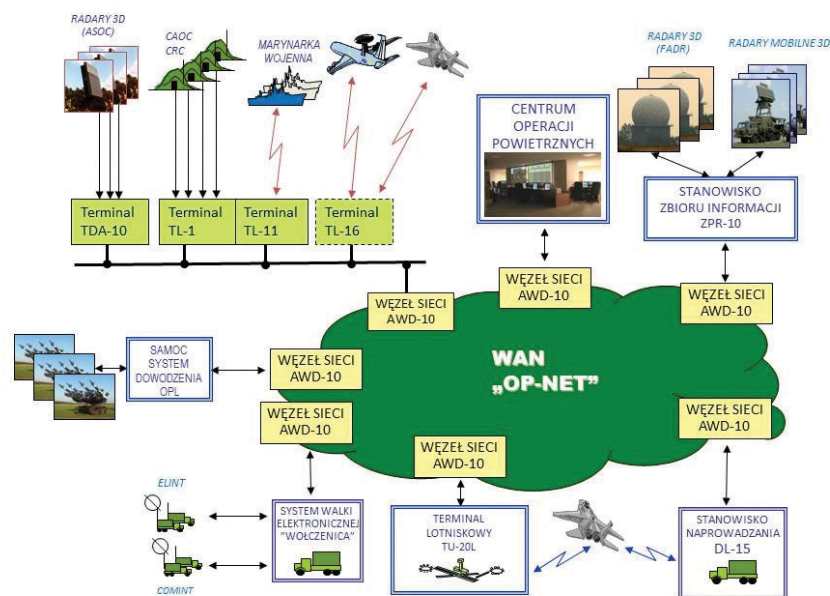
System Dunaj przeznaczony został do automatyzacji procesów tworzenia jednolitej informacji o sytuacji powietrznej oraz automatyzacji procesów dowodzenia i kierowania aktywnymi środkami walki sektora obrony powietrznej. Ponieważ Polska w 1999 wstąpiła do NATO, w nowym systemie uwzględniono wymagania integracji z systemem dowodzenia Sojuszu. Podstawowymi zadaniami systemu są:

- zbiór informacji o sytuacji powietrznej, naziemnej i nawodnej w sektorze i jego otoczeniu,
- identyfikacja obrazu sytuacji powietrznej RAP (ang. *Recognised Air Picture*),
- dystrybucja obrazu sytuacji powietrznej i taktycznej,
- zbiór informacji o gotowości bojowej jednostek uczestniczący w obronie sektora,
- wspomaganie podejmowania decyzji w dziedzinie obrony Sektora (lotnictwo, artyleria lufowa i raketowa, środki walki radioelektronicznej),
- dystrybucja decyzji (dystrybucja zadań bojowych).

W ramach realizacji systemu Dunaj zrealizowano następujące projekty:

- Terminal Lotniskowy TU 20L,
- Punkt Naprowadzania DL-15,
- Przelot SAMOC: System Dowodzenia Brygady Wojsk OPL Sił Powietrznych,
- Przelot SQOC: Stanowisko Dowodzenia Eskadry Lotnictwa Taktycznego,
- Wołcznica: System Dowodzenia Oddziałami Walki Radioelektronicznej.

Dunaj to system o otwartej architekturze, oparty na rozległej sieci komputerowej WAN, umożliwiającą rozbudowę aparatury i oprogramowania, dołączanie nowych, nowoczesnych źródeł, użycie mobilnych i transportowalnych modułów. System jest przeznaczony do pracy w sektorach Obrony Powietrznej RP. Obejmuje automatyzację Ośrodków Dowodzenia i Naprowadzania oraz współpracujących z nimi wielu poste-



System OP Dunaj

runków radiolokacyjnych i centrów dowodzenia środkami walki. Jest systemem rozproszonym, w którym wymiana informacji została oparta na rozległej, dedykowanej sieci komputerowej (WAN o nazwie OPNET). Sieć WAN zapewnia przesyłanie danych radarowych, dystrybucję obrazu sytuacji powietrznej oraz zarządzanie systemem.

W kolejnych etapach integracji przygotowano system do pracy w sieci standardu Link-11. Możliwość ta jest wykorzystywana do współpracy z samolotem wczesnego ostrzegania oraz odpowiednim systemem Marynarki Wojennej. Jednocześnie zapewniono pracę systemu Dunaj w zintegrowanym systemie symulacji sytuacji powietrznej oraz dołączenia radarów. Należy podkreślić, że projekt systemu zakładał implementację protokołu Link-16, dlatego bazy danych systemu zawierają informację wymaganą dla prowadzenia wymiany informacji w tym protokole.

Dzięki zastosowaniu w systemie automatyzacji obrony powietrznej rozwiązania opartego na sieci rozległej uzyskano wysoką niezawodność systemu i wymiany danych oraz możliwość rezerwacji.

Największy wkład w budowę systemu Dunaj wnieśli: mgr inż. A. Kątki, mgr inż. Jan Modelski, mgr inż. M. Myszkowski, mgr inż. A. Walczak, mgr inż. W. Byrski, mgr inż. K. Liwkowicz i mgr inż. M. Izak. System SAMOC realizowany był przez mgr inż. A. Walczaka, mgr inż. J. Chrobaka i mgr inż. Z. Trytkę. Wołcznica realizowana była przez mgr inż. A. Karwowskiego, mgr inż. J. Chrobaka, mgr inż. M. Barana i mgr inż. R. Słomskiego.

System dowodzenia związku taktycznego Szafran ZT

System dowodzenia związku taktycznego jest strukturą hierarchiczną, wieloszczeblową. W związku taktycznym występują szczeble korpusu, dywizji, brygady i batalionu z podległymi pododdziałami. Na każdym z tych szczebli występują Stanowiska Dowodzenia SD (z reguły więcej niż jedno) oraz mogą występować Punkty Dowódczo-Obserwacyjne.

Ilość stanowisk dowodzenia rozwijana na każdym szczeblu, struktura i realizowane zadanie są ustalone Regulaminem Wojsk Lądowych oraz decyzjami dowódcy. Przykładowo, w brygadzie mogą być tworzone: główne stanowisko dowodzenia i punkt dowódczo-obserwacyjny, a w składzie każdego stanowiska można wyróżnić część operacyjną SD (organ dowodzenia – podstawowy element systemu dowodzenia). W składzie stanowisk dowodzenia występują zespoły (na wyższych szczeblach występują centra, a na niższych sekcje):

- dowodzenia: pełniące funkcję planistyczną, organizacyjną, koordynacyjną oraz przygotowujące dane do podjęcia decyzji,
- wsparcia dowodzenia: organizujące i nadzorujące przepływ informacji między poszczególnymi elementami SD (w poziomie) i na zewnątrz (w pionie) oraz zapewniające ich bezpieczeństwo,
- wsparcia działań: planujące i koordynujące użycie pododdziałów wsparcia np. środków i sił OPL,
- zabezpieczenia działań: organizujące zabezpieczenie logistyczne działań, uzupełnianie stanów osobowych.

Stanowiska dowodzenia są mobilne, rozwijane w każdych warunkach klimatycznych i terenowych. Informatyczny system wspomagania dowodzenia związku taktycznego powinien zapewniać:

- zwiększenie szybkości i jakości przepływu informacji pomiędzy komórkami (zespołami) oraz między stanowiskami dowodzenia,
- skrócenie czasu opracowania dokumentów (rozkazy, zarządzenia) i czasu ich rozpowszechniania (zastosowanie dokumentów elektronicznych),
- przyspieszenie procesów planowania (usprawnienie pracy grupowej, jednolita baza danych),
- stosowanie w procesach podejmowania decyzji tzw. kalkulacji operacyjnych oraz zwiększenie ilości i jakości danych wykorzystywanych w procesach decyzyjnych.

W procesach opracowania i rozwoju zautomatyzowanego systemu dowodzenia związku taktycznego uwzględnione są wymagania z zakresu standaryzacji, interoperacyjności i bezpieczeństwa.



*Zautomatyzowany
Wóz Sztabowy ZWS-10S
(ZWS-20, ZWS-10).
Samochód Star 944DK,
nadwozie kontenerowe
typu 890, przyczepa D622
z zespołami prądotwórczymi*

*Zautomatyzowane
stanowisko pracy
w wozie ZWS-10*



Pod interoperacyjnością rozumie się zdolność dwóch lub więcej systemów do wzajemnej wymiany informacji i wzajemnego wykorzystania wymienionej informacji. Przyjęta koncepcja budowy informatycznego systemu wspomagania dowodzenia ZT zakłada, że na każdym stanowisku dowodzenia będzie rozwijana *mobilna lokalna sieć komputerowa stanowiska dowodzenia*. Sieć ta zapewnia osobom funkcyjnym korzystanie z zautomatyzowanych stanowisk pracy (stacji roboczych), dostęp do wspólnej, jednolitej i aktualnej bazy danych, możliwość wymiany dokumentów itp. Mobilne lokalne sieci komputerowe są ze sobą połączone przez system komutacji pakietów tworząc rozległą sieć komputerową, która zapewnia kompleksową automatyzację procesów dowodzenia związku taktycznego.

Elementy systemu dowodzenia wymagające nie tylko pracy na postoju, ale i w ruchu, są wyposażone – oprócz środków do łączności przewodowej – w środki łączności radiowej UKF (PR46) i KF, które zapewniają pracę w sieciach radiowych. Sieci te są wykorzystywane głównie na szczeblu batalionu przez system wymiany danych do przesyłania informacji pomiędzy elementami systemu dowodzenia pracującymi w ruchu. System wymiany danych zapewnia również dostęp do sieci komutacji pakietów lub do lokalnej sieci komputerowej stanowiska dowodzenia. Sieci komutacji pakietów, system wymiany danych w sieciach radiowych, są elementami systemu łączności związku taktycznego. Informatyczny system wspomagania dowodzenia korzysta z usług udostępnionych przez system łączności.

Do realizacji przyjętej koncepcji budowy informatycznego systemu wspomagania dowodzenia związku taktycznego opracowano specjalny sprzęt:

- Zautomatyzowany Wóz Sztabowy ZWS-10S. Centralny element mobilnej sieci komputerowej stanowiska dowodzenia: brygady, dywizji i korpusu. Wóz zapewnia interfejsy z elementami systemu łączności związku taktycznego rozwijanymi na SD. Wóz jest wyposażony w serwery (bazy danych, komunikacyjny) zautomatyzowane stanowiska pracy i sprzęt sieciowy (przełączniki, routery).

- Zautomatyzowany Wóz Sztabowy ZWS-20. Podstawową funkcją tego wozu jest zapewnienie wykorzystania w procesie dowodzenia dokumentów *papierowych*, stąd w jego wyposażeniu znajdują się drukarka, ploter i skaner. Spełnia on rolę archiwum dokumentów w postaci elektronicznej, a ponadto w przypadku awarii wozu ZWS-10S przejmuje jego podstawowe funkcje.

- Zautomatyzowany Wóz Sztabowy ZWS-10. Wyposażony w zautomatyzowane stanowiska pracy i dziedzinową bazę danych (serwer bazy danych). Stosowanie wozu może być podyktowane względami bezpieczeństwa.

- Zautomatyzowany Wóz Dowódczo-Sztabowy ZWDS-10. Jest to element systemu dowodzenia, który będzie stosowany przede wszystkim na szczeblu batalionu (walczy z przeciwnikiem). Zapewnia pracę w ruchu i na postoju i jest wyposażony w zautomatyzowane stanowiska pracy, serwer bazy danych, sprzęt łączności w tym komplet radiostacji UKF i KF oraz w system nawigacji lądowej.

- Terminal TPP-10 – mobilny zestaw urządzeń informatycznych, funkcjonalny odpowiednik wozu ZWS-10. Terminal może być rozwijany w autobusach sztabowych, pomieszczeniach tymczasowych. Terminal składa się z modułów (niezależne jednostki konstrukcyjne), serwera, stacji roboczej i zasilania.

- Terminal TP-10W jest drugim elementem systemu, który może pracować w ruchu i na postoju. Terminal jest stosowany w pojazdach np. w kabinie samochodu. Pod względem funkcjonalnym jest to małogabarytowa stacja robocza, wyposażona w odbiornik GPS oraz interfejsy ze środkami łączności radiowej.

Oprogramowanie informatycznego systemu wspomagania dowodzenia związku taktycznego składa się z:

- oprogramowania systemowego – systemy operacyjne,
- oprogramowania usługowego, np. poczty elektronicznej MS Exchange,
- oprogramowania użytkowego.

Oprogramowanie użytkowe ze względu na jego dużą złożoność jest podzielone na podsystemy, w szczególności:

- wymiany informacji,
- bazy danych,
- zobrazowania,
- zadań ogólnych.

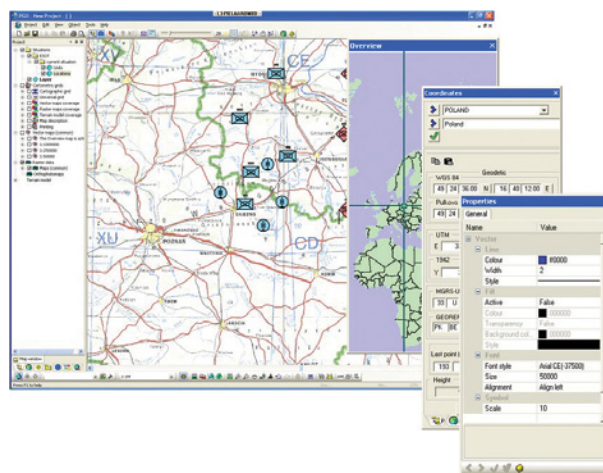
Każdy podsystem stanowi również złożony produkt programowy, np. podsystem zobrazowania składa się z wielu programów (modułów), które służą do rysowania, edycji i przechowywania sytuacji operacyjno-taktycznej. Umożliwia nanoszenie znaków taktycznych na podkład mapy numerycznej. Nanoszenie znaków odbywa się poprzez bazę danych i narysowaniu ich reprezentacji graficznej na mapie. Obiekty bazy danych mają wcześniej przyporządkowany szablon znaku graficznego, którym będą rysowane. Baza danych (obiektowa) jest centralną częścią oprogramowania informatycznego systemu wspomagania dowodzenia.

Przy opracowaniu oprogramowania uwzględniono następujące standardy i zalecenia Agencji NATO:

- Model danych ATCCIS.
- Mechanizm replikacji ARM ATCCIS.
- Wymiana wiadomości (dokumenty sformalizowane) APP-9 (APP-11) i AdatP-3.
- Opis znaków taktycznych APP-6 i APP-6a.
- Mapy numeryczne VPF i CADRG.
- Model terenu DTED.

Ponadto przy opracowaniu oprogramowania i sprzętu uwzględniono zalecenia dotyczące OSE (ang. *Open Systems Environment*). Zastosowane rozwiązania sprzętowe i programowe zapewnia rozwój systemu w całym cyklu życia.

Oprogramowanie systemu zostało opracowywane przez pracowników Centrum Informatyki i Łączności Ministerstwa Obrony Narodowej. Głównym Projektantem systemu był inż. Z. Sabak. Duży wkład w realizację projektu wnieśli: mgr inż. A. Walczak, dr inż. J. Piela i mgr. inż. P. Nieroda.



Zobrazowanie sytuacji taktycznej na tle mapy elektronicznej dostosowanej do szczebla dowodzenia

SYSTEMY ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO

Na początku lat 1990. PIT, otwierając oddział wrocławski, przyjął będącą w toku realizacji przez jego pracowników (poprzednio Zakład Politechniki Wrocławskiej), pracę nad systemem rozpoznania radioelektronicznego Breń-R. Systemy rozpoznania radioelektronicznego były nową dla Instytutu rodziną pasywnych źródeł informacji. Pozwalały na wykrywanie promieniowania generowanego przez inne systemy elektroniczne, analizę tego promieniowania oraz na identyfikację i lokalizację źródeł. Tego typu systemy, w wyniku ich dalszego rozwoju, uzupełniły ofertę PIT.

Na bazie systemu Breń-R powstał kontener rozpoznania radioelektronicznego dla Marynarki Wojennej Srokoś i Modułowy System Rozpoznania Radioelektronicznego Lemur-10. Kolejne produkty tej klasy urządzeń, ale o wiele bardziej rozbudowane, to Breń-2 wykrywający promieniowanie stacji radiolokacyjnych dla potrzeb wojsk lądowych oraz system Gunica przeznaczony dla Sił Powietrznych, który umożliwia dokładną lokalizację (3D) wykrytych źródeł promieniowania.

System rozpoznania radioelektronicznego Breń-R

System został opracowany w Oddziale Wrocławskim PIT w końcu lat 1990., przy współpracy z Mikrotech Int. Ltd. i stanowi ważne osiągnięcie w dziedzinie konstrukcji urządzeń mikrofalowych. Badania państwowej wersji okrętowej zakończono w 1997. Breń-R jest urządzeniem klasy RWR/ESM, którego podstawowymi funkcjami są:

- wykrywanie źródeł emisji radiolokacyjnej dookoła i bez przeszukiwania,
- określenie parametrów technicznych źródeł emisji (amplituda, szerokość impulsu, częstotliwość, kąt), poprzez porównanie z bazą danych, określenie ewentualnego stopnia zagrożenia związanego ze źródłem emisji, aż do uruchomienia alarmu o źródłach groźnych,

- śledzenie obiektów, będących źródłami emisji, w czasie rzeczywistym.

Istotnym elementem systemu jest wygodny dla obsługi blok wizualizacji obiektów i ich parametrów na ekranie monitora.

Podstawowe parametry techniczne urządzeń typu Breń-R to:

- wielooktawowe pasmo pracy od 1 GHz do 18 GHz (podzielone na 5 podpasów),
- czułość lepsza niż -40 dBm,
- dynamika większa niż 45 dB,
- dokładność określenia kierunku lepsza niż 15° RMS,
- dokładność określenia częstotliwości lepsza niż 1/16 podpasma,
- błąd określenia parametrów czasowych na poziomie 100 ns,
- odbieranie sygnałów o polaryzacji H, V i kołowej.

Urządzenia Breń-R wykonywane są zasadniczo w dwóch wariantach: z przeznaczeniem dla okrętów oraz do kontenerów rozpoznania Srokoś.

Okrętowy Breń-R składa się z dwóch mikrofalowych zespołów antenowo-odbiorczych w prawej i lewej półprzeźreni, umieszczonych w dwóch rozdzielnych kopułach, oraz bloku obróbki i zobrazowania. Konstrukcja dwukopułowa jest spowodowana możliwościami instalacji systemu na okręcie. Kopuły zainstalowane są na maszcie symetrycznie względem osi głównej okrętu, a blok obróbki i zobrazowania znajduje się w części podpokładowej.



Anteny urządzenia Breń-R

Kontener rozpoznania elektronicznego Srokosz

Kontener Rozpoznania Elektronicznego Srokosz jest przeznaczony do wykrywania i rozpoznawania sygnałów w szerokim zakresie fal elektromagnetycznych odbieranych od źródeł emisji umieszczonych na lądzie (urządzenia stacjonarne i mobilne), wodzie (okręty) i w powietrzu (samoloty). Umożliwia on wykrywanie i rozpoznawanie sygnałów generowanych przez urządzenia elektroniczne w zakresie częstotliwości radiowych UKF oraz mikrofalowych, takich jak radiostacje o różnym przeznaczeniu i systemy radiolokacyjne (SIGINT, ELINT). Wyposażony jest także w system wykrywania i rozpoznawania termalnego przeznaczony do otrzymywania obrazu nośnika źródła w podczerwieni. Kontener może być zainstalowany na odpowiednio przygotowanej jednostce pływającej lub na lądzie.

Zadania kontenera:

- wskazywanie okrętów i samolotów przeciwnika stanowiących największe zagrożenie,
- przegląd sytuacji elektronicznej wokół okrętu-nosiela lub punktu obserwacji brzegowej,
- poszukiwanie, przechwytywanie i analiza techniczna sygnałów z zakresu UKF, radiolokacyjnego, podczerwieni oraz wykorzystanie ich do optymalizacji biernych i czynnych zakłóceń elektronicznych, jak również aktualizacji danych o wyposażeniu elektronicznym instalacji nadbrzeżnych, okrętów i samolotów innych państw.

Bazę konstrukcyjną stanowi adaptowany do potrzeb urządzenia 20-stopowy kontener. Wyposażono go w urządzenia umożliwiające pracę i realizację zadań bojowych w dowolnych warunkach atmosferycznych (klimatyzator, nagrzewnice, wentylator, osuszacz powietrza). Kontener składa się z czterech wyodrębnionych konstrukcyjnie stanowisk operatorskich: stanowiska rozpoznania radiolokacyjnego, stanowiska rozpoznania radiowego UKF, stanowiska rozpoznania termalnego i stanowiska dowódcy kontenera.

Stanowisko rozpoznania radiolokacyjnego jest przeznaczone do natychmiastowego wykrywania, analizy i namiaru sygnałów odbieranych od stacji radiolokacyjnych w całym otoczeniu oraz w szerokim paśmie częstotliwości. Stanowisko to umożliwia również identyfikację stacji radiolokacyjnych na podstawie porównania z danymi zgromadzonymi w bazie. Ponadto pełni ono funkcję ostrzegania (w czasie rzeczywistym) o zagrożeniu związanym z opromieniowaniem kontenera przez sygnały radiolokacyjne.

Zasadniczym zadaniem stanowiska rozpoznania radiowego zakresu UKF jest przechwytywanie i analiza sygnałów radiowych z tego zakresu oraz (w przypadku zainstalowania odpowiednich demodulatorów lub wprowadzenia odpowiednich algorytmów) dekodowanie odebranej informacji. Stanowisko umożliwia również pomiar kierunku sygnałów odbieranych w zakresie UKF.

Stanowisko rozpoznania termalnego w zakresie podczerwieni jest przeznaczone do wykrywania i rejestracji charakterystycznych termogramów rozpoznawanych obiektów. Uzyskane zobrażenia są dołączane do zbioru informacji o obiekcie lub nośniku zawartych w bazie danych.

Stanowisko dowódcy kontenera posiada dostęp do wszystkich danych oraz łączność z nadrzędnym stanowiskiem dowodzenia. Dowódca kontenera jako nadrzędny operator może zmieniać lub uzupełniać wszystkie dane znajdujące się w bazie danych. Na ich podstawie może aktualizować zadania rozpoznawcze, zmieniać kierunek głównego zainteresowania i decydować o metodach weryfikacji danych.

Na zewnątrz kontenera znajdują się: zestaw antenowo-odbiorczy urządzenia Breń-R, zespół antenowy systemu rozpoznania radiowego ADD-190, kamera termowizyjna Flir System, antena GPS, antena radiostacji UKF, która może być montowana na dachu kontenera lub na wynośnym maszcie. Do zasilania kontenera w warunkach braku sieci prądu służy agregat prądowłoczy.



Przygotowany do pracy na platformie transportowej kontener urządzenia Srokosz



Stanowiska operatorskie urządzenia Srokosz

Breń-R do kontenera Srokosz wykonany jest w postaci pojedynczej kopuły, gdzie zintegrowano tory antenowo-odbiorcze prawej i lewej półprzestrzeni. Blok obróbki i zobrazowania pozostaje niezmieniony. Kopuła zainstalowana jest na wysięgniku ponad kontenerem, a blok zobrazowania wewnątrz kontenera. Funkcje urządzeń, podstawowe parametry oraz niezbędne oprogramowanie są identyczne.

Stanowiska operatorskie, pracujące w oparciu o system operacyjny czasu rzeczywistego QNX z nakładką graficzną Photon, zintegrowane są siecią komputerową LAN Ethernet, pracującą w oparciu o koncentrator HUB. Zarówno sprzęt, jak i oprogramowanie mają budowę modułową, która umożliwia łatwą konfigurację i uwzględnienie zarówno postępu technicznego i technologicznego, jak i bieżących potrzeb zamawiającego.

Parametry urządzenia Breń-R nie odbiegają od podobnych urządzeń produkowanych w owym czasie przez znane przedsiębiorstwa zagraniczne. Pozytywne opinie użytkowników na temat jego walorów taktyczno-technicznych, prostoty obsługi, małej awaryjności i dobrze zorganizowanego serwisu potwierdziły, że w zakresie tej klasy urządzeń OW PIT oraz współpracujące z nim instytucje odniosły sukces techniczny i organizacyjny. Z tego też powodu OW PIT podjął kolejne prace rozwojowe i unowocześniające konstrukcję tego urządzenia, wychodząc naprzeciw nowym wymaganiom stawianym przez odbiorców i wykorzystując powstałe nowe możliwości w zakresie techniki i technologii.



*Antena i przedwzmacniacz
urządzenia Lemur-10
umieszczone na końcach
skrzydeł samolotu*

Modułowy system rozpoznania radioelektronicznego Lemur-10

Rozwój systemów rozpoznania radiolokacyjnego, opartych na odbiornikach bezpośredniej detekcji, doprowadził do opracowania w OW PIT modułowego, małogabarytowego urządzenia RWR/ESM nowej generacji o nazwie Lemur-10. Jest on przeznaczony do zastosowań na różnych platformach, do wykorzystania na współczesnym polu walki WRE.

Odbiorniki ostrzegające przed promieniowaniem radarowym (RWR) i środki wsparcia elektronicznego (ESM) odgrywają bardzo ważną rolę we współczesnych działaniach sił zbrojnych. Można przewidywać, że w przyszłości będzie wzrastało znaczenie tego rodzaju systemów. Lemur-10 może być zamontowany na wszelkiego rodzaju platformach powietrznych, morskich i lądowych, tworząc bardzo ważny element rozpoznania elektronicznego środowiska nowoczesnej walki. System monitoruje, analizuje i identyfikuje emisje promieniowania radarowego oraz wypracowuje dane niezbędne do całościowego zdefiniowania taktycznej sytuacji powietrznej i lądowej. Dzięki temu, że monitorowanie może być przeprowadzane z ukrycia, tj. z platformy ESM pozostającej poza zasięgiem radaru przeciwnika, Lemur-10 ma walor doskonałego sensora walki elektronicznej.

Współczesne środowisko elektromagnetyczne charakteryzuje się niezwykle dużą gęstością i złożonością. Wynika to z faktu, że w stosowanych obecnie nadajnikach mikrofalowych są wykorzystywane różnego rodzaju przebiegi falowe, zmienność (*agility*) fazy i częstotliwości, modulacje częstotliwości powtarzania impulsu. Urządzenie ESM w tych warunkach, we współpracy z samolotem, okrętem lub pojazdem, powinno w sposób niezawodny wykonywać następujące zadania:

- bezpośrednio ostrzegać o zagrożeniu, szybko identyfikować środowisko elektromagnetyczne i wysyłać dane do systemu, zwłaszcza informacje dotyczące systemów kierowanie ogniem, oświetlenia pocisku raketowego i aktywnych poszukiwaczy pocisków rakiety,
- zobrazować sytuację elektromagnetyczną w różnych formach,
- zbierać w sposób ciągły, analizować i przechowywać dane nowych emiterów w celu aktualizowania bazy danych zawierających informacje taktyczne i techniczne przechwyconych sygnałów.

Urządzenie składa się z 6 pakietów odbiorczych rozstawionych symetrycznie na bocznych ścianach graniastosłupa o podstawie sześciokąta foremnego. Każdy z pakietów ma własną antenę spiralną. Urządzenia służą do odbioru sygnałów z otaczającej przestrzeni oraz do określania kierunku opromieniowania metodą monoimpulsu amplitudowego.

Na głównej przekątnej graniastosłupa znajduje się płyta nośna, na której po jednej stronie jest zamocowany pakiet częstotliwości, a po jego drugiej umieszczono generator sygnałów wzorcowych. Dla pakietu częstotliwości przewidziano oddzielną antenę dookólną – dwustożkową lub hemisferyczną spiralną, umieszczoną bezpośrednio nad

graniastosłupem. Układy zasilające są rozmieszczone na bocznych ścianach, poniżej pakietów odbiorczych. Całość tworzy blok antenowo-odbiorczy BAO.

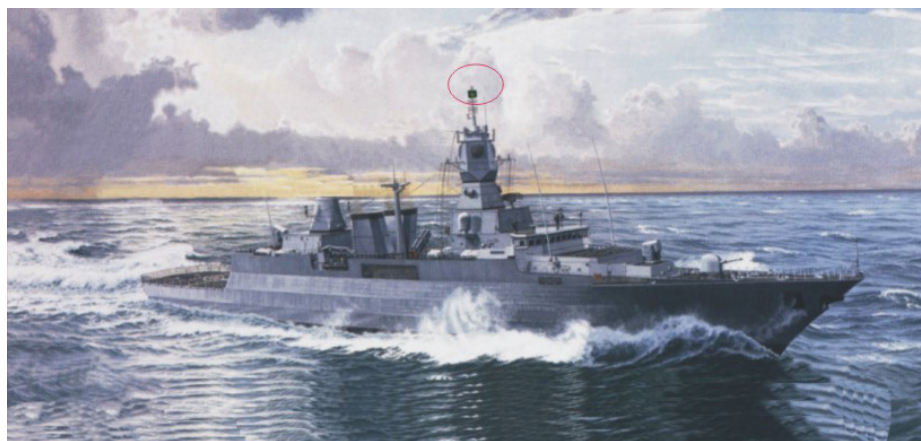
Ważnym elementem Lemura jest układ filtrów, umożliwiający eliminację sygnałów zakłócających zarówno pochodzących od innych użytkowników tego zakresu częstotliwości, jak i urządzeń celowo zakłócających.

Kolejnym ważnym blokiem urządzenia jest pakiet częstotliwości, służący do pomiaru częstotliwości odbieranych sygnałów impulsowych lub ciągłych. Stanowi on samodzielny pakiet, a przyporządkowanie informacji o kierunku z pakietu odbiorczego następuje dopiero w zespole obróbki informacji. W odmianie lotniczej, sygnał dla pakietu częstotliwości jest pobierany z dzielnika mocy. Pakiet częstotliwości pobiera sygnały z anteny dookólnej. Zasadniczym zespołem pakietu jest układ natychmiastowego pomiaru częstotliwości Filtronic pracujący w zakresie częstotliwości od 2 do 18 GHz i posiadający zakres dynamiki $-50 + 10$ dBm. Odebrane sygnały są podawane obróbce w bloku cyfrowego przetwarzania sygnałów. Blok jest umieszczony w kabinie nosiciela, którego płytę czołową stanowi kolorowy ciekłokrystaliczny monitor LCD.

Urządzenia i systemy typu ESM – Breń, Lemur i urządzenia wsparcia elektronicznego dla okrętów oraz kontenerów rozpoznania zostały opracowane w Oddziale Wrocławskim PIT, przez zespół w składzie: mgr inż. Andrzej Zajdel, mgr inż. Jacek Kuś i mgr inż. Piotr Furmański. Oprócz tego w oddziale opracowano systemy klasy RWR: Widawa – ostrzegacz dla indywidualnego żołnierza-zwiadowcy oraz SO4-0818M – ostrzegacz dla transporterów Rosomak i pojazdów samochodowych



Lemur-10 zainstalowany na pojeździe rozpoznania elektronicznego

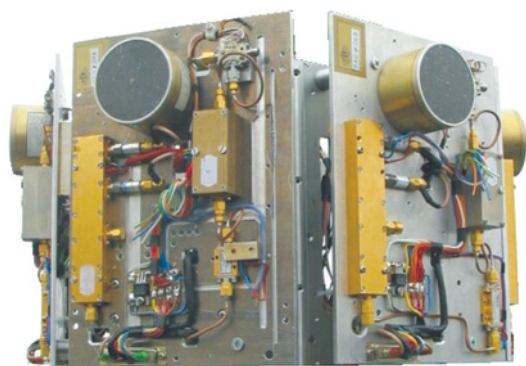


Antena i odbiornik urządzenia Lemur-10 zainstalowane na wierzchołku masztu okrętu

System rozpoznania radioelektronicznego MUR-20 (Breń 2)

W PIT opracowano i wdrożono do produkcji systemy rozpoznania radioelektronicznego dla Wojsk Lądowych, Sił Powietrznych i Marynarki Wojennej. Jednym z pierwszych rozwiązań w tej dziedzinie jest mobilna stacja rozpoznania klasy ELINT Breń-2 (MUR-20).

Mobilna stacja rozpoznania lądowych systemów radiolokacyjnych MUR-20 została opracowana w PIT w latach 1990. przy współpracy z Instytutem Radiolokacji WAT. Służy ona do automatycznego rozpoznawania stacji systemów radiolokacyjnych znajdujących się w strefie horyzontu radiowego w paśmie 0,5-18GHz. Stacja zabudowana na pojeździe opancerzonym może operować w bezpośredniej styczności wojsk i jest przeznaczona dla szczebla taktycznego wojsk lądowych. Spełnia rolę stacji typu ELINT, zapewniając precyzyjne pomiary parametrów sygnałów, ich rejestrację oraz rozpoznanie



Anteny kierunkowe
wraz z odbiornikami



System cyfrowego przetwa-
rzania sygnału z monito-
rem LCD



Wnętrze kabiny operacyj-
nej systemu MUR-20

i klasyfikację źródeł emisji. Ma jednocześnie cechy stacji wsparcia walki elektronicznej typu ESM, służącej do szybkiej oceny sytuacji radiolokacyjnej i przekazania danych do systemów dowodzenia. Może pracować samodzielnie, bądź w systemie 2-3 stacji, umożliwiając także lokalizację źródeł emisji.

Wykorzystano doświadczenia zdobyte w pracach nad urządzeniem Breń-R: Blok Toru Wykrywania stacji rozpoznania MUR-20 jest zmodyfikowaną konstrukcją Brenia-R o poszerzonym paśmie pracy – od 0,5 GHz do 18 GHz, zwiększonej czułości do poziomu -45 dBm oraz rozbudowanych możliwościach współpracy z innymi urządzeniami w ramach stacji Breń-2. Blok Toru Wykrywania zgrubnie określa położenie źródła promieniowania, przekazuje te informacje do toru analizy, gdzie następuje dokładne przeszukiwanie wstępnie określonego sektora przestrzeni, w celu precyzyjniejszego namiaru na źródło. Istotnym elementem było wykorzystanie wcześniejszych, wieloletnich doświadczeń i koncepcji opracowanych w IR WAT. Do 2002 wykonano 8 egzemplarzy tego urządzenia, w tym 4 jako tzw. Blok Toru Wykrywania do stacji rozpoznania radarowego klasy ELINT o kryptonimie *Breń-2*. Stacje te mają również w swoim wyposażeniu w Bloku Odbiorników Mikrofalowych skonstruowane i wyprodukowane w OW PIT zestawy pakietów składające się z dwóch typów heterodyn, zespołu obwodów wyjściowych oraz generatora sygnałów wzorcowych.

Zastosowanie dwóch niezależnie działających torów odbiorczych (wykrywania i analizy) o różnych charakterystykach zapewnia stacji z jednej strony dużą szybkość wykrywania nowych źródeł sygnałów radiolokacyjnych, z drugiej precyzyjny pomiar wszystkich parametrów sygnałów. Daje to również w rezultacie większą niezawodność działania.

Tor wykrywania działa w oparciu o zestaw anten ułożonych w rogach sześciokąta foremnego zapewniających dookólne pokrycie w azymucie. W celu pokrycia całego pasma częstotliwości, tzn. 0,5-18 GHz, zastosowano 5 takich zestawów anten. Każda z 30 anten jest zintegrowana z odbiornikiem mikrofalowym. Budowa urządzenia i zaimplementowany w nim sposób przetwarzania sygnałów zapewniają następujące parametry toru:

- zakres częstotliwości 0,5-18 GHz,
- pokrycie w kierunku dookólne,
- czułość głowic odbiorczych -40÷-50 dBm,
- błąd pomiaru kierunku (metodą amplitudową) – nie większy niż 10° RMS,
- pokrycie w elewacji -15° ÷ 30°.

Tor analizy cechuje duża czułość i duża dokładność pomiaru parametrów sygnałów. Zastosowanie interferometrycznej metody pomiaru kierunku z precyzyjną kalibracją torów pomiarowych zapewniło uzyskanie wysokiej dokładności pomiaru także tego parametru, co ma zasadnicze znaczenie dla dokładnej lokalizacji źródła emisji. Anteny odbiorcze toru analizy zamocowane są na maszcie antenowym wraz z blokiem odbiorników mikrofalowych. Precyzyjny silnik hydrauliczny o dużej mocy umożliwia dokładne pozycjonowanie anten zarówno w azymucie, jak i w elewacji. Umożliwia on także płynny obrót systemu antenowego z prędkościami roboczymi od 0,75°/s. Zastosowanie złącza obrotowego umożliwia pełny obrót anten wokół osi.

W torze analizy pomiar parametrów sygnałów może się odbywać w paśmie 500 MHz lub 40 MHz. W kanale szerokopasmowym zastosowano akustooptyczny analizator widma AAW. Podstawą jego działania jest efekt Bragg'a polegający na ugięciu promienia laserowego przy przejściu przez modulator pobudzany sygnałem wejściowym. Kąt ugięcia jest proporcjonalny do częstotliwości sygnału wejściowego. Promień lasera pada na kamerę wyposażoną w linijkę CCD, skąd odczytuje się dane w postaci cyfrowej. Czas pojedynczej analizy wynosi ok. 13 μs. Analizator AAW charakteryzuje się dużą czułością w szerokim paśmie analizy, wynoszącą ok. -90 dBm. W wyniku zastosowania AAW osiągnięto dokładność pomiaru częstotliwości lepszą od 1 MHz.

W kanale wąskopasmowym 40 MHz zastosowano kompresyjny analizator widma KAW, w którym do pomiaru częstotliwości wykorzystuje się system linii opóźniających. W przypadku KAW pojedynczy pomiar trwa 2,5 μ s, co pozwala na wykorzystanie go do wewnętrznej impulsowej analizy sygnałów. Należy dodać, że zastosowane w urządzeniu analizatory widma pozwalają na jednoczesne przetwarzanie wielu odbieranych sygnałów.

Poniżej zestawiono podstawowe parametry toru analizy:

- zakres częstotliwości 0,5÷18 GHz,
- pokrycie w kierunku w wybranym sektorze analizy,
- czułość głowic odbiorczych -57÷-90 dBm,
- interferometryczna metoda pomiaru kierunku zapewnia dokładność do 0,5° RMS,
- dokładność pomiaru częstotliwości – lepsza od 0,3 MHz (w paśmie 40 MHz).

Oprogramowanie zainstalowane w komputerach dwóch stanowisk operatorskich umożliwia realizację następujących funkcji:

- zobrazowanie i analizę sygnałów zarejestrowanych w torach odbiorczych,
- klasyfikację i identyfikację zarejestrowanych sygnałów, porównywanie wyników pomiarów z bazą danych,
- zobrazowanie wyników lokalizacji źródeł emisji na podstawie namiarów dokonanych przez system stacji,
- zobrazowanie informacji systemowej, komunikatów, depesz z systemu nadrzędnego.

Urządzenie wyposażone jest w symulator programowo-sprzętowy wykorzystywany do doskonalenia kwalifikacji załogi stacji.

W urządzeniu zainstalowane są środki łączności (2 radiostacje TRC9500, 3 modemy kablowe) umożliwiające pracę systemową w zestawie stacji oraz współpracę z systemem nadrzędnym, w tym przekazywanie komunikatów, depesz o sytuacji taktycznej, wyników namiarów i lokalizacji źródeł.

Stacja wyposażona jest w szereg urządzeń pomocniczych, w tym klimatyzator, nagrzewnice, filtrowentylator, agregat prądo-twórczy, system łączności wewnętrznej itp. Podstawowe parametry techniczne platformy, na której jest zainstalowana stacja:

- jazda z prędkością do 80 km/h;
- głębokość brodzenia – 1,2m;
- maksymalny kąt najazdu – 30°;
- pokonywanie przeszkody: rów o szerokości do 2 m, ścianka pionowa 0,4 m;
- maksymalny kąt przechyłu 10°;
- masa – 29 ton.

Stacja MUR-20 jest pierwszym tej klasy urządzeniem zrealizowanym przez PIT oraz bazą dla opracowania całej rodziny urządzeń klasy ELINT/ESM o różnym przeznaczeniu, adresowanych do różnych rodzajów wojsk. Przy okazji tych prac powstało zaplecze produk-



Antena systemu MUR-20



System MUR-20 na pojeździe kołowym



Obiekt PRP-25M
Obiekt PRP-25S



cyjno-technologiczne dla urządzeń rozpoznania. Krajowe rozwiązanie oznacza tańszą eksploatację, ułatwia współpracę oraz wymianę doświadczeń pomiędzy producentem i użytkownikiem.

Głównymi twórcami tego rozwiązania byli: mgr inż. J. Miłoś, mgr inż. A. Karwowski, mgr inż. Z. Głuszczyk, mgr inż. Z. Kowalczyk, mgr inż. A. Adamski, mgr inż. P. Orłowski i mgr inż. Piotr Michna

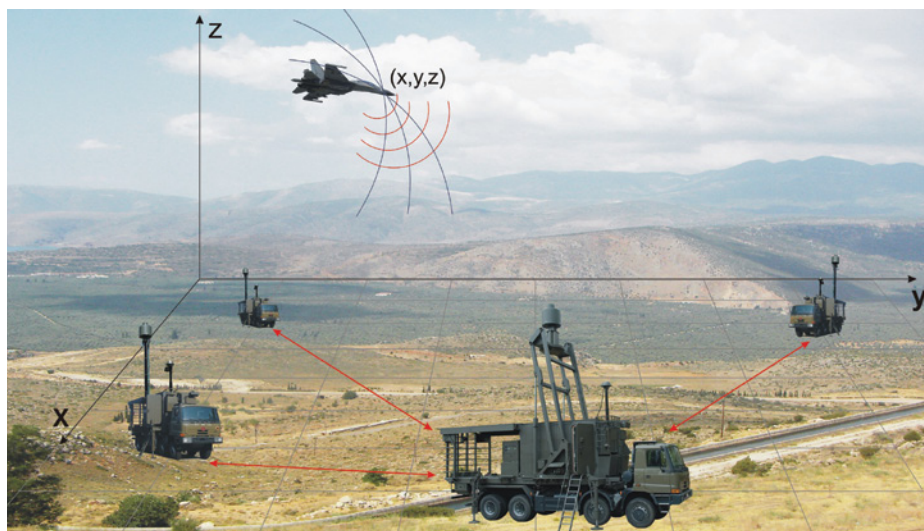
System rozpoznania pokładowych systemów elektronicznych Gunica

System jest dedykowany do pracy w systemie rozpoznania Sił Powietrznych, służąc do zautomatyzowa-

nego rozpoznawania i lokalizacji radarów oraz innych źródeł emisji, montowanych na statkach powietrznych oraz na platformach naziemnych i nawodnych. System i wchodzące w jego skład urządzenia Gunica-M i Gunica-S został opracowany w PIT przy współpracy z Instytutem Radioelektroniki WAT oraz AMT i wdrożony do produkcji w PIT.

Gunica-M i Gunica-S są urządzeniami pasywnymi i zapewniają wykrywanie sygnałów generowanych przez radary, transpondery SIF/IFF, interogatory TACAN/RSBN, DME i generatory zakłóceń. Realizowany w każdej stacji systemu pomiar parametrów odbieranych sygnałów oraz przetwarzanie danych pomiarowych umożliwiają m.in. identyfikację typu emisji, przechwyt informacji transponderów SIF/IFF (w modach cywilnych), rozpoznawanie radarowych źródeł emisji, określanie parametrów zakłóceń oraz określanie namiarów na źródła promieniowania. Możliwa jest także archiwizacja wyników rozpoznania, rejestracja wskazanych przez operatora zbiorów informacji pomiarowych w celu późniejszej analizy i uzupełnienia bazy danych. Dzięki wyposażeniu urządzenia Gunica-M w szerokopasmowy (500 MHz) analizator widma, możliwe jest wykrywanie i rozpoznawanie współczesnych radarów, w tym wielofunkcyjnych.

Urządzenia są wyposażone w rozbudowany zestaw środków łączności, umożliwiających przyłączenie do sieci łączności użytkownika z wykorzystaniem różnych mediów. W rozwiązaniach stacji Gunica-M i Gunica-S wykorzystano nowoczesne, zaawansowane technologie sprzętowe i programowe, w tym opracowany na potrzeby systemu



Metoda TDoA

odbiornik cyfrowy służący do automatycznego odbioru sygnałów nawigacji TACAN/DME. Po raz pierwszy w kraju do lokalizacji i śledzenia źródeł emisji wykorzystano metodę TDoA (ang. *Time Difference Of Arrival*) obok tradycyjnej metody triangulacyjnej.

Potencjał stacji może być w pełni wykorzystany, gdy współpracują one z innymi podobnymi lub takimi samymi stacjami rozpoznania, realizując pracę systemową, lub z nadrzędnym systemem kierowania rozpoznaniem i walką elektroniczną Wołczenia. Pracując w systemie, w którym jedna ze stacji pełni rolę stacji wiodącej, Gunica pozwala na śledzenie obiektów powietrznych wyłącznie na podstawie ich aktywności elektronicznej oraz dowiązywanie informacji z rozpoznania do obiektów śledzonych przez system radiolokacyjny. Dzięki wymienionym cechom system charakteryzuje się parametrami taktyczno-technicznymi niespotykanymi w innych systemach rozpoznania radioelektronicznego eksploatowanych w Wojsku Polskim.

Na bazie rozwiązań sprzętowych i programowych zastosowanych w urządzeniach Gunica-M i Gunica-S można stosunkowo łatwo zaoferować rozwiązania dla innych rodzajów wojsk, z uwzględnieniem specyfiki ich wymagań. W zespole realizującym program *Gunica*, pod kierunkiem mgr inż. A. Karwowskiego, pracowali m.in. mgr inż. J. Miłoś, mgr inż. R. Koc, mgr inż. P. Orłowski, mgr inż. Z. Kowalczyk, mgr inż. R. Dębiec i mgr inż. M. Meller.



Metoda triangulacyjna

SYSTEMY IDENTYFIKACJI SWÓJ-OBECY (IFF)



*Interrogator
dalekiego zasięgu*

Identyfikacja *swój-obcy* (ang. IFF, *Identification Friend or Foe*) jest bardzo ważnym elementem pola walki. Zarówno PIT, jak i Radwar z systemami IFF miały do czynienia od kilkudziesięciu lat, od czasu rozpoczęcia działalności na polu radiolokacji. Każdy radar musiał być zaopatrzone w urządzenia wysyłające zakodowane zapytania (interrogator) do wykrytych obiektów powietrznych. Ich odpowiedź przez urządzenie odzewowe pokładowe IFF (transponder), na odebrany radiowo sygnał, potwierdza przynależność do rodzimych Sił Zbrojnych.

Początkowo systemy tej klasy były wykorzystywane przez lotnictwo i marynarkę wojenną. Obecnie wykorzystuje się je także w przypadku platform naziemnych, a nawet pojedynczych żołnierzy. W okresie przynależności Polski do

Układu Warszawskiego urządzenia IFF były produkcji ZSSR, a do polskiego przemysłu należała ich instalacja i integracja z urządzeniami radiolokacyjnymi. Rozpad Układu i późniejsza integracja wielu państw Europy Środkowej z NATO spowodowały naturalną potrzebę przebrojenia armii tych państw w nowy system identyfikacji przynależności.

W ramach szeroko zakrojonego programu badawczo-rozwojowego pod kryptonimem *Supraśl*, MON zdecydowało o zakupie licencji na produkcję urządzeń nowego systemu, a CNPEP Radwar został wybrany na głównego wykonawcę programu. Na bazie licencji francuskiego Thomson-CSF wdrożono produkcję wszystkich elementów składowych systemu IFF, tzn. urządzeń zapytujących związanych z radarami oraz urządzeń odzewowych do wyposażenia statków powietrznych i okrętów. Na potrzeby tego programu wyszkolono w latach 1990., według zachodnich standardów, kadry inżynierskie, powołano specjalny wydział produkcyjny oraz specjalizowane pracownie elektroniczne.

W dalszych etapach w CNPEP Radwar podjęto samodzielne prace projektowe w tej dziedzinie, mające na celu modernizację urządzeń licencyjnych lub opracowanie nowych według aktualnych potrzeb SZ RP. Wszystkie produkowane w ramach programu *Supraśl* urządzenia są zgodne z systemem IFF Mark XII stosowanym w armiach NATO. Generalna zasada pracy tego systemu jest taka sama jak poprzedniego, różnią się jednak zasadniczo parametrami.

System identyfikacji NATO jest systemem wojskowo-cywilnym, który może pracować w kilku trybach zapytań, zwanych również *modami*. Różnią się one między sobą liczbą możliwych kombinacji kodowych, a także zasobem informacji przekazywanych w odpowiedzi. *Mody* wojskowe są oznaczone cyframi, zaś cywilne – literami. Są one następujące:

- mod 1: wojskowy, 32 zakodowane odpowiedzi,
- mod 2: wojskowy, 4096 zakodowanych odpowiedzi,
- mod 3: wojskowy, 4096 zakodowanych odpowiedzi,
- mod 4: wojskowy, z wysokim poziomem ufności dzięki specjalnemu szyfrowaniu zapytania i odpowiedzi,
- mod A: cywilny, analogiczny do mod 3,
- mod B: cywilny, analogiczny do mod 2, stosowany tylko w Wielkiej Brytanii,
- mod C: cywilny, służy do przekazywania wysokości lotu odpowiadającego samolotu.

Podpisana w 1993 umowa licencyjna z Thomson-CSF dotyczyła produkcji systemu cywilno-wojskowego pracującego w modach 1, 2, 3/A, 4 i C. System pracuje na częstotliwościach 1030 MHz (zapytanie) i 1090 MHz (odpowiedź).



Interrogator średniego zasięgu ISZ-01

Zestaw interrogatora dalekiego zasięgu SA-10M2

Interrogator dalekiego zasięgu był, obok transpondera samolotowego, podstawowym elementem nowego systemu IFF, najpilniejszym do wprowadzenia w wojskowych systemach radarowych. Interrogator, podłączony do anteny IFF, generuje zapytania i odbiera poprzez transpondery nadawane odpowiedzi. Zasięg instrumentalny – 470 km, moc wyjściowa nadajnika – 1 kW i czułość odbiornika – -81 dBm, przy typowych parametrach systemów antenowych daje uniwersalne zastosowanie praktycznie we wszystkich radarach ostrzegawczych wykorzystywanych w Wojsku Polskim. Interrogator SA-10M2 może być wykonany w konfiguracji dwukanałowej, pozwalającej na pracę w systemie pełnej gorącej lub zimnej rezerwy. Sygnałem wyjściowym interrogatora SA10M2 jest sygnał wizyjny, tzw. wizja surowa, który podlega obróbce w dekodерze, prowadzącej do identyfikacji odpowiedzi. Interrogator jest przystosowany do pracy w modzie 4 (bezpiecznym) po włożeniu szyfratora do odpowiedniej komory w obudowie.

Zadaniem dekodera G3DE3 jest dekodowanie surowej wizji według określonych kryteriów, aby ustalić, które z odebranych sygnałów odpowiadają kodom odpowiedzi uznanym w danym czasie za *swoje* (albo alternatywnie odczytanie kodów wysokości w modzie C) oraz zobrazowanie wyników dekodowania w postaci cyfr odpowiadających zdekodowanym modom na lokalnym wyświetlaczu alfanumerycznym i sygnału wizji zdekodowanej na wskaźniku radaru. Forma sygnału wizyjnego z dekodera jest zdeterminowana tak, aby jednoznacznie umożliwić operatorowi wskaźnika odczytanie wyniku identyfikacji, wyświetlanemu w postaci zróżnicowanej szerokości pasków za zobrazowaniem wizji radarowej.

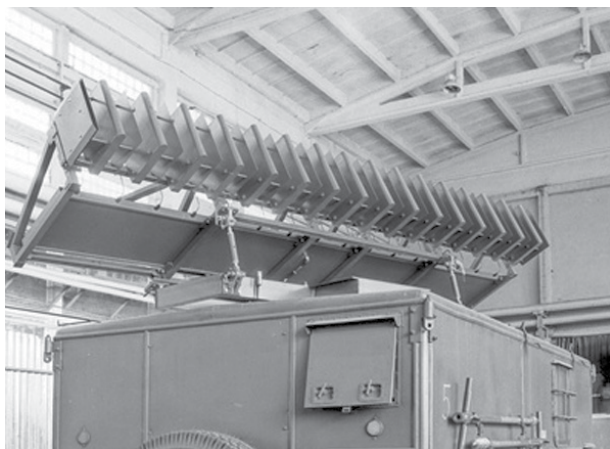
Ponieważ w praktyce stacja radiolokacyjna może być sterowana zdalnie, interrogator SA10M2 jest wyposażony w pulpit zdalnego sterowania SR19C, który pozwala na zarządzanie jego pracą na odległość do kilku kilometrów poprzez połączenie pojedynczą parą przewodów. Interrogator ma też pulpit programowania SR20C, który służy do programowania parametrów układów nadawczo-odbiorczych optymalizujących ich pracę w warunkach konkretnego stanowiska pracy radaru.

Zestaw interrogatora, złożony z czterech zespołów połączonych kablami, może być instalowany w stacji radiolokacyjnej w konfiguracji zależnej od konkretnych warunków, tak aby zapewnić wygodę pracy operatorskiej. W większości polskich radarów wojskowych zestaw interrogatora był instalowany w kabinie operacyjnej. Dla uproszczenia instalacji w takim przypadku został zbudowany zintegrowany zestaw urządzenia zapy-

tującego (ZUZ), zawierający interrogator, dekoder, pulpit sterowania i pulpit programowania we wspólnej obudowie. ZUZ był montowany w pobliżu stanowiska pracy operatora, tak aby widoczne były wskazania cyfrowe dekodera i łatwy dostęp do elementów sterowania pracą całej aparatury IFF.



Azur 1 Idea działania Azura była następująca: współpracujące radary zachowują zdolność identyfikacji w starym sowieckim systemie Kremnij-2 własną wbudowaną aparaturą,



Azur 2

W tym samym kierunku. To przypadek synchronicznej pracy anten radaru i urządzenia Azur, w którym dowiązanie jest automatyczne, o ile oba urządzenia są także synchronicznie wyzwalane. Wizję odpowiedzi można wysłać bezpośrednio do radaru i zobrazować na wskaźniku radiolokacyjnym.

Urządzenie Azur jest z założenia przeznaczone do jednoczesnej współpracy z kilkoma radarami, co przesądza, że w tylko z jedną z nich może pracować synchronicznie, a z pozostałymi – asynchronicznie. Ponieważ danej chwili anteny obu tych urządzeń skierowane są w różnych kierunkach, niezbędne jest:

- zapamiętanie kąta azymutu, w jakim nastąpiło żądanie zapytania z radaru,
- uruchomienie zapytania w czasie, gdy antena Azura osiąga ten sam kąt, przy którym nastąpiło żądanie zapytania,
- zapisanie do pamięci odebranych sygnałów odpowiedzi,
- otwarcie toru wizji odpowiedzi do radaru w czasie, gdy jego antena ponownie osiąga kąt, przy którym nastąpiło żądanie zapytania.

W celu zapewnienia współpracy stacji radiolokacyjnej z urządzeniem Azur pracującym autonomicznie, oprócz samego zestawu interrogatora dalekiego zasięgu zostało ono wyposażone w blok układów współpracy, a w stacjach radiolokacyjnych monto-

Autonomiczny zestaw urządzenia zapytującego Azur

Pomysł urządzenia Azur powstał w efekcie poszukiwania sposobu na szybkie i niekosztowne przystosowanie do pracy w standardzie Mark X/XII stacji radiolokacyjnych produkcji krajowej i byłego ZSRR, których resurs docelowy nie uzasadniał ekonomicznie wbudowania aparatury IFF. Drugim, nie mniej ważnym, przyczynkiem było zapewnienie ciągłości identyfikacji podczas procesu zmiany systemu identyfikacji ze *starego*, obowiązującego w Układzie Warszawskim, na *nowy*, NATO-wski. Choć rozwiązania polegające na dołączeniu do radaru osobnego pojazdu z aparaturą rozpoznawczą *swój-obcy* były znane, Azur zdecydowanie od nich się odróżniał. Mógł obsługiwać jednocześnie aż 5 radarów, podczas gdy istniejące rozwiązania zwykle obsługiwały tylko jeden.

a równolegle funkcjonowanie w systemie Mark X/XII zapewnia aparatura Azura. Z punktu widzenia pojedynczej stacji czy posterunku radiolokacyjnego, każdy samolot wyposażony w transponder starego lub nowego systemu IFF mógł być zidentyfikowany.

System pozwalał na pracę w modach zgodnych z możliwościami zainstalowanego w nim interrogatora SA-10M2. Przy współpracy stacji radiolokacyjnej z zestawem Azur można wyróżnić dwa przypadki. W pierwszym, który można określić jako pracę asynchroniczną, antena radaru *oświetla* obiekt powietrzny w innym czasie niż antena zestawu Azur IFF. Wtedy rozpoznanie *swój-obcy* wymaga jednoznacznego *dowiązania* odpowiedzi do obiektu, z którego została wysłana. Drugi występuje wtedy, gdy obie anteny obracają się z tą samą prędkością i *patrzą*

wany był zespół określany jako adapter IFF. Oprócz tego Azur został wyposażony we własny wskaźnik rastrowy pozwalający kontrolować funkcjonowanie całego systemu.

W latach 1995-1996 wyprodukowano 22 Azury. Było to dokładnie tyle, ile zostało wprowadzonych do Polski w ostatnich miesiącach funkcjonowania Układu Warszawskiego pojazdów z aparaturą systemu Parol – nowej generacji radzieckiego systemu IFF, jaki miał być wdrażany we wszystkich sojuszniczych armiach. Ponieważ wozy z aparaturą Parol były nowe, pomysł ich wykorzystania do celów systemu NATO szybko zyskał akceptację MON.

Zestawy Azur były produkowane w dwóch podstawowych odmianach: na samochodzie Ural (16 egzemplarzy) i na ciągniętej przyczepie (8). Wersja samochodowa Azur-S wykorzystywała antenę reflektorową, odpowiednio zaadaptowaną do innego pasma częstotliwości, a wersja na przyczepie Azur-P miała antenę fazowaną AFF-400. Modyfikację anteny reflektorowej Parola i nową antenę fazowaną opracował PIT.

Z zawartości wozów Parola konstruktorzy WZR Rawar wykorzystali do maksimum istniejące elementy i podsystemy. Zachowano kompletne okablowanie i infrastrukturę wewnętrznego zasilania energetycznego o częstotliwości 400 Hz i system napędu anteny. Było to możliwe w wyniku wymiany silnika benzynowego jednego z dwóch *etatowych* agregatów prądotwórczych pojazdu na silnik elektryczny o tej samej mocy i zbliżonych wymiarach.

Współpracę z pięcioma stacjami radiolokacyjnymi zrealizowano w nowoczesnej technice cyfrowej. Prace nad Azurem przyniosły wiele ciekawych rozwiązań, jak chociażby mikroprocesorowe przetworniki analogowo-cyfrowe danych kątowych do dwutorowych łączy selsynowych. Daleko posunięta została w Azurze unifikacja. Pięć zespołów bloku współpracy było praktycznie identycznych. Dawało to istotną wygodę w przypadku lokalizacji i usuwania ewentualnych awarii. Z perspektywy czasu można powiedzieć, że Azur sprawdził się w praktyce, a jego rozwiązania techniczne posłużyły do rozwiązywania specyficznych aplikacji nowego systemu IFF – na okrętach Marynarki Wojennej, na posterunkach brzegowych i w zestawach raketowych Kub.

Interrogator IFF średniego zasięgu ISZ-01

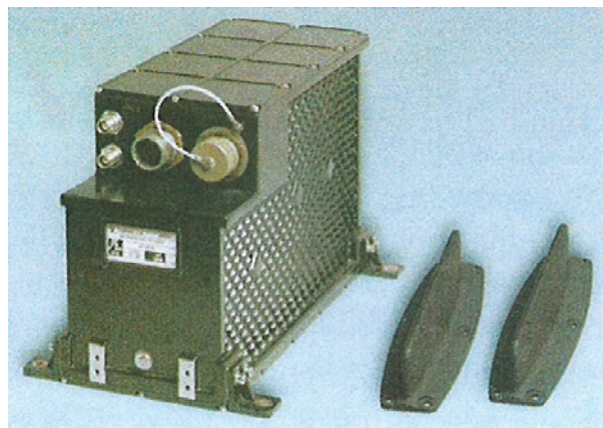
Interrogator średniego zasięgu ISZ-01 zastąpił w produkcji urządzenie licencyjne. Jest przeznaczony do współpracy z dowolnego typu systemami obrony przeciwlotniczej średniego i krótkiego zasięgu. W jego skład wchodzi dwa bloki: blok nadawczo-odbiorczy, zwykle montowany na obracającej się antenie, i blok procesora instalowany w kabine operacyjnej.

Zasięg instrumentalny interrogatora ISZ-01 wynosi 100 km, moc nadajnika to około 80 W, a czułość odbiornika -70 dBm. Montowany jest w modernizowanych zestawach przeciwlotniczych Kub i Osa.

Interrogator pokładowy SB-14E/A

Interrogator pokładowy jest przeznaczony do współpracy z radarami pokładowymi instalowanymi na statkach powietrznych. W praktyce są to najczęściej radary kierowania uzbrojeniem samolotów bojowych.

SB-14E/A ma zasięg instrumentalny 76 km, z możliwością jego wydłużenia do 100 km. Moc wyjściowa nadajnika wynosi 500 W, a czułość odbiornika -72 dBm. Znacznie większa moc nadajnika w porównaniu do SB-16E3, choć oba są określane jako interrogatory średniego zasięgu, wynika z konieczności współpracy z pokładową anteną o mniejszym zysku niż anteny naziemne.



Zestaw urządzenia zapytującego krótkiego zasięgu IKZ-02

IKZ-02 był pierwszym elementem systemu IFF opracowanym całkowicie w Radwarze, nie wykorzystującym komponentów dostarczanych przez licencjodawcę. Inicjatorem projektu było Dowództwo Marynarki Wojennej, które potrzebowało interogato-

Interrogator pokładowy SB-14E/A

Zestaw urządzenia
zapytującego krótkiego
zasięgu IKZ-02



rów krótkiego zasięgu do potrzeb uzbrojenia przeciwlotniczego okrętów. Opracowany w ramach tego projektu interogator krótkiego zasięgu IKZ-02 spełnia wszystkie wymagania systemu IFF Mark XII. Przeznaczony jest do pracy z systemami broni ziemia-powietrze i ziemia-ziemia. Dzięki małym rozmiarom i masie, możliwości pracy z wewnętrznymi akumulatorami i odpornej na uszkodzenia mechaniczne anten-

nie, IKZ-02 doskonale nadaje się do wyrzutni ręcznych oraz innych wszelkiego typu systemów przeciwlotniczych krótkiego zasięgu – zarówno raketowych, jak i lufowych.

Bogaty bank interfejsów zewnętrznych pozwala na transmisję wyniku identyfikacji za pomocą sygnalizacji optycznej, komunikatów słownych, łącza szeregowego RS-422. Opcjonalnie dostępne jest też wyjście sygnału blokady ognia do obiektu zidentyfikowanego jako *swój*. Sterowanie zapytaniem może odbywać się kablem, łączem szeregowym RS-422 lub zdalnie drogą radiową.

IKZ-02 jest urządzeniem w pełni zautomatyzowanym i zapewniającym bezpieczną, wiarygodną identyfikację dzięki zastosowaniu modułu pamięci przechowującego wszystkie dane potrzebne operatorowi do pracy w *modach* 1, 2, 3 i 4. W skład zestawu wchodzi interogator IKZ-02, antena typu Yagi, dwa akumulatory (jeden zapasowy) i ładowarka akumulatorów. Zasięg instrumentalny identyfikacji wynosi 10 km, moc wyjściowa nadajnika 80 W, a czułość odbiornika -68 dBm. Urządzenie może być zasilane napięciem stałym lub napięciem przemiennym, a także ma własny akumulator, który zapewnia przeciętnie 12 godzin pracy. Masa kompletnego zestawu wynosi ok. 5 kg.

Antena IKZ-02 ma elastyczne elementy promieniujące odporne na uszkodzenia mechaniczne. Jest przystosowana do pracy dwukanałowej w systemie Σ/Δ i ma element skutecznie kompensujący promieniowanie w listkach bocznych i tylnych. Nowatorskim rozwiązaniem w IKZ-02 jest bezprzewodowe sterowanie zapytaniem. *Pilot* zdalnego sterowania generujący kodowany sygnał radiowy nie wymaga żadnego zasilania, wykorzystując do generacji impulsów radiowych energię mechaniczną palca operatora w momencie naciśnięcia przycisku. Pozwala to zainstalować przycisk wyzwalania zapytania np. przy korbce do kierowania działem, tak aby operator, nie odrywając od niej ręki, mógł włączać zapytanie.

Opracowana w Polsce antena Yagi IFF-02 do tego interogatora jest od lat przedmiotem eksportu. Odbiorcom zagranicznym dostarczono przynajmniej kilkaset anten. Polskimi opracowaniami lub adaptacjami rozwiązań licencyjnych – PIT i Radwaru – były także inne anteny wykorzystywane w systemie IFF.

Urządzenia odzewowe (transpondery)

Zestawy urządzeń odzewowych przeznaczone są do instalacji na różnego typu statkach powietrznych (samolotach i śmigłowcach). Ze względu na różnice między poszczególnymi statkami powietrznymi, zostało opracowanych 9 różnych wersji zestawu, przystosowanych do takich samolotów i śmigłowców jak Mirage-2000, Hawk-200, Tornado, Gazelle, Su-22M4, Su-22UM3K, Mi-24W, Mi-24D, MiG-29, MiG-29U, W-3W, Mi-8, Mi-14PS, Mi-14PŁ, Mi-17, TS-11, MiG-21UM, MiG-21bis i An-28. Urządzenia są przystosowane do zasilania napięciem stałym 24-29 V. Pobór mocy nie przekracza 100 W.

Poszczególne wersje różnią się między sobą typem (kształtem i konstrukcją) pulpitu sterowania, rodzajem transmisji między pulpitem sterowania i transponderem (szeregowa lub równoległa) oraz typem bloku interfejsu pośredniczącego między transponderem i instalacją pokładową statku powietrznego.

Inną konstrukcję prezentuje zestaw odzewowy przeznaczony głównie do instalacji na okrętach (nawodnych i podwodnych). Może on być także wykorzystywany w pojazdach lądowych. Zestaw zawiera transponder, zasilacz oraz miejsce na urządzenie szyfrujące, niezbędne do pracy w *modzie* 4. Parametry tego zestawu są takie, jak zestawów do montażu na statkach powietrznych. Różnice dotyczą tylko sposobu zasilania. Urządzenie okrętowe jest przystosowane do zasilania napięciem przemiennym 220 V / 50 Hz lub napięciem stałym 28 V. Podstawowym blokiem każdego zestawu jest transponder, jednakowy dla wszystkich wersji, o mocy wyjściowej nadajnika 500 W i czułości odbiornika -77 dBm

Największy wkład projektowy w kompleksową budowę systemu Supraśl wniesli: mgr inż. Marek Borejko, mgr inż. Andrzej Nawrot, mgr inż. J. Rozum, mgr inż. W. Zalewski, inż. Andrzej Włodawski, inż. S. Wielkobaski, mgr inż. A. Pryczek, mgr inż. S. Alechno, inż. S. Horoszek, inż. A. Sanocki, mgr inż. M. Krawczak, mgr inż. A. Galas, mgr inż. S. Melon i wielu innych konstruktorów Zakładu Badawczo-Rozwojowego Radwar.

Nowe programy

W 2006 uruchomiono w Radwar program o kryptonimie Kwisa, którego celem było opracowanie i wprowadzenie do produkcji urządzeń IFF pracujących w nowym standardzie NATO systemie Mk XIIIA, spełniającym NATO STANAG Part V i VI oraz ICAO Regulation Annex 10.

W ramach tego programu powstały zupełnie nowe konstrukcje interrogatorów dalekiego (IDZ-50) i średniego zasięgu (ISZ-50) oraz transponderów lotniczych (ISZ-50) i naziemnych (TRN 50). Obecnie w produkcji w PIT-RADWAR są urządzenia opracowane w ramach programu Kwisa. Tym samym Polska stała się jednym z ośmiu, obok USA, Wlk. Brytanii, Francji, Niemiec, Turcji, Hiszpanii i Włoch, krajem mogącym samodzielnie rozwijać i produkować urządzenia IFF z zaimplementowanym *modem* 5.

Kontynuacją programu Kwisa jest projekt dotyczący identyfikacji na naziemnym polu walki, obejmujący cały wachlarz lądowych pojazdów wojskowych, a w przyszłości – żołnierzy wyposażonych w Indywidualny System Walki *Tytan*.

SYSTEMY PRZECIWLOTNICZE

Przeciwlotniczy zestaw artyleryjski Loara

PZA Loara jest przeznaczony do niszczenia środków ataku powietrznego (samoloty, śmigłowce, rakiety skrzydlate, środki bezpilotowe działające na bardzo małych, małych i średnich wysokościach). Może również niszczyć opancerzone cele lądowe i nawodne.

Pracujący w czasie ruchu pojazdu trójwspółrzędny radar obserwacyjny, odnawiając co sekundę dostarczane informacje, zapewnia dokładną lokalizację celów powietrznych i ich identyfikację dzięki systemowi rozpoznania *swój-obcy* (IFF). Opancerzona wieża obrotowa jest wyposażona w nowoczesne sensory zapewniające wykrywanie, przechwytywanie i śledzenie celów powietrznych poruszających się z prędkością do 500 m/s.

Różnorodność zastosowanych sensorów do kierowania ogniem (radar śledzący, kamera termalna, kamera TV, dalmierz laserowy) umożliwia skuteczne działanie w każdych warunkach pogodowych, w dzień i w nocy. Dwie armaty przeciwlotnicze kalibru 35 mm zapewniają skuteczne niszczenie celów na odległościach do 4000 m., a przy użyciu amunicji FAPDS do 6000 m.

Komputer kierowania ogniem jest wyposażony w:

- zaawansowane algorytmy przechwytywania celu, obliczeń balistycznych oraz występowania głowicy śledzącej, wieży i armat,
- wbudowane funkcje automatyzacji dowodzenia i kierowania do współpracy z innymi jednostkami.

Największy wkład w realizację projektu mieli: dr inż. M. Hilsberg, mgr inż. A. Zegan, mgr inż. Stefan Melon, mgr inż. J. Gwardecki, inż. L. Grzybowski. Udział w realizacji projektu wzięło także kilkudziesięciu konstruktorów Zakładu Badawczo-Rozwojowego Radwar, w tym wielu inżynierów młodszych pokoleń.

PZA Loara



Przeciwlotniczy Zestaw Artyleryjski Blenda

PZA Blenda jest przeznaczony do zwalczania celów powietrznych na małych wysokościach oraz lekko opancerzonych celów naziemnych i nawodnych zarówno w dzień, jak i w nocy. Wóz dowodzenia został wyposażony w aparaturę zapewniającą wykrywanie i śledzenie celów, sterowanie baterią armat oraz współpracę ze stanowiskiem dowodzenia wyższego stopnia. Do wykrywania i śledzenia wskazanych celów zastosowano zintegrowaną głowicę śledzącą, na której są zamontowane sensory optoelektroniczne: kamera termalna (FLIR) i kamera TV oraz dalmierz laserowy, a także urządzenia zapytujące IFF.

Wóz dowodzenia może współpracować z artyleryjskimi, raketowo-artyleryjskimi i raketowymi zestawami przeciwlotniczymi, np. baterią armat kal. 57 mm, zestawami z pociskami raketowymi Grom, Strzała-2M itp. W realizacji projektu wzięło udział wielu pracowników, przy czym szczególnie duży udział mieli: mgr inż. B. Piechal, mgr inż. M. Kęcik, mgr inż. B. Połoczanin i mgr. Inż. M. Jahoda.



PZA Blenda...



... i głowica zestawu

Samodzielny Przeciwraketowy Zestaw Lotniczy Poprad

Zestaw Poprad jest przeznaczony do niszczenia celów powietrznych na małych i średnich wysokościach przy użyciu samonaprowadzających się pocisków raketowych. Wyposażony jest w wysuwaną hydraulicznie głowicę śledząco-celowniczą zawierającą:

- zestaw sensorów elektrooptycznych (kamera termalna i dalmierz laserowy),

- urządzenie zapytujące *swój-obcy*,
- cztery wyrzutnie pocisków raketowych Grom,
- zespół napędowy w dwóch osiach.

W uкомплекtowaniu platforma ma także:

- komputer kierowania ogniem,
- system nawigacji i orientowania,
- system łączności i transmisji danych,
- system zasilania z agregatem prądotwórczym.

Pasywny system śledzenia pozwala na długotrwałą pracę bez ujawniania pozycji własnej.

Zestaw jest przystosowany do współpracy w systemie zautomatyzowanym kierowania obroną przeciwlotniczą, skąd otrzymuje łączami cyfrowymi wskazania celów do zniszczenia. Może też pracować autonomicznie. Do śle-

Wyrzutnie pocisków raketowych Grom



*Samobieżny Przeciwlotniczy
Zestaw Rakietowy Poprad*



dzenia celów powietrznych przystosowano kamerę termalną (FLIR), pozwalającą na skuteczne prowadzenia walki w dzień i w nocy. Urządzenie zapytujące IFF minimalizuje możliwość pomyłkowego zwalczania samolotów własnych.

Zestaw może skutecznie zwalczać cele powietrzne w zakresie wysokości 10-3500 m i odległości 500-5500 m. Szczególny wkład w realizacji systemu wnieśli: mgr inż. Z. Obrycki, mgr inż. Ł. Zbrzeźny, mgr inż. T. Górniak i mgr inż. R. Krawczyk.

**Zestawy terminalowe zautomatyzowanego kierowania
obroną przeciwlotniczej Rega**

Zestawy Rega pozwalają zejść z procesem automatyzacji kierowania obroną przeciwlotniczą do najniższych szczebli struktury wojsk obrony powietrznej, włącznie ze szczeblem drużyny. W połączeniu z mobilnymi punktami dowodzenia i kierowania Łowcza-3 i WD-2001 tworzą one kompleksowe rozwiązanie problematyki automatyzacji dowodzenia wojskami obrony przeciwlotniczej do szczebla taktycznego. Zestawy terminalowe Rega zostały opracowane przez Zakład Badawczo-Rozwojowy Radwar i są produkowane przez PIT-Radwar jako urządzenia oznaczone symbolami Rega-1/2/3/4.

Wóz z systemem Rega-1...

...i jego wnętrze



Rega-2 jest terminalem automatyzacji kierowania przeznaczonym do wyposażenia samobieżnych przeciwlotniczych zestawów artyleryjskich (np. ZSU-23-4 Szyłka) lub raketowych (np. Osa, Kub). Aparaturę terminala tworzą komputer z monitorem i klawiaturą, dwie radiostacje RRC-9500 oraz urządzenia łączności przewodowej.

Rega-2 realizuje następujące funkcje:

- odbiór i zobrazowanie na ekranie informacji o sytuacji powietrznej oraz położeniu podległych pododdziałów,
- przesyłanie informacji o własnym położeniu, gotowości bojowej, zapasie amunicji i rakiet do jednostki nadrzędnej,
- odbiór rozkazów zwalczania celów powietrznych i wysyłanie meldunków o rezultatach działań.

Rega-3 jest terminalem automatyzacji dowodzenia dla dowódcy plutonu przeciwlotniczego wyposażonego w przewożone (holowane) przeciwlotnicze zestawy artyleryjskie (np. ZU-23-2, ZUR-23-2S) lub przenośne przeciwlotnicze zestawy raketowe (np. Grom, Strzała-2M). Zestaw aparatury Rega-3 zawiera:

- komputerowy terminal wymiany danych,
- radiostację plecakową RRC-9200,
- radiostację ręczną R3501,
- terminal łączności przewodowej AC-16D,
- odbiornik GPS.

Funkcje realizowane przez zestaw terminalowy REGA-3 obejmują:

- odbiór i zobrazowanie na ekranie informacji o sytuacji powietrznej oraz położeniu podległych pododdziałów,
- wspomaganie procesu podejmowania decyzji o przydziale celów do zwalczania podległym pododdziałom (dowódcom drużyn),
- wymianę rozkazów i meldunków bojowych z przełożonym i podwładnymi.

Rega-4 jest terminalem automatyzacji dowodzenia dla dowódców drużyn przeciwlotniczych zestawów artyleryjskich holowanych i przewożonych oraz przenośnych przeciwlotniczych zestawów raketowych. Składa się z następujących elementów:

- komputerowy terminal wymiany danych,
- radiostacja ręczna R3501/3),
- odbiornik GPS.

Funkcje terminala Rega-4 obejmują:

- odbiór informacji o celach powietrznych i rozkazów zwalczania celów z zestawu Rega-3,
- wyświetlanie informacji o celach wskazanych do zwalczania,
- przesyłanie do przełożonego informacji o położeniu własnym i gotowości bojowej oraz meldunków o rezultatach działań.

Nad zestawami terminalowymi Rega pracowali: mgr inż. K. Piasecki, mgr inż. K. Gajewski, mgr inż. P. Sulkowski, mgr inż. K. Jakubik i mgr inż. K. Skibiński.



Rega-2



Rega-3



Rega-4



Modułowy artyleryjsko-raketowy zestaw Kobra

TERAŻNIEJSZOŚĆ I PRZYSZŁOŚĆ



Nowa recepcja budynku przy ulicy Poligonowej 30



Wejście do odnowionej siedziby PIT-RADWAR

Laboratoria badań mechano-klimatycznych



Po połączeniu spółek, koniecznych zmianach organizacyjnych, przemieszczeniach całych grup pracowników i zmianie w czerwcu 2014 nazwy na PIT-RADWAR, sytuacja w nowej spółce stabilizuje się. Zarząd, działający pod kierunkiem prezesa dr. inż. Ryszarda Kardasza, składa się z: Jerzego Miłosza – członka zarządu, dyrektora ds. badań i rozwoju, Janusza Wieczorka – członka zarządu, dyrektora ds. finansowych oraz Jarosława Tarki – członka zarządu, dyrektora operacyjnego.

Obecnie w PIT-RADWAR pracuje ponad 1300 osób. Są to doświadczeni pracownicy, w większości związani z połączonymi spółkami od wielu lat. Przedsiębiorstwo zwiększa zatrudnienie, przybywa dobrze przygotowanych młodych pracowników z wyższym wykształceniem. Inwestuje się zarówno w aparaturę niezbędną w procesie badań i rozwoju, jak i w nowoczesne linie produkcyjne, prowadzi remonty i modernizacje infrastruktury.

Obszar działalności spółki obejmuje:

- radiolokację, z uwzględnieniem radiolokacji pasywnej,
- systemy dowodzenia i kierowania,
- systemy rozpoznania radioelektronicznego,
- systemy uzbrojenia artyleryjskie i raketowe,
- systemy identyfikacji *swój-obcy* (IFF).

Podjęmowane są też starania o wejście produktowe na rynek cywilny.

Spółka posiada oddziały zamiejscowe w Gdańsku, Wrocławiu i Kobyłce k. Warszawy. W Oddziale Gdańskim, zatrudniającym ponad 50 pracowników, prowadzone są prace w zakresie radiolokacji i systemów rozpoznania radioelektronicznego. Oddział Wrocławski PIT-RADWAR – powstały w wyniku połączenia dawnego oddziału PIT i spółki Dolam – prowadzi działalność w zakresie techniki mikrofalowej, rozwoju i produkcji mikrofalowych lamp nadawczych oraz produkcji kontaktronów. W Kobyłce koło Warszawy spółka dysponuje nowoczesnym poligonem do przeprowadzania badań systemów antenowych.

Spółka po raz pierwszy od kilku lat uzyskała w 2013 dodatni wynik finansowy, na poziomie dwudziestu kilku milionów złotych. Kolejny rok zapowiada się także dobrze, głównie za sprawą zwiększenia zamówień MON. Resort obrony lokuje w PIT-RADWAR wieloletnie zlecenia, głównie na radary Odra, Liwiec i Soła, a także systemy Poprad i kolejny Nabrzeżny Dywizjon Rakietowy. Podjęmowane są starania marketingowe w zakresie eksportu.

Inwestycje w przyszłość

W wyniku połączenia przedsiębiorstw i inwestycji powstało wiele bardzo dobrze wyposażonych laboratoriów w zakresie techniki mikrofalowej, techniki nadawczej i obróbki sygnałów. Zostały stworzone laboratoria do symulacji i testowania obiektów systemowych. Natomiast laboratoria badania jakości są wyposażane w niezbędne urządzenia i aparaturę najnowszej genera-

cji. Umożliwiają one badania odporności i wytrzymałości wyrobów w zakresie narażeń wymaganych od sprzętu produkowanego na potrzeby obronności.

Unowocześniany jest park maszynowy. Umożliwia on m.in. precyzyjną obróbkę blach o różnych grubościach, obróbkę wiórową materiałów hutniczych na maszynach uniwersalnych i sterowanych numerycznie, obróbkę elektroerozyjną i elektroiskrową. Kontrolę wymaganych wysokich dokładności wykonania uzyskuje się za pomocą urządzenia do pomiarów koordynacyjnych. Realizowane jest zgrzewanie i spawanie stali oraz metali nieżelaznych, jak również obróbka cieplna elementów po spawaniu.

W 2013 zakończono największą inwestycję ostatnich lat – zbudowano nowoczesną, całkowicie ekologiczną galwanizernię i lakiernię, projekt inwestycyjny współfinansowany przez Unię Europejską, ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach działania 4.2 priorytetu IV Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2007-2013. Galwanizernia zapewnia chromowanie, niklowanie chemiczne, srebrzenie, anodowanie, trawienie i cynkowanie wyrobów z różnych materiałów o różnych gabarytach.

Posiadanie możliwości technologicznych i produkcyjnych nie jest jedynym warunkiem przetrwania innowacyjnego przedsiębiorstwa. Najważniejsze są nowoczesne wyroby. Dlatego też w spółce prowadzone są liczne prace nad nowymi projektami mającymi zapewnić rozwój spółki w ciągu najbliższych lat i poprawę jej konkurencyjności na rynku krajowym i międzynarodowym. Szybki rozwój technologii w dziedzinie elektroniki wymusza konieczność tworzenia nowych generacji urządzeń spełniających nowe potrzeby i wymagania potencjalnych odbiorców.

W radiolokacji coraz powszechniej stosowane są anteny z rozproszonym nadajnikiem, realizowane przy pomocy modułów nadawczo-odbiorczych. Wykorzystanie techniki mikrofalowych układów scalonych (MMIC) prowadzi do zwiększonej miniaturyzacji i niezawodności. Oparcie technologii tranzystorów mocy opartych na azotku galu (GaN) i węgliku krzemu (SiC) pozwoli na uzyskanie mocy 10-krotnie większych niż uzyskiwane dotychczas przy stosowaniu tranzystorów na arsenku galu (GaAs). Znacznie większa sprawność tranzystorów nowej generacji umożliwi chłodzenie powietrzem, co znakomicie uprości konstrukcję systemów antenowych.

Adaptacyjne, cyfrowe formowanie wiązek antenowych pozwala zmniejszać czas przeszukiwania przestrzeni, zwiększać dokładność estymacji położenia obiektów, znacznie zwiększyć odporność na zakłócenia. Kolejnym przełomem w dziedzinie radiolokacji może być mająca w sobie cechy multistatycznego nadawania i odbioru wykorzystująca wynikowo fuzję sygnałów. Może to mieć istotne znaczenie przy wykrywaniu obiektów typu *stealth*.

Coraz częściej są wykorzystywane radary pasywne typu PCL (*Passive Coherent Location*) wykorzystujące



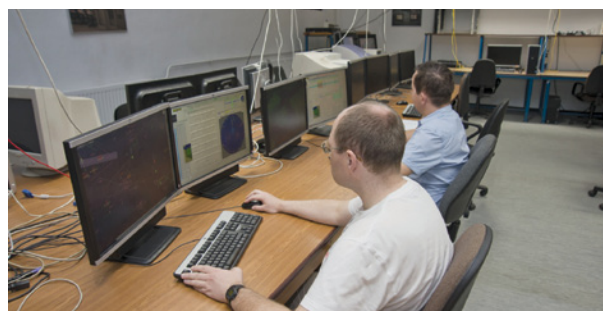
Pracownia mikrofalowych układów biernych



Pracownia mikrofalowych układów czynnych



Pomiary w klatce Faradaya



Laboratorium systemów Obrony Powietrznej



*Laboratorium systemów
dowodzenia*

decydują o parametrach taktycznych i interfejsach tych ostatnich. Jednym z najważniejszych zadań systemów automatyzacji jest dostarczenie aktualnej i szczegółowej wiedzy o sytuacji na polu walki (*Battlespace Awareness*). Problem integracji systemów to jedno z najważniejszych wyzwań dnia dzisiejszego.

Obecnie obowiązującą w budowie systemów koncepcją jest sieciocentryczność, co oznacza, że systemy są połączone jedną siecią, umożliwiającą współdzielenie się informacją i wspomaganie analizy zbieranych danych. Wymaga to nie tylko przetwarzania informacji z różnych źródeł, rozwiązania problemów praw dostępu, ale i zapewnienia ochrony informacji. Kolejny krok to budowa systemu systemów, zakładająca łączenie systemów przez adaptory – interfejsy. Umożliwia to łączenie systemów różnych krajów, różnych generacji, różnych producentów. Od lat rozwijany jest międzynarodowy program Multilateral Interoperability Programme (MIP) dotyczący integracji systemów Wojsk Lądowych i realizacji operacji połączonych. PIT-RADWAR bierze aktywny udział w tym programie. PIT-RADWAR jest też od kilkunastu lat czołowym przedsiębiorstwem polskiego przemysłu obronnego w zakresie udziału w systemie AGS (Alliance Ground Surveillance system). PIT współpracował także z Boeingiem i Lockheed Martinem w zakresie systemów obrony przeciwrakietowej.

W zakresie systemów rozpoznania radioelektronicznego rosnąca gęstość środowiska elektromagnetyczne oraz złożoność sygnałów generowanych przez różne źródła emisji narzuca potrzebę równoczesnego monitorowania szerokiego widma częstotliwości przy jednoczesnym przetwarzaniu dużej ilości danych w czasie zbliżonym do rzeczywistego. Wymaga to wysokiej czułości i dużej dynamiki torów odbiorczych. Takie wymagania mogą spełnić odbiorniki cyfrowe.

Rozwój technologii cyfrowych pozwoli na wyeliminowanie części układów analogowych, co z kolei umożliwi implementację zaawansowanych metod filtracji i detekcji oraz coraz bardziej skomplikowanych algorytmów przetwarzania. Tym samym uzyska się poprawę jakości analizy złożonych sygnałów współczesnych radarów wielofunkcyjnych.

Zaawansowane systemy cyfrowe pozwolą także na budowę różnych klas systemów rozpoznania w postaci podsystemów modułowych o skalowalnej architekturze, co ułatwi tworzenie różnych konfiguracji sprzętowych.

Stały, burzliwy rozwój technologii w dziedzinie elektroniki będzie powodował w każdej dziedzinie konieczność budowy coraz to nowych generacji urządzeń, umożliwiających coraz doskonalsze ich wykorzystanie na współczesnym polu walki. Prowadzone w PIT-RADWAR prace badawczo rozwojowe są zgodne z przedstawionymi wyżej tendencjami rozwoju.

PIT i RADWAR zajmowały się i zajmują się także środkami ogniowymi, dla których przygotowywana była



*Obróbka elementu anteny
radiolokacyjnej*

informacja ze źródeł informacji za pośrednictwem systemów dowodzenia. W latach 1990. Radwar podjął zakończone sukcesem prace nad zintegrowanym przeciwlotniczym zestawem artyleryjski Loara. W ostatnich latach w CNPEP Radwar powstał przeciwlotniczy zestaw artyleryjski Blenda i przeciwlotniczy zestaw raketowy Poprad.

PIT w ramach prac nad systemem Dunaj zbudował Centrum Dowodzenia Brygady Wojsk OPL Sił Powietrznych Przelot SAMOC. Doświadczenia i wyniki tych prac znajdują znacznie szersze zastosowanie w innych systemach i podsystemach obrony przeciwlotniczej i przeciw-raketowej.

Prace w zakresie radarów i systemów wspomagania dowodzenia zaowocowały także zakończony sukcesem udziałem PIT-RADWAR w tworzeniu i dostawie wspólnie z norweskim Konsbergiem Nadbrzeżnego Dywizjonu Raketowego, którego dostawy będą kontynuowane.



Obrabiarka numeryczna przy pracy

Tarcza Polski

Już kilka lat temu na podstawie wiedzy o konieczności wycofania w bliskiej przyszłości z użytku systemów przeciwlotniczych i przeciwraketowych produkcji dawnego ZSSR, pojawiła się w kręgach przemysłowych i wojskowych idea opracowania, ze znaczącym udziałem przemysłu krajowego nowego, wielowarstwowego systemu tego typu. Inicjatywa CNPEP Radwar została pochwycona przez PIT i Bumar, owocując propozycją programu strategicznego *Tarcza Polski*. Projekt przybrał formę trzech zestawów przeciwlotniczych:

- bardzo krótkiego zasięgu (V-SHORAD),
- krótkiego zasięgu (SHORAD),
- średniego zasięgu MRAD.

Poziom bardzo krótko zasięgu został zaproponowany na bazie całkowicie krajowej produkcji z radarem MMSR, stanowiskiem dowodzenia Rega-1, Blenda i wyrzutniami raketowymi Poprad. Poziom krótkiego zasięgu miał wykorzystywać opracowany do tego celu radar w paśmie C, z wykorzystaniem doświadczeń z radaru Liwiec i stanowiska kierowania ogniem opracowane na bazie systemu SAMOC. System średniego zasięgu miał powstać w oparciu o opracowany w PIT trójwspółrzędny radar wielofunkcyjny w paśmie S.

Po zapoznaniu się z propozycjami producentów zagranicznych w zakresie pocisków raketowych krótkiego i średniego zasięgu, po rozmowach z ich przedstawicielami, uznano za spełniający polskie potrzeby produkt koncernu MBDA – VL MICA dla systemu krótkiego zasięgu i Aster 30 dla systemu średniego zasięgu. Możliwości współpracy, proponuje także amerykański Raytheon oraz Lockheed Martin, oferujący system MEADS.

Sprawa budowy nowoczesnego systemu przeciwlotniczego i przeciwraketowego w Polsce stała się przedmiotem rozważań na szczeblu rządowym, przy udziale Prezydenta RP i Biura Bezpieczeństwa Narodowego. Zostały w tej materii przedstawione konkretne zamierzenia z określeniem środków finansowych przeznaczanych na ten cel w wysokości kilkudziesięciu miliardów złotych. Zapowiedziany przez Radę Ministrów program budowy



Budynek i wnętrze nowej galwanizerni





Hala montażu końcowego

kosztownego systemu obrony przeciwlotniczej i przeciwrakietowej stwarza niepowtarzalną szansę dla polskiego przemysłu obronnego. PIT-RADWAR, największa polska spółka działająca na rynku elektroniki profesjonalnej, powinna odegrać w tym programie kluczową rolę w zakresie systemów radiolokacyjnych, systemów dowodzenia i systemów kierowania walką.

Bumar Elektronika (dzisiaj PIT-RADWAR) rozpoczął przygotowania do udziału w budowie i modernizacji polskiego systemu przeciwlotniczego już kilka lat temu, podejmując się opracowania nowej generacji radarów półprzewodnikowych z elektronicznie kształtowanymi charakterystykami antenowymi. Początek został zaini-

cjowany poprzez rozpoczęcie, przy współfinansowaniu przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, opracowywania demonstratora technologii mobilnej, trójwspółrzędnej stacji radiolokacyjnej dalekiego zasięgu Warta. Jest to zadanie inicjujące prace nad radarami nowej generacji z wykorzystaniem najnowszych technologii.

W 2013 NCBiR ogłosił konkurs na realizację następujących programów:

- opracowanie prototypu radaru wielofunkcyjnego kierowania ogniem ze skanowaniem fazowym wiązki w dwóch płaszczyznach, dla zestawu rakietowego OP średniego zasięgu Narew,
- opracowanie prototypu radaru wielofunkcyjnego kierowania ogniem ze skanowaniem fazowym wiązki w dwóch płaszczyznach, dla zestawu rakietowego OP krótkiego zasięgu Wisła,
- opracowanie prototypu radaru P-18L wstępnego wskazywania celów w paśmie metrowym, ze skanowaniem fazowym w dwóch płaszczyznach, dla zestawów rakietowych OP (ZROP),

- opracowanie systemu radiolokacji pasywnej PCL-PET na potrzeby zestawów rakietowych obrony powietrznej ZROP,

- opracowanie programu komputerowego do symulacyjnej oceny możliwości pocisków przeciwlotniczych na podstawie ich konstrukcji lub deklarowanych parametrów w różnych warunkach i scenariuszach ich użycia.

- opracowanie programu komputerowego do symulacyjnej oceny możliwości bojowych dywizjonów rakietowych OP wyposażonych w przeciwlotnicze zestawy rakietowe OP (ZROP) różnych typów na podstawie symulacji ich działań w różnych warunkach i scenariuszach ataku powietrznego.

Były to programy wyraźnie dedykowane pod rozwój systemów obrony powietrznej. PIT-RADWAR jeszcze pod nazwą Bumar Elektronika zorganizował konsorcja i przystąpił do konkursów, a po ich wygraniu przystąpił do realizacji projektów. W konsorcjach uczestniczą: Wojskowa Akademia Techniczna, Politechnika Warszawska, ATS. W 2013 utworzono w Spółce Biuro Systemów Obrony Przeciwlotniczej i Przeciwrakietowej, którego dyrektorem został dr inż. Tomasz Zawada.

Jednocześnie w drugiej połowie 2013 Inspektorat Uzbrojenia MON rozpoczął dialog techniczny, którego celem było przygotowanie wymagań do przetargu mającego wyłonić dostawcę przeciwlotniczego i przeciwrakietowego systemu średniego zasięgu. Rozstrzygnięcie przetargu przewidziane było do końca 2014. Rozmowy w ramach dialogu technicznego pomiędzy przedsiębiorstwami przygotowującymi się do startu w przetargu i MON zostały zakoń-



wego systemu średniego zasięgu. Rozstrzygnięcie przetargu przewidziane było do końca 2014. Rozmowy w ramach dialogu technicznego pomiędzy przedsiębiorstwami przygotowującymi się do startu w przetargu i MON zostały zakoń-

czony w marcu 2014. PIT-RADWAR brał udział w rozmowach i przygotowywał się do startu w przetargu w ramach Konsorcjum OPL.

Inspektorat Uzbrojenia MON zdecydował o samodzielnym przedstawieniu ofert związanych z programem Wisła przez dwa podmioty: Raytheona (system Patriot) i Eurosam (SAMP/T), z polskimi przedsiębiorstwami jako podwykonawcami.

Jak ważny jest pełny dostęp do technologii, pokazuje przykład zakupu od francuskiego Thomson CSF (dzisiaj Thales) licencji na system identyfikacji IFF. Dzięki partnerskiej współpracy, dostępie do technologii, pełnej dokumentacji i kodów źródłowych zbudowano w Radwarze własne możliwości rozwoju i produkcji systemu IFF. Obecnie PIT-RADWAR jest jednym z niewielu krajów europejskich mających takie możliwości.

W przypadku realizacji systemu obrony powietrznej z partnerami zagranicznymi istotne są nie tylko możliwości polonizacji kupowanego sprzętu, ale także jego rozwoju i produkcji w kolejnych dostawach. Obniżyłoby to znacznie wpływ pieniędzy budżetowych z kraju. Należy bowiem pamiętać, że przewidzianych na tym etapie dostaw 8 baterii nie pokrywa wszystkich potrzeb obrony kraju i na pewno potrzebne będą kolejne zakupy. Warto przypomnieć, że także *posiadanie przez Polskę dokumentacji oraz kodów źródłowych do sowieckich zestawów przeciwlotniczych umożliwiło ich modernizację, wydłużenie ich eksploatacji oraz wykształcenie i utrzymanie specjalistów z unikalnymi doświadczeniami, przydatnymi także przy projektowaniu i ewentualnej produkcji nowoczesnych systemów obrony powietrznej* [Zdzisław Zieliński, RAPORT-wto]. Trudno sobie wyobrazić, by w przypadku obecnie planowanych zakupów miało być inaczej.

Doświadczenie i perspektywy

Istniejąca dzisiaj Spółka Akcyjna PIT-RADWAR to 80 lat historii polskiej elektroniki, udział w rozwoju infrastruktury telekomunikacyjnej kraju i telewizji, przed i po drugiej wojnie światowej, oraz ponad 60 lat zaangażowania w technice radiolokacyjnej, systemach dowodzenia i systemach uzbrojenia. Opis urządzeń opracowanych na przestrzeni 80 lat to przegląd burzliwego rozwoju elektroniki, praktycznie od jej początków.

PIT-RADWAR ma duży potencjał badawczo-rozwojowy oraz dobrze wyposażone wydziały produkcyjne. To co najważniejsze, to produkty znajdujące klientów. Radar artyleryjski Liwiec sprawdził się w warunkach wojennych w Afganistanie, radar RST-15 i elementy systemu łączności zostały wykorzystane przy realizacji, wspólnie z Kongsbergiem, programu Nadbrzeżnego Dywizjonu Rakietowego. System Szafran od kilku lat jest wykorzystywany przez międzynarodowy korpus polsko-niemiecki w Szczecinie. Dostarczony w setkach egzemplarzy sprzęt IFF, instalowany w sprzęcie wszystkich rodzajów sił zbrojnych, jest z powodzeniem eksploatowany już od kilkunastu lat. Produkowane w spółce zestawy przeciwlotnicze stanowią stabilny element wyposażenia sił zbrojnych.

Realizowane przez PIT-RADWAR programy są wykonywane zgodnie ze standardami NATO, a parametry urządzeń są zgodne z wymaganiami Polskich Sił Zbrojnych. Prowadzone aktualnie prace badawczo-rozwojowe zapewniają powstanie nowych generacji wyrobów. Spółka, jako producent elektroniki specjalnej jest silnym graczem na współczesnym rynku, a więzy nawiązane z licznymi kooperantami w kraju i zagranicą, oferowane wyroby, prowadzone prace rozwojowe, gwarantują jej dalszy rozwój.



