

# Stanisław Czeszejko

---

## Ciągłość śledzenia a ciągłość informacyjna rozpoznania radiolokacyjnego w środowisku elektronicznym

---

Obronność - Zeszyty Naukowe Wydziału Zarządzania i Dowodzenia Akademii Obrony Narodowej nr 4(12), 21-36

---

2014

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

AUTOR

ppłk dypl. mgr inż. Stanisław Czeszejko  
staszajko@poczta.onet.pl

## CIĄGŁOŚĆ ŚLEDZENIA A CIĄGŁOŚĆ INFORMACYJNA ROZPOZNANIA RADIOLOKACYJNEGO W ŚRODOWISKU ELEKTRONICZNYM

Funkcjonowanie systemu rozpoznania radiolokacyjnego w środowisku elektronicznym rozpatrywane w kontekście *ciągłości śledzenia* i *ciągłości informacyjnej* jako ważnego elementu systemu obrony powietrznej stwarza możliwości jego nowej konfiguracji poprzez wykorzystanie wszystkich elementów składowych: aktywnych, pasywnych, pomocniczych oraz podsystemu zbioru informacji z rozpoznania radiolokacyjnego i podsystemu sterowania wszystkimi elementami.

### Środowisko elektroniczne – terminologia

W trakcie II wojny światowej działania z wykorzystaniem urządzeń i systemów elektronicznych (w tym radarów oraz istniejących już systemów rozpoznania radiolokacyjnego) stały się dość ważnym i powszechnie uznawanym przez dowodzących elementem zabezpieczenia prowadzonych działań bojowych. Działania te doczekały się nawet pod jej koniec własnej nazwy: *wojna radioelektroniczna*. Miało to swoje racjonalne uzasadnienie – wykorzystywano w niej głównie fale radiowe (promieniowanie elektromagnetyczne pochodzące z urządzeń elektronicznych).

Brytyjski historyk Michael Howard w swojej książce pt. *Wojna w dziejach Europy* wydanej w 1976 roku w Wielkiej Brytanii przedstawił poglądy na temat *wymiarów wojny*. W jego ocenie już w okresie I wojny światowej powstał, a w czasie II wojny światowej nastąpił, dalszy intensywny rozwój nowego *czwartego wymiaru wojny* (po lądowym, morskim i powietrznym)<sup>1</sup>, tj. wojny związanej ówczesnie z rozwojem i wykorzystaniem elektronicznych urządzeń łączności, kryptografii, rozpoznania i walki radioelektronicznej oraz radiolokacji wykorzystujących głównie promieniowanie elektromagnetyczne. Nie nazwał on owego nowego *czwartego wymiaru wojny*, a jedynie wskazał na jego istnienie.

Natomiast w połowie lat osiemdziesiątych oficer Bundeswehry (SZ Niemiec) pułkownik Rudolf Grabau w swoich poglądach nie ograniczył

---

<sup>1</sup> M. Howard, *Wojna w dziejach Europy*, Ossolineum, Wrocław 1990, s. 167.

się do wskazania nazwy dla *czwartego wymiaru wojny* (nazwał go: *spektrum elektromagnetyczne*), lecz przedstawił własny podział wojny na sześć jej wymiarów: odległość, powierzchnię, wysokość, czas, informacje, spektrum elektromagnetyczne<sup>2</sup>. Wskazał wówczas, że ostatnie trzy czynniki będą mieć decydujący wpływ na charakter przyszłych konfliktów zbrojnych.

Czy pojęcie *spektrum elektromagnetyczne* można uznać za właściwą nazwę dla *czwartego wymiaru wojny*? Wiele faktów wskazuje na to, że nie. Po odkryciu elektryczności i poznaniu zjawisk fizycznych jej towarzyszących możliwe stało się konstruowanie urządzeń elektrycznych i elektronicznych, będących sztucznymi źródłami promieniowania elektromagnetycznego. W obwodach urządzeń elektrycznych i elektronicznych wytwarzany jest w pierwszej kolejności prąd elektryczny, który jest uporządkowanym ruchem ładunków elektrycznych. Płynący w przewodzie prąd elektryczny wytwarza – w uproszczeniu – pole elektromagnetyczne, a rozchodzące się w przestrzeni (otaczającej przewód) zaburzenia pola elektromagnetycznego to promieniowanie elektromagnetyczne (fale radiowe). Urządzeniem do zamiany sygnału elektrycznego na promieniowanie elektromagnetyczne i odwrotnie jest antena. Dlatego widać wyraźnie, że użyteczne promieniowanie elektromagnetyczne jest jedynie skutkiem funkcjonowania urządzeń elektronicznych i nie jest jedynym ich produktem wykorzystywanym przez człowieka. W dobie wszechobecnych sieci komputerowych dużego znaczenia nabrało wykorzystywanie prądu elektrycznego do wytwarzania i przesyłania sygnałów elektrycznych. Dlatego też – w dużym uproszczeniu – pojęcie *środowiska elektromagnetycznego* (wcześniej *spektrum* lub *przestrzeń elektromagnetyczna*) zatraciło swoją aktualność.

Po II wojnie światowej ukształtowało się i funkcjonuje nowe pojęcie *walka elektroniczna*, które wywodzi się bezpośrednio z pojęcia *walki radioelektronicznej*, a to natomiast od pojęcia *wojny radioelektronicznej*. Praktycznie wszystkie dostępne definicje wskazują, że walka elektroniczna ogranicza się do prowadzenia działań militarnych z użyciem energii elektromagnetycznej.

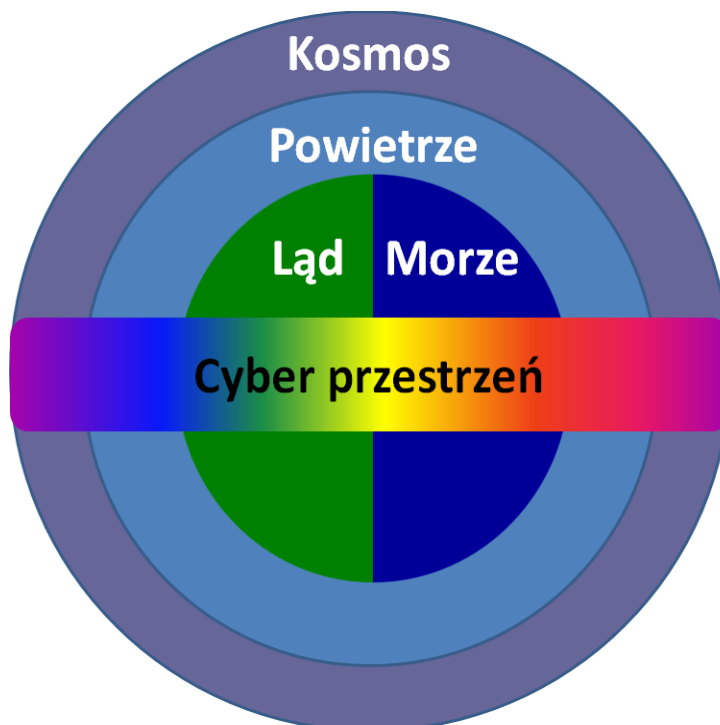
Na początku lat dziewięćdziesiątych pułkownik John A. Warden z Sił Powietrznych Stanów Zjednoczonych w teorii strategicznego paraliżu ujął działania w nowej przestrzeni nazwanej przez niego cyberprzestrzenią. Według Wardena każdą organizację (w tym nieprzyjaciela) należy traktować jak strukturę składającą się z systemu pięciu wzajemnie powiązanych kręgów (elity polityczne, instytucje podstawowe, infrastruktura, społeczeństwo, systemy obronne), składających się na całość i pełniących założone dla nich funkcje<sup>3</sup>. Każdy z kręgów Wardena funkcjonuje w pięciu *wymia-*

---

<sup>2</sup> R. Grabau, *Sechs Dimissionen des Krieges. Versuch einer analytischen Betrachtung*, Soldat und Technik, 1985, nr 5, s. 245.

<sup>3</sup> M. Vego, *Systemowe kontra klasyczne podejście do działań bojowych*, Kwartalnik Bellona, nr 2, Warszawa 2009, s. 185.

*rach*, na które składają się następujące elementy: morze, ląd, powietrze, przestrzeń kosmiczna, cyberprzestrzeń<sup>4</sup>. Można wnioskować, że chociaż nie odniósł się on w żaden sposób do podziału dokonanego przez M. Howarda, to jego *czwarty wymiar wojny* w dużym uproszczeniu nazwał po prostu „cyberprzestrzenia”. Poglądy Wardena szybko znalazły odzwierciedlenie w amerykańskich poglądach na prowadzenie działań militarnych (rys. 1).



Źródło: *Cyberspace Operations (DD 3-12)*, Centrum Rozwoju Doktryn i Edukacji Sił Powietrznych USA, 2010, s. 20.

**Rys. 1. Zależności pomiędzy domenami operacyjnymi w trakcie działań wojennych wg teoretyków SP USA**

Obecnie jego wykorzystywanie w terminologii militarnej ściśle wiąże się z konstruowaniem przez człowieka urządzeń i systemów elektronicznych służących do transmisji danych i informacji – sieci komputerowych (teleinformatycznych). Czy cyberprzestrzeń zasługuje na miano *czwartego wymiaru wojny*? Otóż nie, ponieważ we wszystkich dokumentach doktry-

<sup>4</sup> P. Sienkiewicz, *Wizje i modele wojny informacyjnej*, [w:] *Spółeczeństwo informacyjne – wizja czy rzeczywistość?*, Biblioteka Główna Akademii Górniczo-Hutniczej, Kraków 2003, s. 374.

nalnych amerykańskich i NATO nadal występuje pojęcie walki elektronicznej, obok pojęcia cyberprzestrzeni, co świadczy o tym, że nie wszystkie urządzenia i systemy elektroniczne zostały podporządkowane cyberprzestrzeni.

W rozważania na ten temat włączyli się w ostatnim czasie również polscy oficerowie. Według najnowszych poglądów autora z czerwca 2011 roku, oficera Sił Powietrznych podpułkownika Stanisława Czeszejko, cyberprzestrzeń<sup>5</sup> jest jedynie elementem działań militarnych, który poszerza i współtworzy *czwarty wymiar wojny* Howarda. Nadał mu nową nazwę: *środowisko elektroniczne*, przedstawił również własny, chronologiczny podział wymiarów wojny, nazywając je środowiskami, których kolejność przedstawił następująco: środowisko lądowe, środowisko morskie, środowisko powietrzne, środowisko elektroniczne, środowisko kosmiczne (rys. 2).



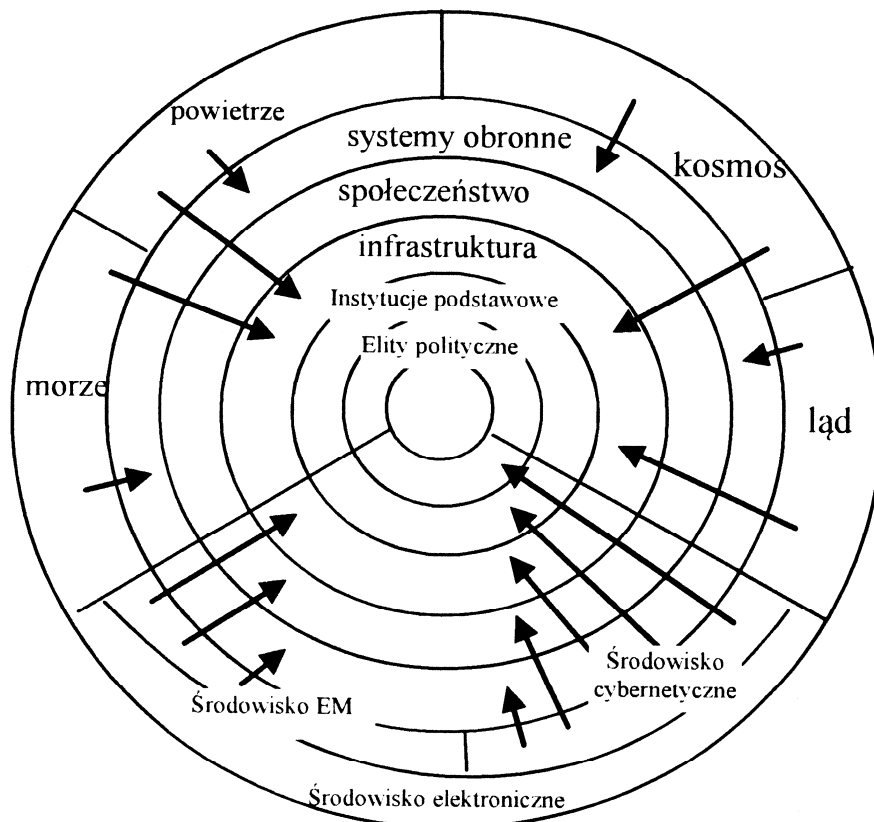
Źródło: S. Czeszejko, *Działania elektroniczne, a świadomość sytuacyjna pola walki*, [w:] *Materiał XIX Konferencji Naukowej Automatykacji Dowodzenia 2011*, Journal of KONBiN, Nr 2(18), ITWL, Warszawa 2011, s. 18.

**Rys. 2. Umiejscowienie środowiska elektronicznego**

Oficer Akademii Obrony Narodowej pułkownik Waldemar Scheffs w swoim wystąpieniu w trakcie Konferencji Naukowej Automatykacji Dowodzenia w październiku 2011 roku proponuje unowocześnienie *Modelu Wardena* poprzez zastąpienie pojęcia przestrzeni cybernetycznej określeniem *środowisko elektroniczne*. Dodatkowo zaproponował on podział pię-

<sup>5</sup> S. Czeszejko, *Konflikty ery informacyjnej*, Przegląd Sił Powietrznych nr 6(048), Warszawa 2011, s. 9.

tego kręgu na dwie części: obszar środowiska elektromagnetycznego i obszar środowiska cybernetycznego (rys. 3).



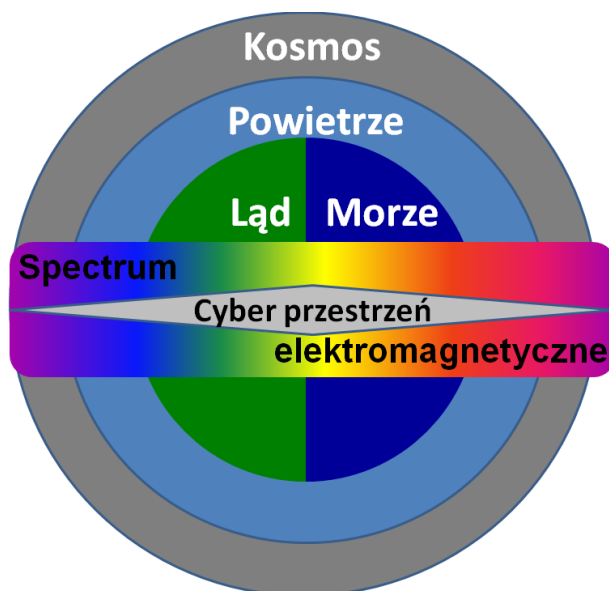
Źródło: W. Scheffs, *Automatyzacja działań urządzeń elektronicznych w środowisku cyberprzestrzeni i walki elektronicznej*, [w:] *Materiał XIX Konferencji Naukowej Automatyzacji Dowodzenia 2011*, Journal of KONBiN, Nr 3(19), ITWL, Warszawa 2011, s. 127.

**Rys. 3. Zmodernizowany model oddziaływania J. Wardena**

Ponadto potwierdzenie takiego sposobu oceny rozwoju zależności związanych z wykorzystaniem urządzeń i systemów elektronicznych możemy odnaleźć za oceanem u naszych amerykańskich sojuszników z NATO. W materiale Ricka San Miguela pt.: *Cyber CoE Doctrine Brief*<sup>6</sup> zaprezentowanym w dniu 10.09.2014 roku w *Cyber Centre of Excellence* w Fort Gordon (stan Georgia w USA) widać wyraźnie, że cyberprzestrzeń oraz spektrum elektromagnetyczne zostało ujęte (zamknięte) w jednym, wspólnym obszarze (rys. 4). Jest to kolejny krok w rozwoju poglądów w stosunku do 2011 roku, zapisanych w dokumencie doktrynalnym pt. *Cyberspace Operations (DD 3-12)*, w którym zawarto zależności pomiędzy

<sup>6</sup> Zob., <http://www.afcea.org> [dostęp: 11.10.2014].

domenami operacyjnymi w trakcie działań wojennych wg teoretyków SP USA.



Źródło: Rick San Miguel, *Cyber CoE Doctrine Brief*, Cyber Centre of Excellence, Fort Gordon, Georgia, 10.09.2014 r., s. 6.

**Rys. 4. Zależności pomiędzy domenami wg Ricka San Miguela**

Aby móc prawidłowo interpretować przedstawione tu rozważania należy przytoczyć definicje niektórych pojęć sformułowane przez autora, skonfrontowane już z poglądami międzynarodowego środowiska naukowego<sup>7</sup>.

**Środowisko elektroniczne** (środowisko działań elektronicznych) – jest otoczeniem sygnałów elektrycznych oraz pochodzącego od nich promieniowania elektromagnetycznego (przedmiotów walki), w którym można je wykorzystywać oraz na nie oddziaływać. Narzędziami oddziaływania (walki) w tym środowisku będą urządzenia i systemy elektroniczne (głównie militarne), które nadawać się będą do wykorzystania w tym środowisku.

**Urządzenia i systemy elektroniczne** – to zasadnicze elementy środowiska elektronicznego, które należy rozumieć jako zbiór elementów nieożywionych powstałych w wyniku działalności człowieka, występujących w określonym umiejscowieniu, pomiędzy którymi mogą istnieć wzajemne powiązania oraz występować wzajemne oddziaływania, mogą one również pozostawać we wzajemnej zależności – stosownie do panujących warunków.

<sup>7</sup> S. Czeszejko, *Radar surveillance in the electronic environment of the 21st century*, [w:] *15th International Radar Symposium IRS-2014*, Gdańsk 16-18.06.2014 r., s. 321.

Należy nadmienić, że twórca przedmiotowych definicji zawarł je w swoim referacie pt.: *Rozpoznanie radiolokacyjne w środowisku elektronicznym XXI wieku* opracowanym na międzynarodowe sympozjum naukowe poświęcone radiolokacji o nazwie *15th International Radar Symposium IRS-2014*. Odkonano je w Gdańsku w terminie 16-18.06.2014 r. Definicje przedstawione w trakcie wystąpienia zostały przyjęte przez międzynarodowe środowisko naukowe z żywym zainteresowaniem. Wspomnieć należy, że autor niniejszego artykułu podejmował już próby definiowania środowiska elektronicznego w innych swoich pracach<sup>8</sup>.

## **Elementy systemu rozpoznania radiolokacyjnego**

Współcześnie system rozpoznania radiolokacyjnego powinien składać się z elementów aktywnych oraz pasywnych, których liczba musi być stosownie dobrana w zależności od realizowanego zadania. Wykrywanie prowadzić będą klasyczne radary aktywne, radary pasywne w oparciu o promieniowanie pochodzące od radarów aktywnych oraz dedykowanych im specjalnie aktywnych źródeł promieniowania. Radary pasywne mogą również prowadzić wykrywanie, wykorzystując różne inne elementy promieniujące energię elektromagnetyczną dostępną w rejonie prowadzenia działań militarnych (wojskowe lub cywilne), w zależności od ich możliwości taktyczno-technicznych. W ugrupowaniu bojowym promieniować będą również aktywne urządzenia mylące – cele pozorne (*wabiki* – ang. *decoy*), których sposób promieniowania musi być zbliżony do użytecznych elementów aktywnych. Czas pracy każdego użytecznego elementu aktywnego systemu rozpoznania radiolokacyjnego na pozycji bojowej należy ograniczyć do minimum, w warunkach bojowych musi on pracować głównie sektorowo, aby ograniczyć do minimum jego rozpoznanie elektroniczne<sup>9</sup>. Czas promieniowania elementu aktywnego powinien zawierać się w przedziale 2,5-10 sekund<sup>10</sup>, natomiast jego zwińnięcia od 1,5-2 minut<sup>11</sup>.

---

<sup>8</sup> S. Czeszejko, *Działania elektroniczne w NATO i Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej – próba kategoryzacji*, AON, Warszawa 2011, s. 13.

<sup>9</sup> Teoretycznie na bazie dostępnych technologii można obniżyć czas pozostawania radaru na pozycji bojowej do wartości ok. 60 sekund (jednej minuty), tj. ok. 10 sekund praca bojowa, ok. 5 sekund zwińnięcie radaru, ok. 45 sekund jazdy (z prędkością ok. 5 km/h, tj. ok. 1,4 m/s) na odległość ok. 60 metrów. Zob., S. Czeszejko, *Anti-radiation missiles (ARMs) vs. radar*, JET – International Journal of Electronics and Telecommunications, PAN, vol. 59, no. 3/2013, Warszawa 2013, s. 289.

<sup>10</sup> S. Czeszejko, *Radar and its Survival to Operate on the Today's Battlefield*, [w:] *Signal Processing Symposium SPS-2013*, materiały pokonferencyjne, Jachranka k. Zegrza, IEEE Catalog Number: CFP1356U-DVD, IEEE Operations Center, Piscataway 2013, s. 187.

<sup>11</sup> Obecnie najkrótszy czas zwińnięcia radaru polskiej produkcji to 5 minut (NUR-21, NUR-22).



Aby skrócić radykalnie proces zwinienia radaru aktywnego należy konstruować każdy radar w postaci jednego mobilnego pojazdu oraz wyposażyć go w zautomatyzowane mechanizmy: gwałtownego złożenia (*zrzutu*) anteny, gwałtownego złożenia podpór stabilizacyjnych, gwałtownego odłączenia kabli i światłowodów (odrzucenia zespolonego *szybkoszłacza*). Ruszenie i oddalenie się stacji radiolokacyjnej musi odbywać się w sposób automatyczny, koła powinny być napędzane silnikami elektrycznymi o dużym momencie obrotowym, które uruchomiane są automatycznie sygnałem elektrycznym. Umożliwi to szybkie oddalenie się radaru na odległość zapewniającą przetrwanie pomimo rażenia odłamkami pochodzącymi z detonacji wybuchowych środków rażenia (w tym pocisku przeciwradiolokacyjnego). Podobnie powinny być zbudowane i funkcjonować przeznaczone specjalnie do radarów pasywnych aktywne źródła promieniowania.

Ale aby właściwie zaprojektować elementy systemu rozpoznania radiolokacyjnego, należy najpierw dokonać kompleksowej analizy jego zagrożeń, w tym głównie pocisków przeciwradiolokacyjnych.

### **Możliwe aspekty wykrywania i monitorowania obiektów powietrznych przez system rozpoznania radiolokacyjnego**

Na współczesnym polu (przestrzeni) walki ciągłość śledzenia obiektów powietrznych przez elementy aktywne systemu rozpoznania radiolokacyjnego jest bardzo ograniczona w obecnym rozumieniu tego pojęcia. Wynika to z faktu, że obecne pole (przestrzeń) walki jest bardzo mocno nasycone środkami zdolnymi do ich niszczenia. Taką ciągłość śledzenia mogą współcześnie zapewnić jedynie środki pasywne (np. *Passive Coherent Locator* – PCL), wymagające jednak ciągłej emisji elektromagnetycznej innych źródeł promieniowania.

Praca aktywnych elementów systemu rozpoznania radiolokacyjnego (emisja), aby przetrwały, musi być ograniczona do minimum. Musi być kompromisem pomiędzy zdolnością do zapewnienia przerywanego śledzenia obiektów powietrznych, a wykonywaniem manewrów przez elementy aktywne systemu w celu utrzymywania ich w zdolności do realizacji zasadniczego zadania, jakim jest wykrywanie obiektów powietrznych. Krótkie kolejne włączanie elementów aktywnych systemu rozpoznania radiolokacyjnego (tzw. *błysk* – ang. *flash*) pozwalać będzie na zapewnienie utrzymywania ciągłości informacyjnej o obiektach powietrznych przeciwnika, ale nie będzie to ciągłość śledzenia każdego obiektu. Ciągłość śledzenia obiektu powietrznego przeciwnika wymagana jest dopiero w fazie jego zwalczania, kiedy konieczny jest podział obiektów do realnego zwalczania pomiędzy własne środki walki oraz naprowadzanie środków walki na poszczególne cele (w przypadku środków walki posiadających własne sys-

temy naprowadzania na cel wystarczy wstępne ich naprowadzenie tak, aby ich systemy przechwyciły przydzielony cel). Dlatego w fazie wykrywania, obserwacji i oceny działań taktycznych (operacyjnych) przeciwnika wystarczy zapewnienie utrzymywania ciągłości informacyjnej o obiektach powietrznych przeciwnika, co nie jest równoznaczne z nieprzerwaną ciągłością śledzenia każdego obiektu.

Nieprzerwaną ciągłość śledzenia każdego obiektu powietrznego przeciwnika mogą współcześnie zapewnić jedynie radiolokacyjne środki pasywne, wymagające jednak ciągłej emisji elektromagnetycznej innych źródeł promieniowania. Aby można było taką ciągłość zapewnić, radiolokacyjne środki pasywne muszą mieć możliwość odbioru bardzo szerokiego spektrum emisji elektromagnetycznej (częstotliwości) pochodzącej z wszystkich możliwych źródeł (np. radiolokacji, łączności radiowej, systemów nawigacji, itp.). Albo każdy z nich musi posiadać szerokopasmowy odbiornik, albo musi być odpowiednia liczba urządzeń o odbiornikach na poszczególne podpasma częstotliwości.

Z praktycznego punktu widzenia bardziej racjonalne jest w pierwszym etapie wdrażania nowych rozwiązań, opierać się nadal na radiolokacji aktywnej, a rozwiązania radiolokacji pasywnej wdrażać stopniowo. Wynika to z faktu, że aktywne środki radiolokacyjne w swojej większości nadal muszą naprowadzać lotnictwo lub raketowe środki rażenia na cel. Ponadto łatwiejsze jest zbudowanie urządzenia radiolokacji pasywnej na podstawie większej liczby odbiorników na poszczególne podpasma częstotliwości, które wspólnie będą poszerzać zakres jego możliwości oraz będą umożliwiać modułowe zestawianie konfiguracji całego urządzenia w zależności od potrzeb. Zmiana generacji urządzeń powinna odbywać się wraz z planowym wycofywaniem starszego sprzętu. Wprowadzanie nowych urządzeń musi mieć miejsce po gruntownym sprawdzeniu nowych rozwiązań i z uwzględnieniem możliwości produkcyjnych własnego przemysłu.

W związku z powyższym priorytetem jest ustalenie właściwego kompromisu pomiędzy żywotnością systemu rozpoznania radiolokacyjnego, a jego możliwością utrzymywania ciągłości informacyjnej o obiektach powietrznych przeciwnika lub ich śledzenia. Biorąc pod uwagę możliwości wykrywania i samonaprowadzania się na cele współczesnych środków rażenia uzyskanie takiego kompromisu jest możliwe, wymaga jedynie opracowania odpowiednich podstaw teoretycznych.

## **Dystrybucja informacji z rozpoznania radiolokacyjnego**

Podsystem zbioru i dystrybucji informacji z rozpoznania radiolokacyjnego powinien spełniać dwie funkcje: zewnętrzną i wewnętrzną. Funkcja zewnętrzna powinna obejmować wykrywanie i identyfikację obiektów po-

wietrznych na potrzeby wszystkich prowadzących działania militarne, głównie systemu obrony powietrznej. Część z odbiorców tej informacji będzie zwalczać wykryte obiekty powietrzne, inni podejmować działania związane z Powszechną OPL (ang. *force protection*). Informacja z rozpoznania radiolokacyjnego powinna być dostępna dla odbiorców oddalonych poprzez system zbioru i dystrybucji informacji (*Common Operational Picture – COP*) oraz odbiorców znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie elementów rozpoznania radiolokacyjnego poprzez bezpośrednie przekazanie środkami łączności.

Funkcja wewnętrzna powinna obejmować głównie przedsięwzięcia związane z ochroną systemu rozpoznania radiolokacyjnego. Każdy element aktywny systemu należy zaprojektować ze zintegrowanym wewnątrz automatycznym system alarmowania, który w przypadku wykrycia atakującego środka bojowego (np. atakującego pocisku przeciwradiolokacyjnego) w pierwszej kolejności wyłączy promieniowanie elektromagnetyczne, następnie włączy urządzenie mylące – cel pozorny (*wabik – ang. decoy*). Równolegle wyzwoli alarm ostrzegający pozostającą w pobliżu obsługę oraz prześle automatycznie informację o rodzaju ataku do pozostałych elementów systemu rozpoznania radiolokacyjnego oraz jego stanowiska dowodzenia. Następnie uruchomi funkcję zwinięcia i automatycznie uruchomi silniki elektryczne pozwalające na przemieszczenie (zmianę pozycji bojowej) elementu aktywnego.

### **Funkcjonowanie systemu rozpoznania radiolokacyjnego w środowisku elektronicznym**

Biorąc pod uwagę, że środowisko elektroniczne obejmuje wszystkie urządzenia i systemy elektroniczne współczesnego pola (przestrzeni) walki, funkcjonowanie systemu rozpoznania radiolokacyjnego w środowisku elektronicznym należy rozpatrywać w dwóch płaszczyznach: promieniowania elektromagnetycznego oraz wymiany sygnałów elektrycznych. Ważne jest wskazanie w tym miejscu, że środowisko elektroniczne swoim zasięgiem obejmuje szerszy obszar, a działanie środków elektronicznych systemu rozpoznania radiolokacyjnego sprowadza się tylko do konkretnych miejsc występowania tych urządzeń, co należy wyraźnie rozgraniczać.

Promieniowanie elektromagnetyczne związane z funkcjonowaniem systemu rozpoznania radiolokacyjnego będzie podlegać podziałowi na: tworzenie bezpośrednich relacji w środowisku elektronicznym oraz dotyczyć interakcji systemu rozpoznania radiolokacyjnego z innymi środowiskami prowadzenia działań militarnych. Bezpośrednie relacje systemu rozpoznania radiolokacyjnego w środowisku elektronicznym opierać się będą na oddziaływaniu sygnałów radiolokacji wtórnej (ang. *Identification Friend*

or Foe – IFF) na urządzenia zamontowane na obiektach powietrznych (np. samolotach) w celu przeprowadzenia ich identyfikacji. Również zmiana częstotliwości pracy radaru pierwotnego należy do form oddziaływania na relacje istniejące w środowisku elektronicznym. Przeciwnik natomiast będzie się starał wykorzystać promieniowanie elektromagnetyczne pochodzące z naszego systemu rozpoznania radiolokacyjnego do jego rozpoznania i następnie do oddziaływania na nasz system. Realizować będzie to dwoma sposobami: poprzez stosowanie różnego rodzaju zakłóceń elektronicznych (skierowanych przeciwko odbiornikom naszego systemu) lub poprzez oddziaływanie ogniowe na nasz system (fizyczne niszczenie jego elementów). Warto zwrócić uwagę na fakt, że fizyczne niszczenie opiera się będzie na śledzeniu emitowanego promieniowania elektromagnetycznego (naprowadzanie się pocisków przeciwradiolokacyjnych) lub dokładnym wcześniejszym zapamiętaniu pozycji elementu promieniującego elektromagnetycznie (naprowadzanie bomb kierowanych systemem nawigacji satelitarnej). Interakcja systemu rozpoznania radiolokacyjnego z innymi środowiskami prowadzenia działań militarnych będzie polegać na wykorzystaniu odbicia promieniowania elektromagnetycznego pochodzącego z elementów aktywnych systemu rozpoznania radiolokacyjnego od obiektów funkcjonujących w innym środowisku działań militarnych (np. do lokalizacji obiektów w środowisku powietrznym, tj. echem radaru odbitym od samolotu).

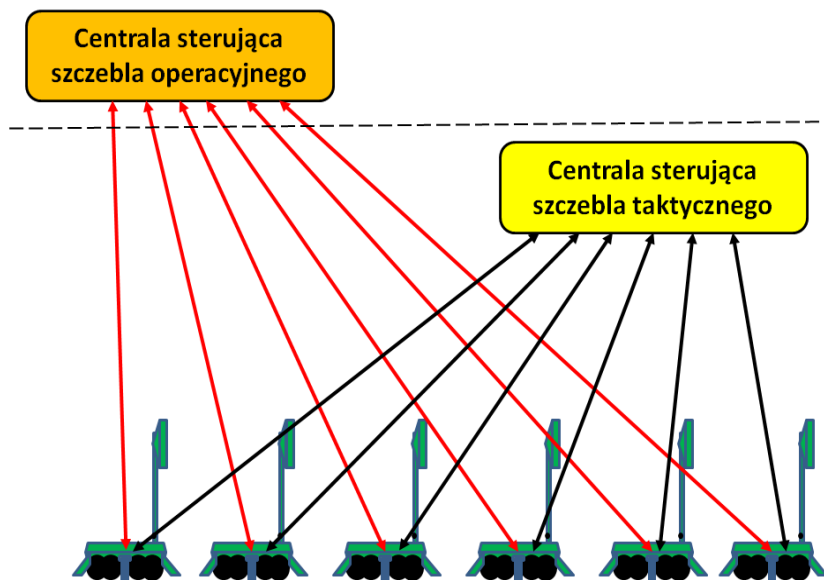
Natomiast wymiana sygnałów elektrycznych dotycząca systemu rozpoznania radiolokacyjnego będzie tworzyć wyłącznie bezpośrednie relacje w środowisku elektronicznym. Dotyczyć będzie wytwarzania i przesyłania sygnałów elektrycznych w sieciach komputerowych oraz przewodowych sieciach łączności. W tym wypadku sygnały elektryczne można podzielić na użyteczne i zakłócające. Sygnałami użytecznymi będą te pochodzące od urządzeń radiolokacyjnych (niosące ze sobą informacje o wykrytych obiektach powietrznych oraz sygnały wskazujące na ich parametry techniczne) oraz sterujące nimi, pochodzące z szczebla dowodzenia (taktycznego lub operacyjnego). Sygnały zakłócające pochodzące od urządzeń przeciwnika (wirusy, robaki, itp.) mają na celu destabilizację funkcjonowania naszego systemu rozpoznania radiolokacyjnego.

## **Sterowanie systemem rozpoznania radiolokacyjnego**

Kiedy już pozyskamy odpowiednie aktywne i pasywne elementy systemu rozpoznania radiolokacyjnego, dalszym krokiem będzie ich funkcjonalne połączenie. W chwili obecnej konstruuje się konsole zdalnego sterowania radarami konkretnych typów (np. RAT-31DL) umiejscawianych na stanowiskach dowodzenia, co zapewnia możliwość sterowania częścią

systemu, ale nie zapewnia kompleksowego sterowania całym systemem rozpoznania radiolokacyjnego. Dlatego istnieje potrzeba budowania uniwersalnych konsol sterowania elementami systemu radiolokacji (ich normalizacja) oraz projektowania nowych elementów systemu (aktywnych i pasywnych) pod kątem sterowania ich pracą w sposób kompleksowy (wszystkimi trybami pracy).

Optymalne wykorzystanie systemu rozpoznania radiolokacyjnego powinno opierać się na jego funkcjonowaniu na podstawie dwu poziomów sterowania: taktycznego i operacyjnego (rys. 5).



Źródło: opracowanie własne.

**Rys. 5. Podział na poziomy sterowania elementami systemu rozpoznania radiolokacyjnego**

Zadaniem poziomu taktycznego będzie zapewnienie właściwego funkcjonowania elementów systemu rozpoznania radiolokacyjnego poprzez sterowanie wieloma ich wewnętrznymi trybami pracy. Dzięki właściwie dobranym sygnałom sterującym (rozkazom) pomiędzy centralą, a podległymi elementami systemu oraz dzięki właściwie wypracowanym procedurom działania ich obsług i elementu dowodzenia nimi zostanie zachowana ciągłość prowadzonego rozpoznania radiolokacyjnego oraz wysoka żywotność elementów jego ugrupowania bojowego. Kompleksowe sterowanie wszystkimi istniejącymi elementami systemu powinno być możliwe równoległe na szczeblu brygady radiotechnicznej i na szczeblu podległych jej batalionów (redundancja). Udostępnienie takiej funkcji na obu wymienionych szczeblach dowodzenia zwiększa w zdecydowany sposób możliwość

decentralizacji wykonania wielu skomplikowanych i szczegółowych funkcji takiego systemu (włączanie pracy sektorowej, systemów przeciwwzakłóceńowych, wykonywanie szybkich manewrów, itp.), co pozwala na utrzymanie wysokiej efektywności wykrywania i żywotności systemu.

Natomiast zadaniem szczebla operacyjnego powinno być sterowanie systemem rozpoznania radiolokacyjnego poprzez określanie parametrów jego strefy rozpoznania radiolokacyjnego oraz aktywacji jej poszczególnych elementów. Takie sterowanie powinno uwzględniać pracę innych systemów rozpoznania tak, aby minimalizować czas pracy aktywnie promieniujących elementów i tym samym ograniczyć ich niszczenie (w tym umożliwić im manewry). Zdobywanie informacji z różnych systemów rozpoznania (np. lotniczego, optycznego, radioelektronicznego, radiolokacyjnego, itp.) pozwala w Ośrodkach Dowodzenia i Naprowadzania (ang. *Control and Reporting Centre* – CRC) oraz w Centrum Operacji Powietrznych (ang. *Combined Air Operations Centre* – CAOC) na optymalne wykorzystanie pracy poszczególnych systemów i informacji z nich pochodzących, umożliwiając efektywne i żywotne funkcjonowanie systemu obrony powietrznej.

Podział na dwa poziomy sterowania (taktyczny i operacyjny) umożliwi precyzyjny rozdział zadań pomiędzy szczeblem taktycznym i operacyjnym w zakresie funkcjonowania systemu rozpoznania radiolokacyjnego na współczesnym polu walki. Tym samym pozwoli na elastyczne reagowanie systemu rozpoznania radiolokacyjnego na rozwój zarówno sytuacji taktycznej, jak i operacyjnej (wynikającej głównie z realnego stanu funkcjonowania systemu obrony powietrznej).

### **Wymagania w stosunku do współczesnego systemu rozpoznania radiolokacyjnego**

Jak już zaznaczono, zadaniem systemu rozpoznania radiolokacyjnego na polu (przestrzeni) walki jest wykrywanie obiektów powietrznych z wykorzystaniem promieniowania elektromagnetycznego. Widać wyraźnie, że kluczem do uniknięcia skutków ataku na elementy aktywne systemu (głównie za pomocą pocisków przeciwradiolokacyjnych) jest ograniczenie czasu ich promieniowania, ograniczenie czasu pozostawania na pozycjach bojowych, z których promieniowały oraz skrócenie czasu reakcji na rozwój sytuacji przez elementy dowodzenia systemu rozpoznania radiolokacyjnego szczebla taktycznego i operacyjnego. Ograniczenie i skrócenie wskazanych czasów do minimum oraz wysoce manewrowy charakter ugrupowania bojowego zapewni przetrwanie systemu rozpoznania radiolokacyjnego na współczesnym polu (przestrzeni) walki. Uzyskanie takich zdolności zapewni również możliwość dynamicznego kształtowania parametrów

strefy rozpoznania radiolokacyjnego. Wymagania w stosunku do współczesnego systemu rozpoznania radiolokacyjnego można sformułować w następujący sposób (w stosunku do):

a) Sensorów (elementów) systemu:

- krótki czas zwijania i rozwijania;
- wysoka manewrowość;
- częściowa odporność na środki rażenia przeciwnika elementów aktywnych;

- możliwość pełnego, zdalnego sterowania;

b) Sterowania systemem:

• poziom sensora (elementu systemu) – przez obsługę z pomocą komputera pokładowego;

• poziom taktyczny – przez obsady etatowe brygady (BRt) i batalionów (brt) z pomocą konsol zdalnego sterowania;

• poziom operacyjny – przez obsady etatowe ODN (CRC) i COP (CAOC) z pomocą konsol zdalnego sterowania;

• wspomaganie wszystkich procesów walki systemu obrony powietrznej poprzez zastosowanie na wszystkich szczeblach *inteligentnego* oprogramowania wspomagającego;

c) Dodatkowych warunków funkcjonowania systemu:

• modułowa budowa;

• wielotorowa łączność: przewodowa, światłowodowa, radiowa, satelitarna;

• systemowe sprzężenie z innymi systemami rozpoznania na szczeblu operacyjnym i kompleksowe ich wykorzystanie.

Ważne jest również, aby wszelkie procesy w systemie rozpoznania radiolokacyjnego odbywały się w czasie zbliżonym do rzeczywistego zarówno związane z przekazywaniem informacji z rozpoznania radiolokacyjnego, jak i dotyczące sygnałów sterujących.

## **Podsumowanie**

Obecne systemy rozpoznania radiolokacyjnego systemu OP nie mają żadnych poważnych szans przetrwania pierwszej fazy konfliktu, nie mówiąc o jego całkowitym przebiegu, co udowodniły ostatnie konflikty zbrojne. Dlatego należy poszukiwać nowych rozwiązań w tej dziedzinie, odpornych na destrukcyjne oddziaływanie współczesnych środków walki.

## Bibliografia

1. Czekala Z., *Parada radarów*, Bellona, Warszawa 1999.
2. Czeszejko S., *Anti-radiation missiles (ARMs) vs. radar*, JET – International Journal of Electronics and Telecommunications, PAN, vol. 59/ no. 3, Warszawa 2013.
3. Czeszejko S., *Działania elektroniczne, a świadomość sytuacyjna pola walki*, [w:] *Materiał XIX Konferencji Naukowej Automatykacji Dowodzenia 2011*, Journal of KONBiN, Nr 2(18), Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa 2011.
4. Czeszejko S., *Konflikty ery informacyjnej*, Przegląd Sił Powietrznych nr 6(048), Warszawa 2011.
5. Czeszejko S., *Pociski przeciwradiolokacyjne – rozwój i ich stan obecny*, *Obronność – Zeszyty Naukowe WZiD*, nr 1(5)/2013, AON, Warszawa 2013.
6. Czeszejko S., *Radar and its Survival to Operate on the Today's Battlefield*, [w:] *Signal Processing Symposium SPS-2013*, materiały pokonferencyjne, Jachranka k. Zegrza, IEEE Catalog Number: CFP1356U-DVD, IEEE Operations Center, Piscataway 2013.
7. Czeszejko S., *Radar surveillance in the electronic environment of the 21st century*, [w:] *15th International Radar Symposium IRS-2014*, Gdańsk 16-18.06.2014 r.
8. Czeszejko S., *Wymagania operacyjne wobec współczesnych radarów systemu Obrony Powietrznej*, *Obronność – Zeszyty Naukowe WZiD*, nr 1(5)/2013, AON, Warszawa 2013.
9. Grabau R., *Sechs Dimissionen des Krieges. Versuch einer analytischen Betrachtung*, *Soldat und Technik*, nr 5, 1985.
10. Howard M., *Wojna w dziejach Europy*, Ossolineum, Wrocław 1990.
11. Klembowski W., Miłosz J., Rutkowski T., Wiśniewski J., *Środki ochrony radaru przed rakietami naprowadzającymi się na emisję radarową*, 43 Konferencja Naukowo-Techniczna Radiolokacji, Rynia 15-16.11.2011 r.
12. Scheffs W., *Automatyzacja działań urządzeń elektronicznych w środowisku cyberprzestrzeni i walki elektronicznej*, [w:] *Materiał XIX Konferencji Naukowej Automatykacji Dowodzenia 2011*, Journal of KONBiN, Nr 3(19), Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa 2011.
13. Vego M., *Systemowe kontra klasyczne podejście do działań bojowych*, *Kwartalnik Bellona*, nr 2, Warszawa 2009.
14. Sienkiewicz P., *Wizje i modele wojny informacyjnej*, [w:] *Spółczesność informacyjna – wizja czy rzeczywistość?*, Biblioteka Główna Akademii Górniczo-Hutniczej, Kraków 2003.



## **CONTINUITY OF TRACKING AND THE INFORMATION CONTINUITY IN RADAR SURVEILLANCE IN THE ELECTRONIC ENVIRONMENT**

*Abstract:* The author presents here the processes and ideas related to organizing and functioning of the radar surveillance system of electronic environment in the aspect of *continuity of tracking* and *the information continuity* of the air objects, as a crucial element of the Air Defense System. It presents a new angle of looking at the environment in which the radar surveillance system works and its possible configuration, consisting of active, passive and supportive elements, as well as the subsystems of collecting radiolocation information and the subsystems responsible for controlling all elements of the radar surveillance system. The author emphasizes also the essential role of the efficient control of such a system in the environment of the contemporary battlefield, which – nowadays – is characterized by a high complexity degree.