

ANTONYUK Volodymyr¹
GRUDZIŃSKI Eugeniusz²
NICHOGA Vitaliy¹
PRUDYUS Ivan¹

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA FAL MILIMETROWYCH W RADIOELEKTRONICZNYCH SYSTEMACH KONTROLI POJAZDÓW

Rozpatrzono możliwości wykorzystania radiotechnicznych systemów z zakresu fal milimetrowych dla podniesienia bezpieczeństwa ruchu w transporcie i innych podobnych zagadnieniach

PERSPECTIVE OF WAVES MILLIMETER WAVE IN ELECTRONIC TRANSPORT SYSTEMS

The options use radio systems for millimeter-wave band in the problems of increasing traffic safety and other applied problems.

1. WSTĘP

Rosnąca liczba światowych awarii i katastrof mających miejsce w transporcie wskazuje na konieczność ciągłego poszukiwania nowych rozwiązań technicznych i technologicznych opartych na naukowych analizach metod umożliwiających zdalną kontrolę parametrów ruchu pojazdów poruszających się na morzu, lądzie jak i w powietrzu, a mających za zadanie poprawę i zwiększenie bezpieczeństwa oraz komfortu transportu. W tym przypadku zwrócono szczególną uwagę na możliwości zastosowania technologii z zakresu fal milimetrowych, z powodzeniem wykorzystywanej w różnorodnych systemach techniki uzbrojenia, dość szeroko omówionej w literaturze [1-3]. W referacie przedstawiono analizę możliwości wykorzystania systemów radiotechnicznych z zakresu fal milimetrowych do rozwiązania przedstawionych powyżej zagadnień.

¹ Instytut Radioelektroniki, Telekomunikacji i Technik Elektronicznych Narodowego Uniwersytetu „Politechnika Lwowska”, Katedra Radioelektronicznych Urządzeń i Systemów; Ukraina, 79013, Lviv, ul. Profesorska 2.
Tel: +38 032 258-25-19, Fax: +38 032 258-25-55, E-mail: itre@lp.edu.ua; AVP-Lviv@i.ua.

² Politechnika Wrocławska, Instytut Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki, Laboratorium Wzorców i Metrologii Pola Elektromagnetycznego, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław. Tel: +48 71 320-30-87, Fax: +48 71 320-31-89, E-mail: eugeniusz.grudzinski@pwr.wroc.pl.

2. RADIOTECHNICZNE SYSTEMY Z ZAKRESU FAL MILIMETROWYCH W UKŁADACH BEZPIECZEŃSTWA RUCHU W TRANSPORCIE

2.1 Ostrzeżenie o zbliżaniu się do przeszkód

Ostrzeżenie o zbliżaniu się różnorodnych środków transportu do dowolnego rodzaju przeszkód w tym szczególnie w warunkach ograniczonej widzialności jest jednym z pierwszoplanowych naukowych i praktycznych zadań, których wprowadzenie pozwala nie tylko na znaczną poprawę komfortu, ale i zwiększenie bezpieczeństwa ruchu środków transportu poruszających się w powietrzu, na morzu i lądzie. Częściowo powyższe zagadnienia mogą być rozwiązane podobnie jak w systemie kierowania ruchem powietrznym, poprzez wprowadzenie pokładowego odpowiednika systemu S [4]. Należy zaznaczyć, że o jakości przeszkód decyduje tutaj lotniczy ośrodek wyposażony w analogiczny pokładowy odpowiednik systemu S. System pracuje po zasadzie zapytanie - odpowiedź, i w żadnej mierze nie uprzedza o obecności na trasie polotu przeszkód małych rozmiarów, na przykład, linii energetycznych, wiatrowych elektrowni, itp. W niektórych sytuacjach mankamenty te są możliwe do wyeliminowania poprzez rozwiązania systemów radiolokacyjnych pracujących w zakresie fal centymetrowych. Jest to możliwe do wykorzystania w przypadku np. statków morskich lub wszędzie tam gdzie niema tak ostrych ograniczeń, co do masy i gabarytów radiolokatorów jak np. w przypadku lotnictwa czy też transportu naziemnego.

Pojawienie się w ostatnich latach małogabarytowych i szeroko dostępnych oraz możliwych do wykorzystania modułów zestawów nadawczo-odbiorczych pracujących w pasmach, 77 GHz i 94 GHz daje techniczną możliwość zrealizowania stosunkowo prostych impulsowych radiolokatorów pracujących w różnych wariantach, które zdolne są wykonywać [5]:

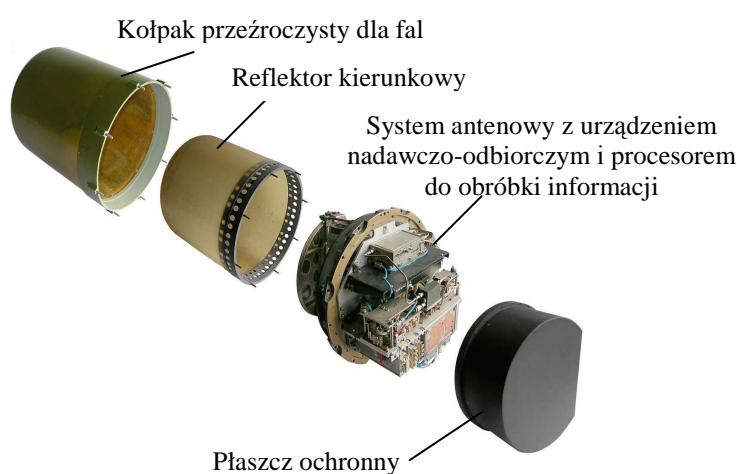
- pomiar odległości i względnej szybkości do różnego rodzaju przeszkód, które znajdują się z przodu ruchomego środka transportu;
- kształtowanie radiolokacji obrazów otaczającego środowiska (dróg, różnych rodzajów przeszkód) z pomiarem ich przestrzennych współrzędnych;
- identyfikację typów przeszkód na tle radiolokacji obrazów;
- automatyczne kierowanie ruchem transportu na podstawie analizy parametrów ruchu, jakości dróg i typów przeszkód oraz parametrów wzajemnego zbliżenia albo oddalenia na tle radiolokacji obrazów.

Wśród ostatnich opracowań radiolokatorów pracujących w paśmie 94 GHz, należy tutaj wymienić wspólne opracowania Państwowego przedsiębiorstwa Lwowskiego naukowo-badawczego Instytutu Radiotechnicznego oraz Narodowego Uniwersytetu "Politechnika Lwowska" [6].

Te opracowania są dość zbliżone do siebie i różnią się w zasadzie jedynie podejściem, co do rozwiązań technicznych dotyczących w części zasad budowy systemu kierowania anteną i konstrukcją urządzenia do cyfrowej obróbki sygnałów.

Makieta radiolokatora (rys.1) przedstawia sobą zblokowaną konstrukcję mechaniczną wraz z umieszczonym w niej urządzeniem nadawczo-odbiorczym [6]. W radiolokatorze wykorzystano szybkie elektromechaniczne skanowanie wykresów ukierunkowania anteny w szerokim przedziale kątowym. Przy stosunkowo małych gabarytach (320 x 450 mm) i masie (15 kg) makieta radiolokatora pozwala na wychwycenie linii elektrycznych wykonanych z drutu o średnicy 10 - 30 mm z odległości od 30 m do 2500 m. Duże prawdopodobieństwo prawidłowego ujawnienia przeszkód w postaci drutów elektrycznych

linii, która przy 0,95 i prawdopodobieństwie chybienia alarmu - 10^{-6} , szerokim obszarze obserwacji w azymucie 120° i kącie miejsca $\pm 15^\circ$ oraz stałości cyklu skanowania obszaru w granicach $120^\circ \times 30^\circ$, która daje $2 \pm 0,1$ s, wysoka zdolność rozdzielcza odległości rzędu 7,5 - 10 m przy współrzędnych kątowych w granicach $1 \pm 0,1^\circ$, z opcją stabilizowania anteny przy zmianie odchylenia do 45° z okresem 3 s i średniokwadratowym błędzie stabilizowania, który nie przekracza $0,3^\circ$, dają podstawę do uwzględniania danego opracowania jako dającego możliwości stworzenia perspektywicznego systemu do ostrzegania przed przeszkodami dla takich środków transportu, jak śmigłowce, balony, małe i duże statki morskie i rzeczne, pociągi, itp.



Rys.1. Makieta radiolokatora pracującego w zakresie 3-mm wraz z zabezpieczeniem przed bezpośrednim kontaktem z przeszkodami

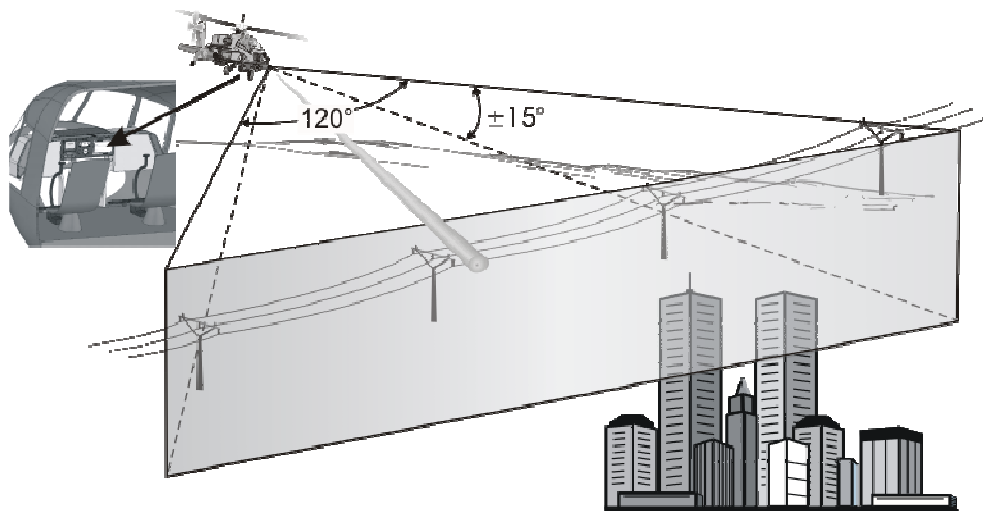
W przedstawionym na rys.1 fotografii makiety radiolokatora antena jest zrealizowana jako struktura odwróconej anteny Kassegrena z polaryzacją liniową poziomą. Współczynnik anteny jest nie mniejszy od 42 dB przy poziomie listków bocznych w płaszczyźnie poziomej poniżej 20 dB, a w płaszczyźnie pionowej nie większym niż 23 dB [6].

Częstotliwość pracy zespolonego modułu nadawczo-odbiorczego wynosi $94 \pm 0,3$ GHz [6]. Impulsowa moc wyjściowa modułu nadawczo-odbiorczego jest nie mniejsza niż 10 W, przy czasie trwania sygnału sondującego od 50 - 60 ns i okresie repetycji $15 \pm 0,5$ μ s. Maksymalna szerokość spektrum sygnału wyjściowego (sondującego) nie przekracza 30 MHz, przy współczynniku szumu układu odbiorczo-nadawczego poniżej 9 dB.

Należy zaznaczyć, że przytoczone parametry charakterystyk opracowanych makiet radiolokatora są przeznaczone w zasadzie dla systemów eksploatowanych na śmigłowcach.

Przy tworzeniu pierwowzorów radiolokatora ostrzegania o zbliżaniu się do przeszkody dla transportu morskiego i kolejowego, konieczne jest uwzględnienie wszystkich specyficznych wymagań eksploatacyjnych, które okazują się charakterystyczne dla

zadanych rodzajów transportu. Schemat z zaznaczeniem obszaru obserwowania dla tego radiolokatora wykorzystywanego do ostrzegania o zbliżaniu się do przeszkody w warunkach eksploatacji na śmigłowcu pokazano na rys.2, natomiast jeden ze sposobów jego rozmieszczenia (ulokowania) na śmigłowcu ilustruje rys.3.



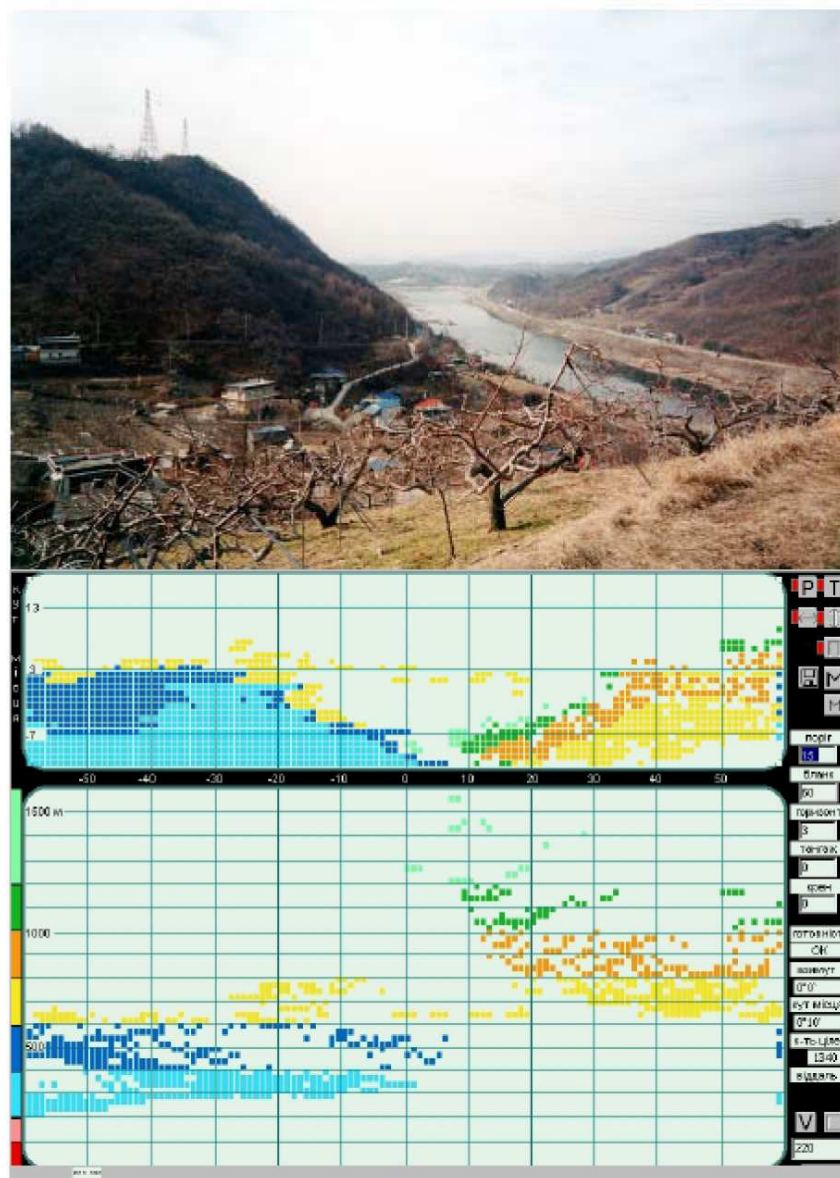
Rys.2. Ilustracja wykorzystania radiolokatora w warunkach eksploatacji na śmigłowcu



Radiolokator
do ostrzegania
przed zbliżaniem
się do przeszkód

Rys.3. Wariant rozmieszczenia aparatury radiolokatora na śmigłowcu

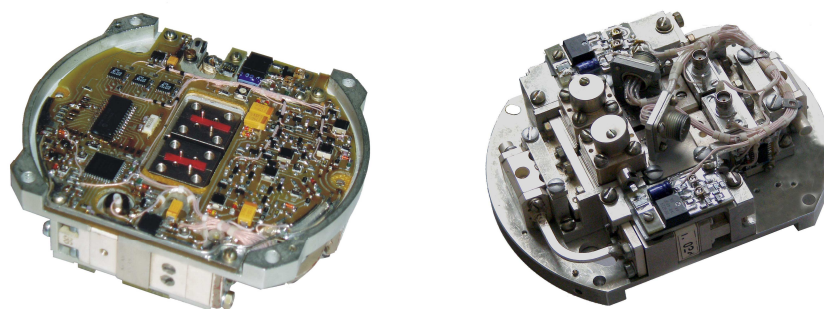
Na rys.4 przedstawiono przykładowe zdjęcie miejscowości i wyniki jej radiolokacji w postaci obrazów danego miejsca: w płaszczyźnie azymut-kąt i azymut-odległość, otrzymane na ekranie wspomnianej makiety radiolokatora.



Rys.4. Zdjęcie miejscowości i jej obraz radiolokacyjny widziany na ekranie monitora makiety radiolokatora ostrzegania o zbliżaniu się do przeszkody

Analizując rys.4 widać, że dany radiolokator może być wykorzystany z powodzeniem również do kontroli przemieszczania się środków transportu i ich rozkładu w portach lotniczych, w portach morskich i w ich pobliżu, a także na urzędach celnych.

Należy zaznaczyć, że wspomniane opracowanie radiolokatora, ze względu na stosunkowo duże gabaryty, masę i zapotrzebowanie energetyczne ma pewne ograniczenia, co do ich zastosowania w niektórych środkach transportu. Ze względu na swoją konstrukcję można je wykorzystywać na różnego rodzaju śmigłowcach, w małych i dużych samolotach, w transporcie kolejowym i morskim jako systemy do ostrzegania o zbliżaniu się do przeszkody jak i w systemach radiolokacji na terenach portów lotniczych, morskich, urzędach celnych, itp. W przypadku prób wykorzystania ich w transporcie samochodowym należy przeprowadzić odpowiednie badania dla zmniejszenia zarówno gabarytów (rozmiarów) systemu antenowego jak i zużywanej energii, a także zastosowania nowych rozwiązań technologicznych ze względu na masowość produkcji. Dla zmniejszenia gabarytów i masy modułu odbiorczo-nadawczego prowadzone były wspólne prace Kijowskiego naukowo-badawczego instytutu "Orion" oraz Państwowego przedsiębiorstwa "Lwowskiego naukowo-badawczego instytutu radiotechnicznego. Wynikiem tych prac jest opracowanie dwukanałowego modułu nadawczo-odbiorczego pracującego w paśmie 94 GHz, o średnicy 124 mm, wysokości 57 mm i wadze poniżej 750 g, co zilustrowano na rys.5 [7]. Uzyskiwane parametry sygnału próbkującego w każdym z kanałów w pełni odpowiadają wcześniej wymienionym.



Rys.5. Zdjęcie małogabarytowego dwukanałowego modułu nadawczo-odbiorczego pracującego w paśmie częstotliwości 94 GHz z mocą 10W w impulsie w każdym z kanałów

W publikacji [8] przedstawiono opracowania modułów nadawczo-odbiorczych pracujących w 3 i 4-tym zakresie milimetrowym, które pozwalają na techniczną realizację radiolokatorów wysokiej precyzji (ze średniokwadratowym błędem pomiaru odległości w granicach 1 mm i szybkości w granicach 0,1 - 1%) dla odległości od 10 cm do 30 m. W połączeniu z radiolokatorem, który daje obraz radiowy obszaru z przodu pojazdu, oraz z radiolokatorami wysokiej precyzji o małym zasięgu działania można w sposób techniczny zrealizować system informacyjno-pomiarowy, który zabezpieczy nam bezpieczeństwo ruchu pojazdów zarówno na drogach jak i np. przy parkowaniu w warunkach, kiedy przeszkody są niewidziane ani wizualnie, ani za pomocą optycznych przyrządów ze względu na złe warunki pogodowe takie jak mgła, dym, burza piaskowa, itp. [5]. Inny sposób wykorzystania radiolokatorów wysokiej precyzji o małym zasięgu działania w systemach transportowych - to wysokiej precyzji pomiary objętości płynów i materiałów sypkich w cysternach i tankowcach [8].

2.2 Możliwości nawigacyjnego zagospodarowywania dróg samochodowych

Razem z problemem ostrzegania o zbliżaniu się do przeszkód dla naziemnego transportu istnieje również problem zabezpieczenia bezpieczeństwa ruchu w warunkach ograniczonej widzialności na zakrętach dróg, zwłaszcza w górach na serpentynach, a także w miejscach wyjazdu z dróg bocznych, odnóg dróg i np. prowadzonych na nich wyścigach, itp. W obecnej chwili ostrzeżenie kierowców o zmianie kierunku drogi ustalają się odpowiednie znaki drogowe, słupy z odbłyśnikami światła, itp. W/w środki nie są jednak w pełni wystarczające dla bezpiecznego zautomatyzowanego kierowania transportem samochodowym na wskazanych problematycznych odcinkach drogi. Nie we wszystkich przypadkach możliwe jest wykorzystanie globalnych systemów radionawigacji takich jak GPS, GLONAS i GALLILEO. W tych przypadkach proponuje się stworzenie naziemnych lokalnych systemów radionawigacji obejmujących swoim zasięgiem działani odcinki rzędu kilkuset metrów i rozmieszczeniem ich głównie w miejscach zmiany kierunku dróg. W radionawigacyjnych sygnałach takich systemów powinna dodatkowo istnieć możliwość informowania o konieczności ograniczenia szybkości pojazdów. Radionawigacja na takich obszarach może być realizowana za pomocą tzw. radiolatarni, ustawionych obok na przejeżdżanym odcinku drogi. W parametrach sygnału radiolatarni musi również mieścić się dokładna informacja o początku działania ograniczeń parametrów ruchu, współrzędne dotyczące zmiany kierunku drogi i jej przebieg wraz z informacją o końcu działania takich ograniczeń. Zasilanie radiolatarni w dzień może odbywać się autonomicznie z baterii słonecznych z przejściem na zasilanie z akumulatorów podczas braku światła słonecznego, które mogą spełniać funkcję buforu dla tychże baterii słonecznych. Transport przyszłości musi być, więc wyposażony odpowiednio w radionawigację z odbiornikiem, który łączy się po interfejsie z pokładowym komputerem transportu, z którym również odpowiednio połączony jest radiolokator gromadzący wszystkie informacje pochodzące z przedniego, bocznych oraz tylnego pola obserwacji oraz innych systemów pokładowych. Efektem otrzymanych informacji i ich obróbki komputer pokładowy są przesyłane sygnały dla odpowiedniego kierowania szybkością i kierunkiem danego środka transportu, a w krytycznych sytuacjach uprzedzanie kierowcy o konieczności przejścia na kierowanie ręczne. W sytuacjach wyjazdu środka transportu z drogi podporządkowanej na drogę główną, dla samochodu, który porusza się po drodze głównej system taki musi być zdolny oceniać krytyczność sytuacji, i w przypadkach, kiedy istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji, system ten musi podjąć niezbędne środki techniczne włącznie z wydaniem rozkazów i sygnałów dla systemów hamowania lub zmiany kierunku ruchu, które by zapobiegały zaistnieniu kolizji (wypadku). Z kolei dla samochodu, który chce wyjechać z bocznej drogi na główną, przy ocenie możliwości kolizji z samochodem, który porusza się po drodze głównej, system taki musi umożliwić zablokowanie możliwości wyjazdu samochodu z drogi bocznej na główną aż do momentu możliwego jego bezpiecznego wyjazdu na drogę główną.

3. WNIOSKI

Pozytywne wyniki płynące z wykorzystania systemów radiotechnicznych pracujących w zakresie fal milimetrowych w systemach uzbrojenia, wykazały ich znaczącą przewagę nad systemami elektrooptycznymi w przypadku ich analogicznego wykorzystywania w różnych warunkach pogodowych, i różnych porach dnia czy nocy. Stanowią one

jednocześnie poważną konkurencję dla tych ostatnich, jeśli chodzi o samą precyzję wyznaczanych współrzędnych i uzyskiwaną zdolność rozdzielczą.

Tendencje związane z rozwojem techniki i technologii z zakresu fal milimetrowych, które miały miejsce w XX wieku, wskazują niezbicie na konieczność uwzględnienia wielofunkcyjnych systemów radiotechnicznych pracujących w tym zakresie częstotliwości jako podstawowych czujników informacyjnych wykorzystywanych w układach dla zapewnienia bezpieczeństwa ruchu pojazdów szczególnie w warunkach ograniczonej widzialności.

Zaproponowana idea utworzenia lokalnych systemów nawigacyjnych na odcinkach dróg w miejscach zmiany ich kierunku oraz skrzyżowaniach tzn. przecinania się dróg głównych z podrzędnymi, według autorów w znacznym stopniu zwiększy stopień bezkolizyjności na drogach szczególnie w warunkach ograniczonej widzialności.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Skolnik M. I.: *Millimeter and submillimeter wave applications*, MRI Symposium Proceeding. Submillimeter Waves, 1970, March 31 – Apr. 1-2, vol. XX, Polytechnic Press, Brooklin, p. 9 - 25.
- [2] *Использование миллиметрового диапазона в авиационных радиоэлектронных системах*, Зарубежное военное обозрение, 1985, №9, с. 46 - 52.
- [3] Антонюк В. П., Григор'єва Л.В., Клепфер Є.І., та ін.: *Способ супроводження цілі та пристрій для його реалізації*, Пат. 81384 UA, Україна, G01S 3/02, G01S 3/14 № a200605890; Заявлено 29.05.2006; Опубл.25.12.2007.
- [4] *Руководство по специальным услугам режима S*, Doc 9688, ICAO, 2004.
- [5] Расторгуев В., Нуждин В., Сидоров Н., Сулимов Ю., и др.: *Система радиовидения «АвтоРадар». Управление движением автомобиля*, ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 2000, №5, с. 48 - 51.
- [6] Федосюк П., Добрянський М., Равський В., Чайковський Р., Чобан Я.: *Некогерентна імпульсна РЛС попередження зіткнень триміліметрового діапазону*, Вісн. Держ. Університету «Львівська політехніка»: Радіоелектроніка та телекомунікації, 1999, №367, с. 82 - 85.
- [7] Антонюк В. П., Клепфер Є.І., Лобур М.В., та ін.: *Приймально-передавальний модуль*, Пат. 15236 UA, Україна, № a2007 00982; Заявлено 25.06.2007; Опубл.25.10.2007.
- [8] Государственное предприятие научно исследовательский институт «Орион»: *Каталог продукции*, ndiorion@ts.ua.net.