

# Inteligentne roboty latające jako środki niszczenia celów naziemnych

Zbigniew Koruba

**B**ezpilotowe aparaty latające (BAL) stanowią skuteczną broń w walce ze środkami obrony przeciwlotniczej przeciwnika. Służą do wykrywania pozycji wyrzutni raketowych, stacji radiolokacyjnych i emisji fal elektromagnetycznych oraz do prowadzenia walki radioelektronicznej, tj. do zakłócania pracy systemów radiolokacyjnych i łącznościowych przeciwnika. Wspomniana walka może być pasywna, aktywna lub selektywna.

Przeciwdziałanie pasywne polega na odbijaniu wiązki radarowej, np. przez pokładowe odbijacze kątowne lub rozrzucaniu dipoli najczęściej w postaci pasków cienkiej metalizowanej folii. Odwracana jest w ten sposób uwaga przeciwnika od celu rzeczywistego.

Przeciwdziałanie aktywne sprowadza się do zagłuszenia łączności radiowej lub oślepienia radarów nieprzyjaciela. Jego skuteczność jest jednak ograniczona ze względu na konieczność stosowania urządzeń dużej mocy albo przebywania w niedużej odległości emitera od obiektu zakłócanego. Zakłócenia selektywne mają za zadanie wywoływać na ekranach radarów pozorne cele. BAL do walki elektronicznej były już używane w wojnie wietnamskiej; stosowano odpowiednio wersje aparatów Firebee później zmodyfikowane cele latające np. typu Chukar firmy Northrop.

W ostatnich latach coraz więcej uwagi jest poświęcane wyspecjalizowanym aparatom bojowym. Wśród nich można wyróżnić BAL przeznaczone do zwalczania celów: naziemnych lub nawodnych; stacji radiolokacyjnych oraz BAL myśliwskie do

**W ostatnich latach coraz więcej uwagi jest poświęcane bezpilotowym aparatom latającym (BAL) bojowym, m.in. przeznaczonym do zwalczania celów naziemnych i nawodnych oraz stacji radiolokacyjnych i celów powietrznych**

zwalczania celów powietrznych. Wszystkie wymienione rodzaje BAL-ów bojowych są wyposażone w głowicę bojową i samodzielnie kierują się na cel według określonego algorytmu naprowadzania (np. amerykański aparat o nazwie Lark [8]). Samodzielne wyszukiwanie i identyfikacja celów jest zasadniczą cechą, która odróżnia BAL bojowe od pocisków manewrujących (cruise missiles). W operacji Pustynna Burza szczególnie sprawdziły się BAL przeciwradiolokacyjne, które torowały „korytarze” powietrzne w systemie obrony przeciwlotniczej Iraku. Były ponadto czynione próby użycia BAL-ów z umieszczonymi na ich pokładzie samonaprowadzającymi pociskami działającymi na podczerwień (próby z bojową wersją izraelskiego Pioneer-a [9]).

Do bojowych BAL-ów możemy również zaliczyć aparaty, których zadaniem jest laserowe wskazywanie samodzielnie wykrytych celów naziemnych lub nawodnych (np. czołgów, jednostek pływających). W przekonaniu autora ten rodzaj broni precyzyjnego rażenia jest szczególnie interesujący dla naszych sił zbrojnych, jak również rodzimego przemysłu obronnego.

## BAL do laserowego wskazywania celów

Wśród współczesnej amunicji, należącej do kategorii „precyzyjnej”, są szeroko stosowane pociski, rakiety i bomby (PRB), kierowane metodami półaktywnego samonaprowadzania się na cel [1-5]. Metody półaktywne kierowania torem PRB wymagają tzw. oświetlenia celu, realizowanego za pomocą wiązek radarowych lub

promieni w paśmie podczerwieni. Te ostatnie są coraz częściej stosowane dzięki swym znanym zaletom.

Oświetlenie celu zazwyczaj odbywa się ze stanowisk naziemnych lub z powietrza, z samolotów i śmigłowców. Tego rodzaju oświetlenie celów jest obciążone szeregiem wad. Oświetlenie wymaga, aby cel był widoczny. W przypadku oświetlenia ze stanowisk naziemnych cel może być zasłonięty przez przeszkody naturalne, ponadto stanowisko może być łatwo wykryte i zniszczone przez przeciwnika. Przy oświetlaniu z powietrza stosuje się samoloty lub śmigłowce z załogami. Potrzeba oświetlenia przez pewien skończony czas naraża te obiekty latające na zniszczenie. Wady te są w dużym stopniu ograniczone, gdy do oświetlenia jest zastosowany małogabarytowy bezpilotowy aparat latający. Wykonany w technologii stealth, małych wymiarów jest trudny do wykrycia i do zestrzelenia. Problem stanowi także jego sterowanie, aby spełniał z wystarczającą dokładnością zadanie oświetlenia celu.

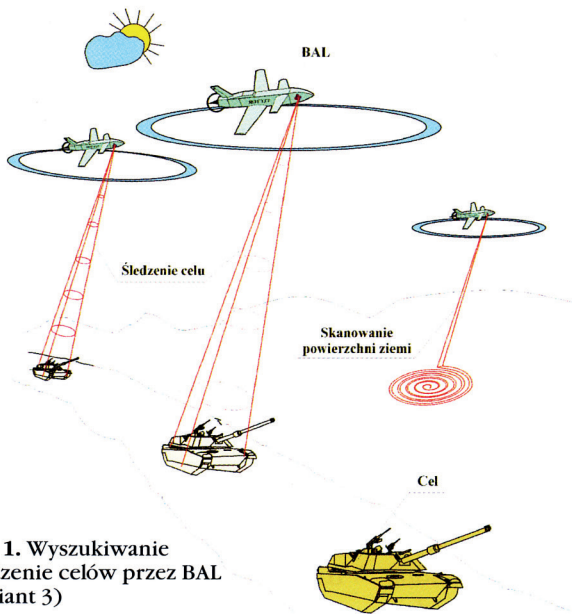
Przy zastosowaniu BAL-ów do wyszukiwania i laserowego wskazywania (oświetlenia) celów naziemnych (ruchomych i nieruchomych) wymaga się znacznie większej precyzji sterowania, niż przy ich pracy zwiadowczo-obszerniczej. Przyjmując, że dokładność zdalnego sterowania aparatu waha się w granicach 100 – 150 m od położenia zadanego, widać, że do oświetlenia celu o wymiarach np. 5x5 m aparat musi być znacznie dokładniej naprowadzany. Zwiększenie dokładności naprowadzania może być rozwiązane na dwa sposoby [5]:

a) kamera bezpilotowego aparatu stale obserwuje „ogłądany” teren i w przypadku wykrycia celu, umieszczony na pokładzie aparatu oświetlacz sterowany manualnie śledzi cel,

*Dr inż. Zbigniew Koruba jest adiunktem w Katedrze Pojazdów i Sprzętu Mechanicznego Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.*

b) bezpilotowy aparat wyposaża się w autonomiczny układ wykrywania, śledzenia i oświetlenia celu (UWSLOC).

Drugi sposób jest efektywniejszy na współczesnym polu walki, gdyż jest możliwe przerwanie na określony czas dwustronnej łączności z punktem kierowania bezpilotowym aparatem [6].



Rys. 1. Wyszukiwanie i śledzenie celów przez BAL (wariant 3)

Na rys. 1 przedstawiono w sposób poglądowy wizję wyżej omówionej koncepcji.

## Sposoby użycia BAL-ów do wskazywania celów

Rozpatrzmy warianty zastosowania żyroskopu w bezpilotowym aparacie latającym przy realizacji idei lokacji i laserowego oświetlenia celu.

### Wariant 1

Bezpilotowy aparat latający z oświetlaczem (wskaźnikiem laserowym) celu jest przeznaczony do współpracy z samolotem bombowym wyposażonym w bomby samonaprowadzające się na cel metodą półaktywną. Wyobraźmy sobie, że promień laserowy z aparatu jest obserwowany przez załogę bombowca. Z chwilą uznania, że promień lasera padł na właściwy cel, załoga daje sygnał drogą radiową do aparatu, w którym następuje przestrojenie układu sterowania nadajnikiem laserowym do stanu śledzenia, a następnie kieruje samolotem tak,

aby koordynator podwieszonyj bomby przechwycił odbity od celu promień laserowy, po czym zwalnia zaczepy bomby. Wariant ten ma zalety i wady.

Do zalet należą: a) duża autonomia układu oświetlenia, gdyż po przejściu do stanu śledzenia może zostać przerwana łączność aparatu z punktem kierowania (łączność może zostać ponownie nawiązana po zniszczeniu celu); b) możliwość atakowania celów niewidocznych i nieemitujących promieniowania własnego demaskującego cel (wyznaczenie położenia celu podziemnego na podstawie mapy).

Główną wadą tego wariantu jest obciążenie samolotu dodatkowo zadaniem obserwacji drogi śladu promienia laserowego, wychwycenia chwili nakrycia celu i natychmiastowego przekazania sygnału na pokład aparatu, aby układ sterowania przeszedł w stan śledzenia.

Wariant wymaga rozwiązania szeregu trudnych problemów, a przede wszystkim spełnienia warunków śledzenia celu przy ruchomej losowo

podstawie układu naświetlającego (można tu zastosować np. nadajnik laserowy zawieszony na sterowanym żyroskopie, który położenie swej podstawy ustala za pomocą dodatkowych układów czujników).

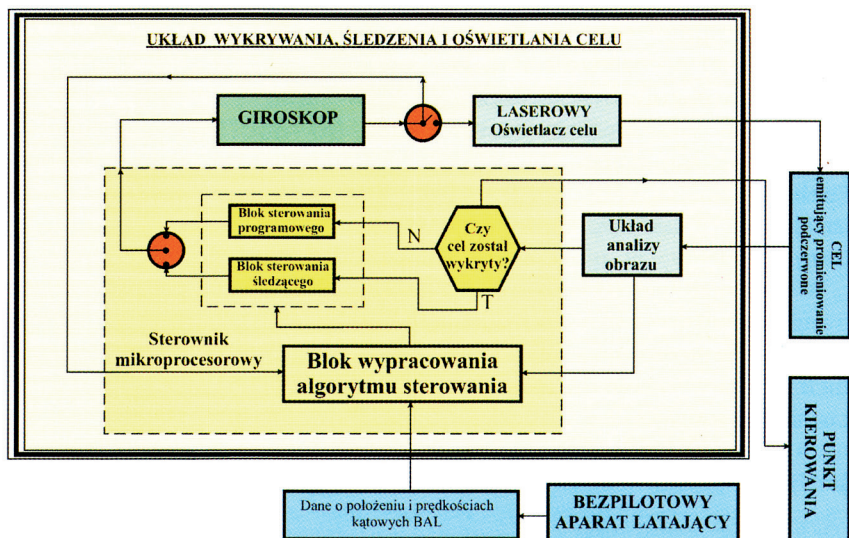
### Wariant 2

Rozwiązanie podobne jak w wariantcie 1, lecz załoga bombowca nie musi obserwować śladu promieniowania laserowego na Ziemi, a zadaniem stacji naziemnej jest wychwycenie celu i podanie do aparatu sygnału o przejściu sterowania laserem do stanu śledzenia oraz poinformowanie o tym załogi bombowca.

### Wariant 3

Układ sterowania laserem jest wyposażony dodatkowo w detektor podczerwieni, sprzężony z żyroskopem, na którym jest zawieszony nadajnik laserowy. Zadaniem układu detekcji jest przechwycenie promieniowania emitowanego w sposób naturalny przez cel i wspomaganie sterowania laserem w stanie śledzenia. Realizacja tego wariantu może być najłatwiejsza, ale możliwość ataku jest ograniczona tylko do celów emitujących promieniowanie podczerwone (rys. 1).

Jeśli bojowy aparat latający ma oświetlić cel promieniem laserowym, to musi być uprzednio naprowadzony zdalnie lub programowo w rejon prawdopodobnego położenia celu, a następnie automatycznie musi wykonywać penetrację terenu po zada-



Rys. 2. Schemat funkcjonalny układu wykrywania, śledzenia i oświetlenia celu naziemnego z pokładu BAL

nym torze. Po wykryciu celu BAL zmienia program swego lotu przechodząc do krążenia nad celem w stałej od niego odległości. Aby urządzenie śledzące mogło przechwycić cel, powinno być wyposażone w układ penetrujący, który wystarczająco gęsto skanuje teren. Do tego celu można użyć urządzenia składającego się z dwóch współpracujących ze sobą układów optycznych:

I układ penetruje powierzchnię Ziemi na powierzchni koła za pomocą pasywnego układu detekcji w zakresie podczerwieni o odpowiednio dobrej długości fal [5, 7, 8]. Jeżeli z tego obszaru I układ odbierze sygnał w podanym zakresie długości fal, przechodzi w stan śledzenia tego emitera promieniowania podczerwonego.

I układ składa się z obiektywu wąskokątnego umieszczonego w osi krążka sterowanego żyroskopu, zespołu detekcji promieniowania, zespołu analizy emitera podczerwieni oraz jego położenia kąтового względem osi krążka żyroskopu, zespołu sterowania żyroskopem: a) przy penetracji obszaru powierzchni Ziemi zorganizowanego w ten sposób, że pole widzenia obiektywu pokrywa zadany obszar powierzchni Ziemi, gdy podstawa żyroskopu zatacza na określonej wysokości okrąg (tor BAL), oraz b) podczas śledzenia celu, które następuje automatycznie po odebraniu sygnału w stanie penetracji układu I. Stan pracy b) tego układu jest analogiczny do pracy koordynatora optycznego głowicy samonaprowadzającej w przeciwnolotnym pocisku raketowym.

II układ wyposażony w nadajnik laserowy emitujący impulsy świetlne współpracuje z I układem, gdy ten znajduje się w stanie śledzenia emitera podczerwieni. W trakcie tej współpracy następuje impulsowe oświetlenie emitera promieniowania podczerwonego przez impulsy laserowe.

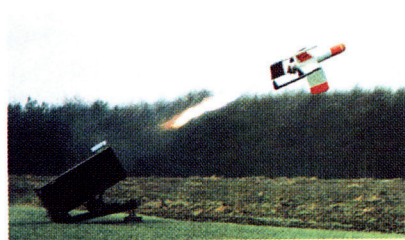
Z chwilą przechwycenia celu i przejścia w stan śledzenia z aparatu latającego do stanowiska dowodzenia zostaje nadany sygnał, że cel został przechwycony i II układ oświetla go. Sygnał ten jest jednocześnie sygnałem do ataku celu.

Rys. 2 przedstawia uproszczony schemat układu mogącego realizować ideę zarówno wariantu 3, jak i 4.

## BAL do bezpośredniego niszczenia celów naziemnych

Bojowe BAL za pomocą głowicy bojowej mogą niszczyć cele naziemne (nawodne) poprzez autonomiczne naprowadzanie się na nie. Należy zaznaczyć, że tego rodzaju BAL znajdują się obecnie w stadium intensywnych badań i nie są znane szczegółowe dane dotyczące przede wszystkim sposobu ich sterowania oraz zastosowanych głowic bojowych.

### Brave-200



Rys. 3. Amerykański bojowy Brave-200

Interesujący bojowy BSP o nazwie Brave-200 (rys. 3) powstał w amerykańskiej firmie Boeing. Jest on zbudowany w układzie aerodynamicznym „kaczka”. Skrzydła o dużym skosie i rozpiętości 2,75 m znajdują się z tyłu, na ich końcach umieszczono dwa stateczniki pionowe ze sterami kierunku. Niewielkie stery wysokości oraz głowicę umieszczono z przodu. W tylnej części kadłuba znajduje się dwusuwowy silnik o mocy 28 KM ze śmigłem pchającym. Masa własna wynosi 70 kg, a masa star-

towa 120 kg. Pojedynczy wóz terenowy przewozi wyrzutnię, 15 aparatów i obsługę (2 żołnierzy).

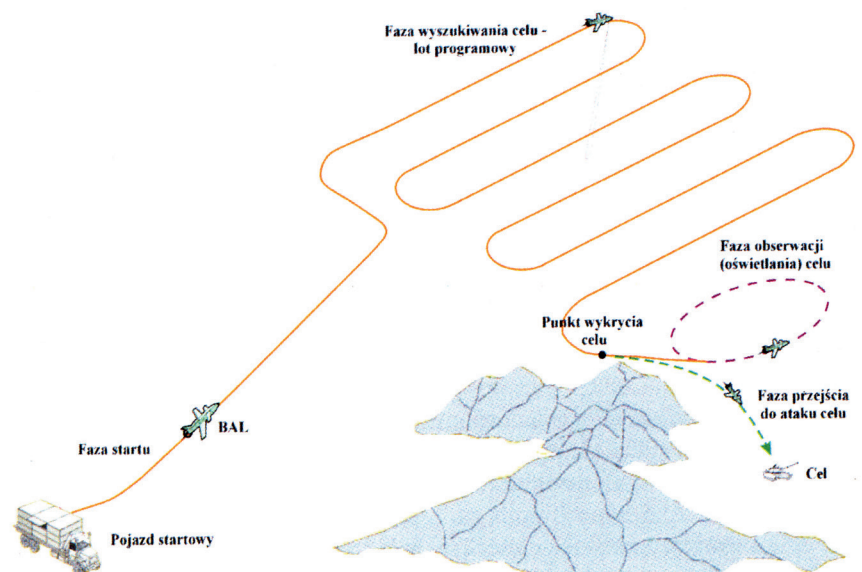
Start następuje po automatycznym wprowadzeniu programu kierowania. Aparat opuszcza wyrzutnię, rozkłada skrzydła i odrzuca wykorzystany raketowy silnik startowy. Po uruchomieniu silnika marszowego zwiększa prędkość do 225 km/h i pułap lotu do ok. 3 km. Po wejściu w strefę patrolowania pułap i prędkość są zmniejszane (prędkość do 140-150 km/h). Rozpoczyna się patrolowanie wyznaczonego obszaru, które może trwać do pięciu godzin. Po wykryciu pracującej stacji radiolokacyjnej Brave-200 przechodzi w lot nurkowy. Jeśli w tym czasie stacja została wyłączona, wznosi się ponownie i czeka na jej włączenie. Zasięg maksymalny wynosi 650 km.

### Lark



Rys. 4. Południowoafrykański bojowy BAL Lark

Lark jest zwartym, deltaksztalnym bojowym aparatem latającym produkcji południowoafrykańskiej, służącym do niszczenia stacji radiolokacyjnych (rys. 4) w promieniu ponad 400 km.



Rys. 5. Widok ogólny wykonywania misji przez system Lark

Wyposażony jest w głowicę wyszukującą promieniowanie elektromagnetyczne, odłamkowo-burzącą głowicę bojową oraz laserowy zapalnik zbliżeniowy. W chwili wykrycia źródła promieniowania fal elektromagnetycznych aparat automatycznie kieruje się na to źródło (stację radiolokacyjną). W chwili przerwania emisji fal Lark powraca do lotu patrolującego (rys. 5).

W skład systemu Lark wchodzi: 9 aparatów startujących z ruchomych wyrzutni – po 3 w każdym pojeździe; 3 pojazdy z wyrzutniami; stacja przygotowania misji, pojazd wsparcia logistycznego.

Podstawowe dane: prędkość przelotowa od 130 do 225 km/h, pułap 5 km, głowica bojowa 25 kg ładunku wybuchowego, głowica radarowa od 2 do 18 GHz.

## Tajfun

Tajfun jest jednym z najnowocześniejszych niemieckich systemów bojowych BAL; obecnie na etapie intensywnych opracowań i badań prototypowych. Głównym zadaniem systemu ma być rozbijanie zgrupowań pancernych przeciwnika (dodatkowo: artylerii, stanowisk dowodzenia itp.). W skład jednego zestawu mają wchodzić: naziemna stacja kontrolno-pomiarowa (przekazuje programy bojowe do poszczególnych BAL za pomocą światłowodów) i cztery urządzenia transportowo-startowe (po 20 aparatów w każdym). Sam aparat jest taktycznym bojowym BAL przeznaczonym do obrony przeciwpancernej z autonomicznym układem nawigacji. Będzie on w stanie samodzielnie poszukiwać, wykrywać, identyfikować i wybierać cele do zwalczania (z odległości nawet do 160 km), po czym niszczyć je atakiem z lotu nurkowego.

Podstawowe dane: silnik tłokowy, prędkość przelotowa 200 km/h, wysokość lotu 4 km (podczas przelotu do rejonu celów) i 2,5 km (przy wyszukiwaniu celu), masa głowicy bojowej 15 kg. Do najbardziej zaawansowanych technologicznie elementów aparatu należy głowica poszukująca – pracuje na falach milimetrowych, zapewnia wykrycie i klasyfikację celu oraz rozpoczęcie ataku. Jej zadaniem jest także nawigacja aparatu przez bo-

równanie terenu z danymi zawartymi w pamięci komputera pokładowego oraz z wykorzystaniem systemu GPS.

## Podsumowanie

W artykule została przedstawiona koncepcja wyszukiwania, śledzenia i laserowego oświetlenia celu z pokładu bezpilotowego aparatu latającego (BAL) oraz przykłady zastosowania bojowych BAL jako broni precyzyjnego rażenia celów naziemnych (nawodnych). Współczesne i przyszłe bojowe BAL charakteryzują się następującymi cechami:

- możliwość zmiany programu lotu po wykryciu celu;
- pełna autonomiczność podczas wykonywania misji wyszukiwania i laserowego oświetlenia wykrytego celu naziemnego. Zabezpiecza to punkt kierowania przed wykryciem i zniszczeniem przez nieprzyjaciela;
- ingerencja operatora w kierowanie aparatem ograniczona jedynie do przypadków całkowitego zejścia aparatu z zadanego toru lub utracenia celu z pola widzenia obiektywu układu śledzącego (porywy wiatru, wybuchy pocisków itp.). Możliwość automatycznego przesyłania do punktu kierowania informacji o takich zdarzeniach i ewentualnego przejęcia przez operatora kontroli nad lotem aparatu.

Odrebnym problemem stanowi określenie optymalnego programu lotu BAL i skanowania powierzchni Ziemi zapewniającego najszybsze wykrycie celu. Ponadto należy opracować program minimalno-czasowy przejścia BAL od stanu skanowania powierzchni Ziemi do stanu śledzenia celu, aby najszybciej przejść do położenia zapewniającego najlepsze warunki laserowego oświetlenia celu. Ponadto poważnym zagadnieniem naukowym jest opracowanie optymalnego algorytmu samonaprowadzania bojowego BAL na wykryty cel, gdyż brak informacji na ten temat w dostępnej literaturze i w opisach technicznych istniejących tego typu BAL-ów (jest to pilnie strzeżona tajemnica firmy).

Autor chciałby zwrócić uwagę na fakt, że przedstawiane w artykule bo-

jowe BAL stanowią najbardziej zaawansowane technologicznie rodzaje autonomicznych robotów z elementami sztucznej inteligencji. Zatem jest to kolejne wyzwanie dla polskiej myśli naukowo-technicznej.

## Bibliografia

1. Koruba Z.: A Process of Gyroscope Motion Control in an Autonomous System Target Detection and Tracking. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, no. 4, vol 37, 1999, ISSN 1429-2955 Indeks 365238, pp. 908-927.
2. Koruba Z.: Adaptive correction of controlled gyroscope on the deck of aerial object. *Journal of Technical Physics*, 42, no. 2, 2001. Polish Academy of Sciences, Institute of Fundamental Technological Research, Warsaw Military University of Technology, Warsaw, pp. 203-222.
3. Koruba Z.: Błędy giroskopu przy nawigacji bezpilotowego aparatu latającego (BAL). *Polskie Towarzystwo Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, Mechanika w Lotnictwie „ML-IX”* pod redakcją Jerzego Maryniaka, Warszawa 2000, ISBN 83-902194-3-3, s. 215-226.
4. Koruba Z.: Dynamics and control model of gyroscope located on deck unmanned aerial vehicle. *North Atlantic Treaty Organization Unmanned Vehicles for Aerial, Ground and Naval Military Operations – a Symposium organised by the Applied Vehicle Technology Panel*, 9-13 October 2000, Ankara, Turkey (w druku).
5. Koruba Z.: Dynamika i sterowanie giroskopem na pokładzie obiektu latającego. *Monografie, Studia, Rozprawy nr 25. Politechnika Świętokrzyska*, Kielce 2001, s. 285.
6. Ким Д.П.: Методы поиска и преследования подвижных объектов. „Наука”, Москва 1989.
7. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С.: Динамика полёта беспилотных летательных аппаратов. „Машиностроение”, Москва 1973.
8. Defence Procurement Analysis. *Special Focus on UAVs*. Summer 1998.
9. *Unmanned Vehicles*. Vol 3, no. 3, August-September 1998.

## Streszczenia artykułów naukowych

### **Inteligentne roboty latające jako środki niszczenia celów naziemnych, Zbigniew Koruba – s. 9**

Przedstawiono koncepcję zastosowania bezpilotowych aparatów latających (BAL) do autonomicznego wyszukiwania, śledzenia i laserowego oświetlania wykrytego celu naziemnego lub nawodnego. Na podstawie analizy dostępnych informacji na temat BAL, autor widzi szanse oraz rozważa możliwości włączenia się i rozwoju polskiej myśli naukowo-technicznej w najnowszej dziedzinie robotyki z elementami sztucznej inteligencji.

### **Intelligent flying robots for destroying targets situated on the ground, Zbigniew Koruba – p. 9**

There is presented an idea of using pilotless aircrafts (PA) for autonomic searching, tracing and laser illumination of aquatic target or target situated on the ground. The author considers the chance to join Polish science and technology in modern robotics with artificial intelligence elements.