

Pojazdy bezzałogowe – nowe wyzwanie dla materiałów wybuchowych. Przegląd

Unmanned vehicles – new challenge for explosives. Review

Tomasz Salaciński

Instytut Przemysłu Organicznego, ul. Annopol 6, 03-236 Warszawa, PL

E-mail: salacinski@ipo.waw.pl

Streszczenie: *Przedstawiono różnorodność obecnie stosowanych pojazdów bezzałogowych (PBz) poruszających się w przestrzeni kosmicznej, latających, jeżdżących lub kroczących po lądzie, czy też działających w środowisku wodnym (pływających po powierzchni lub pod wodą). Zaprezentowano przykłady krajowych zastosowań PBz w innych celach niż militarne. Wskazano, że w każdym z tych obszarów występują uzbrojone PBz jak też potencjalnie zdolne do przenoszenia i użycia uzbrojenia ofensywnego. Określono tendencje rozwoju uzbrojenia PBz oraz uwarunkowania cywilnych zastosowań PBz.*

Abstract: *Diversity of nowadays employed unmanned vehicles (UVs) flying in space and air, moving on ground and floating has been presented. UVs domestic applications another than military ones have been shown. It has been pointed out that in each of this areas exist armed UVs as well as potentially able to carry and use offensive weapon. Tendencies of development of UVs for military and commercial applications has been described.*

Słowa kluczowe: *pojazdy bezzałogowe, uzbrojenie, rozwój*

Keywords: *unmanned vehicles, weapon, development*

Akronimy zastosowane w pracy, zaczerpnięte z cytowanej literatury angielskojęzycznej:

- ACTUV – Anti-Submarine Warfare (ASW) Continuous Trail Unmanned Vessel,
- AMDV – Autonomous Mine Disposal Vehicle,
- AUV – Autonomous Underwater Vehicle,
- BAUV – Biomimetic Autonomous Underwater Vehicle,
- PVDS – Propelled Variable Depth Sonar,
- RMMV – Remote Multi-Mission Vehicle,
- RMS – Remote Minehunting System,
- ROV – Remote Operated Vehicle,
– Remotely Operated Underwater Vehicle,
- SHARC – Sensor Hosting Autonomous Research Craft,
- SMV – Space Maneuver Vehicle,
- TUGV – Tactical Unmanned Ground Vehicle,
- UAV – Unmanned Aerial Vehicle;
– Unmanned Autonomous Vessel,
- UCAV – Unmanned Combat Aerial Vehicle,
- UGV – Unmanned Ground Vehicle,
- USV – Unmanned Surface Vessel,
- UUV – Unmanned Undersea Vehicles,
- VIPeR – Versatile, Intelligent, Portable Robot,
- VTOL – Vertical Take Off and Landing.

1. Wprowadzenie

Początki współczesnej historii pojazdów bezzałogowych (PBz) sięgają II Wojny Światowej. W formie naziemnej była to sterowana przewodowo niemiecka samobieżna mina Goliat zawierająca od 60 kg do 100 kg materiału wybuchowego (MW) [1]. Próby nad latającym PBz (BSL) prowadzili Niemcy w ramach projektu Mistel [2], w którym samolot bezzałogowy przeniósł do kilku ton MW. Idea projektu Mistel polegała na użyciu samolotu, jako bezzałogowej latającej bomby kierowanej, naprowadzanej wstępnie na cel przez pilota samolotu „nosiciela”.

Podstawowe atrybuty PBz, jak niższe koszty użytkowania w porównaniu z pojazdami załogowymi, możliwość szybkiego zastąpienia jednego PBz innym, obserwacja otoczenia i zdalne sterowanie w czasie rzeczywistym bez narażania ludzi, szczególnie sprzyjają rozwojowi aplikacji PBz operujących w warunkach zagrażających zdrowiu i życiu, nie tylko w celu wykonania misji wojskowej. Przykładem może służyć stosowanie UGV do gaszenia pożarów. Takie rozwiązanie wydaje się być szczególnie potrzebne w odniesieniu do minimalizacji zagrożeń podczas gaszenia pożarów na poligonach wojskowych (niewybuchy) [3], czy w składach amunicji.

Stosowanie dronów, czyli BSL biorących aktywny udział w działaniach militarnych, jest nagłaśniane w mediach od kilkunastu lat głównie w związku z wojnami na Bliskim Wschodzie. Znaczenie tego typu BSL wynika z ogólnej prawidłowości, że działania militarne koncentrują się na terenach lądowych, a najprostszą formą przeciwdziałania operacjom lądowym jest osiągnięcie przewagi w powietrzu.

1.1. Rozwój cywilnych pojazdów bezzałogowych

Upowszechnianie wiedzy o stosowaniu PBz do celów militarnych, antyterrorystycznych, ochrony pogranicza i policyjnych, zapewne zaowocuje wprowadzeniem tego typu środków do arsenałów grup terrorystycznych i przestępczości zorganizowanej. W tym względzie możliwości techniczne konstruowania pojazdów i ich zdalnego sterowania są praktycznie nieograniczone, gdyż źródłem wiedzy i technologii jest modelarstwo.

Siłą napędową cywilnych zastosowań BSL jest możliwość filmowania. „Typowe” parametry „latającej kamery dla każdego” reprezentuje *Jamara Observer Quadrocopter*: waży około 278 g, szerokość 61 cm, czas lotu do 10 minut [4]. Prowadzone są prace w kierunku znacznie mniejszych BSL. Można kupić modelarski BSL mieszczący się na dłoni, np. *Crazyfly Nano*, o masie 27 g i udźwigu 42 g [5]. *AeriCam Anura* [6] jest wielkości smartfona i może być sterowany smartfonem (Android lub iOS), ma udźwig około 115 g, umożliwia lot 10 minutowy w promieniu 25 m. Jeszcze mniejszym „latającym gadżetem” jest *Nixie*, którego prototyp można nosić na rękę jak zegarek [7]. Miniaturowe BSL to nie tylko „gadżety” do zabawy. Mogą być przed nimi stawiane, także w Polsce, bardzo istotne zadania. Trwają prace nad miniaturowym BSL, który ma być jednym z robotów do zapylania kwiatów w szklarniach, w ramach projektu B-DROID pt. „Autonomiczny układ do mechanicznego zapylania roślin” rozpoczętego w Politechnice Warszawskiej w roku 2012 [8].

Przykładem modelarskiego BSL przeznaczonego do bardziej profesjonalnego filmowania i fotografowania z powietrza jest *Phantom 2* firmy DJI, który pod koniec roku 2014 można było nabyć w sklepie modelarskim gotowym do lotu za 3700 zł [9]. Ten multikopter o wadze 1 kg może wykonywać loty o czasie trwania 25 minut, z prędkością maksymalną 54 km/h. Zasięg nadajnika 1 km.

Znacząco inne mogą być parametry BSL „nie dla każdego”. BSL mogą być tak duże jak samoloty załogowe, a nawet mogą być samolotami załogowymi dostosowanymi do zdalnego sterowania [10]. Dla przykładu, latające skrzydło *Sagitta* firmy Casidian (obecnie Airbus Defence) ma długość 3,7 m, rozpiętość 3,1 m i waży 150 kg, a jeszcze zapowiadana jest jego powiększona wersja użytkowa [11]. Bez względu na różnice, wspólny jest punkt odniesienia – możliwe jest wprowadzenie na dowolny obszar obiektu bezzałogowego, zdolnego do wykonania dowolnego zadania.

Możliwe jest także wykorzystywanie PBz dedykowanych do działań militarnych w ogólnie pojętej sferze zapewnienia bezpieczeństwa. W roku 2014 zademonstrowano przydatność śmigłowca *S-100 Camcopter* operującego z pokładu patrolowca np. straży granicznej, w takich działaniach jak wsparcie podczas akcji ratunkowej osoby zmytej z pokładu, pożaru na jednostce przewożącej substancje niebezpieczne czy poszukiwaniu jednostki podejrzanego o przemyt [11].

W zastosowaniach cywilnych rozwijane są technologie łączące działania PBz lądowych z latającymi. Polskim sztandarowym rozwiązaniem w tym zakresie jest Projekt Proteus „Zintegrowany mobilny system wspomagający działania antyterrorystyczne i antykrzysowe” realizowany przez konsorcjum w którego skład wchodzi [12]:

- Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów,
- Centrum Badań Kosmicznych PAN,
- Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej PIB,
- Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych,
- Politechnika Poznańska,
- Politechnika Warszawska,
- Wojskowa Akademia Techniczna.

W skład systemu Proteus wchodzi dwa pojazdy obsługiwane przez ludzi tj. Mobilne Centrum Dowodzenia oraz Mobilne Centrum Operatorów Robotów. W systemie stosowane są cztery PBz [12]:

- Samolot bezzałogowy. Ciężar startowy 40 kg. Czas lotu 8 h (silnik spalinowy), prędkość przelotowa 100 km/h, maksymalny pułap 4 km.
- Duży robot: Ciężar 300 kg. Maksymalny udźwig manipulatora około 40 kg.
- Średni robot: Ciężar 65 kg. Maksymalny udźwig manipulatora około 28 kg.
- Mały robot: Ciężar 50 kg. Możliwość zamontowania pobieraka próbek gleby, cieczy i powietrza.

1.2. Główne bariery rozwoju zastosowań militarnych

Z punktu widzenia zastosowań militarnych, rozwój PBz wymaga rozstrzygnięcia wielu dylematów, na co wskazują doniesienia prasowe nt. dronów. Podstawowa grupa wyzwań to zagadnienia prawne, jak dyskusje nad dostosowaniem przepisów prawnych w zakresie ruchu lotniczego w Europie, czy też w USA nad kwestią, czy operatorów dronów biorących udział w akcjach wojskowych można honorować tak jak żołnierzy. Brak klarowności obecnego stanu funkcjonowania dronów przejawia się także w braku jednolitej klasyfikacji dronów. Równolegle funkcjonuje kilka klasyfikacji, np. [13, 14].

Zagrożenia związane z użyciem dronów to także kwestia „infrastruktury” towarzyszącej ich działaniom. Dane zaprezentowane w raporcie [15], dotyczące ataków za pomocą dronów w których ofiarami oprócz terrorystów były lub mogły być osoby cywilne, dokumentują 30 przypadków z początku obecnego wieku (Afganistan – 8, Jemen – 6, Pakistan – 8, Somalia – 1 i Strefa Gazy – 7). Pojawiają się także informacje o wypadkach z udziałem BSL, np. Schiebel S 100 *Camcopter* miał wypadek w Korei w którym zginęła jedna osoba, a dwie zostały ranne [16]. Przypadki te dobitnie wskazują, że „infrastruktura” misji militarnych PBz wymaga szczególnego dopracowania.

Warto wyróżnić jeszcze jedną grupę zagadnień rzutujących na rozwój uzbrojenia PBz, tj. zabezpieczenie przed nieuprawnionym użyciem. W górnictwie wprowadzono zapalniki elektroniczne, między innymi jako barierę ochronną przed nieuprawnionym użyciem środków strzałowych. Kwestie zabezpieczeń nie są przedmiotem niniejszej pracy, niemniej wydaje się ważne, aby w pracach rozwojowych wziąć pod uwagę następujące lekcje z historii:

- a) W czasie wojny gruzińsko-rosyjskiej, Gruzini nie mogli wykorzystać zakupionych zagranicą BSL, gdyż ich producent przekazał Rosjanom kody i w efekcie Rosjanie przejęli nad nimi kontrolę [17].
- b) Utrata kontroli nad PBz możliwa jest także w wyniku działań hakerów. Tego typu sytuacje już spotykane są w Polsce [18].
- c) Po „zgbieniu” drona podczas ćwiczeń wojskowych powstał problem, kto powinien go szukać. MON wskazywał na producenta, a producent na MON [18].

1.3. Jak zniszczyć drona?

Trudno zaprzeczyć, że wobec każdej formy ataku ludzkość wymyśla metody obrony. Do obrony przed naziemnymi PBz powinny być wystarczające metody zwykle stosowane do wykrywania pojazdów załogowych. Inaczej ma się sprawa z obroną przed wrogimi BSL, np. ze względu na ich mniejszą wykrywalność i technikę ataku. Kluczowym warunkiem przetrwania BSL nad terytorium wroga jest nie tylko jego niewykrywalność, np.

za pomocą urządzeń radiolokacyjnych, ale i – w sytuacji wykrycia i ataku – zdolność do skutecznego odparcia ataku za pomocą środków pasywnych (pułapek termicznych, zasłon dymnych), jak i środków ofensywnych (systemy antyrakietowe). W opisach akcji z udziałem BSL podawane są informacje o ich ochronie przez myśliwce. Eskortowanie jest wystarczające w przypadku „oficjalnego” patrolowania międzynarodowej przestrzeni powietrznej natomiast nie wydaje się być praktykowane w warunkach konfliktu zbrojnego, czy walki z terrorystami. Można zatem oczekiwać że BSL będą standardowo uzbrajane w rakiety klasy powietrze-powietrze.

Zwiastunem, że w perspektywie kilku(kilkunastu?) lat można spodziewać się rewolucji w technikach zwalczania BSL może być informacja, że w roku 2013 firma Lockheed Martin [19] poinformowała o przeprowadzeniu kolejnych udanych prób prototypowej broni laserowej przeznaczonej między innymi do niszczenia BSL. Oczywiście, nie można wykluczyć, że dron był tylko celem poruszającym się wystarczająco wolno, aby przetestować nową broń. Film [19] z niszczenia rakiety za pomocą broni laserowej wskazuje, że jest to atak praktycznie niezauważalny dla postronnego obserwatora, co jest także atutem w ataku na drona, tzn. jego nawigator nie wie, że jest atakowany. Na drodze rozwoju broni laserowej jest jeszcze tak wiele przeszkód do pokonania, że na razie możemy mówić tylko o próbach, a nie o realnej obronie. W ostateczności, może powstać klasa dronów przeznaczonych do walki z dronami, co także może mieć konsekwencje w asortymencie uzbrojenia obu typów dronów, analogicznie jak inaczej uzbrojony jest myśliwiec, a inaczej bombowiec.

2. Pojazdy bezzałogowe w kosmosie

Ze względu na doktrynę militarną USA natychmiastowego globalnego uderzenia (ang. *Prompt Global Strike, PGS*) [20], każdą automatyczną stację kosmiczną można traktować jako uzbrojony PBz. Główne etapy rozwoju PBz działających w przestrzeni pozaziemskiej to:

- **Początek lat 1960-tych:** Amerykanie prowadzili projekt kosmicznego szybowca X-20 Dyna Soar, który w ostatniej fazie, krótko przed pierwszym lotem został porzucony na korzyść załogowej stacji orbitalnej – którą również skasowano (w roku 1969) – ze względu na przejście zwiadu satelitarnego przez satelity bezzałogowe.
- **Rok 1996:** Koncern Boeing rozpoczął prace nad projektem X-40 – US Air Force którego efektem był manewrujący bezzałogowy statek kosmiczny SMV wielokrotnego użytku. Miałby dużą zdolność manewrową, a swoją misję miał kończyć automatycznym klasycznym lądowaniem na lotnisku.
- **Rok 1998:** Przeprowadzono testy prototypu SMV, o nazwie **X-40A**. Wersja ostateczna, **X-40B**, miała być użyta w kosmosie.
- **Rok 2013:** Rakieta kosmiczna Atlas-V wyniosła na orbitę pierwszy raz eksperymentalny samolot kosmiczny X-37B [21].

W drugiej połowie wieku XX badano MW pod kątem możliwości ich stosowania w przestrzeni pozaziemskiej. W literaturze z tego okresu znajdujemy informacje o specyficznych wymaganiach, jak odporność na długotrwałe oddziaływanie promieniowania kosmicznego lub oddziaływanie obniżonego ciśnienia, czy też – w odniesieniu do napędów rakietowych – efektywność działania w próżni. Współczesnym kierunkiem badań, który ma wyraźne silne przełożenie na możliwości aplikacji MW w przestrzeni kosmicznej jest ich podatność na inicjowanie laserowe.

3. Pojazdy bezzałogowe w powietrzu

Uznaje się, że początki BSL sięgają lat 50. wieku XX [22 ÷ 25]. Początkowo latające PBz służyły głównie jako cele powietrzne podczas ćwiczeń [26]. Od początku wieku XX w świecie stosowanych było prawie 700 typów BSL [24]. Współczesne BSL wchodzi w skład uzbrojenia poszczególnych armii w ilościach rzędu kilkudziesięciu sztuk. Według portalu Defence24 [27] w roku 2013 Amerykanie utworzyli pierwszą eskadrę złożoną z ośmiu śmigłowców załogowych i dziesięciu VTOL (pionowzłotów) bezzałogowych *Fire Scout MQ-8B*, które mają być w przyszłości uzbrojone. Eskadra będzie zabezpieczała działanie okrętów do działań przybrzeżnych. Podobnie zorganizowane eskadry są tworzone również w siłach powietrznych i wojskach lądowych USA.

Siły Zbrojne RP planowały w okresie 2013-2022 [28, 29] zakupić 97 zestawy, każdy mogący składać się z kilku BSL. Plany obejmują wszystkie klasy tzn.:

- 66 zestawów mini i mini/micro pionowego startu,
- 27 zestawów krótkiego zasięgu, pionowego startu i krótkiego zasięgu,
- 4 zestawy operacyjne, UCAV.

Na przykładzie BSL, można wykazać, że współczesne PBz coraz częściej stają się obiektami uzbrojonymi, a nawet mogą stawać się taką bronią, np. na Euronaval 2012 zaprezentowano BSL *Harop* [16]. Jest to pocisk o głowicy bojowej 23 kg, z własnym napędem, zdolny przebywać w powietrzu przez 6 h w celu wyszukania celu. Wcześniej służył tylko do niszczenia radarów. Obecnie może atakować cele ruchome.

W raporcie ONZ [15] podano, że w lutym roku 2001 przeprowadzono po raz pierwszy próbę wystrzelenia rakiety z *Predator*'a. Europejskie projekty nie są jeszcze zakończone. Pierwszy lot europejskiego demonstratora technologii *nEUROn*, odpowiednika amerykańskiego *X47B*, odbył się w roku 2012. Początkowo (rok 1999) był to projekt francuski, ale od roku 2005 stał się projektem europejskim. W pierwszej kolejności będzie testowane uzbrojenie podwieszane (dwie bomby, każda o masie 126 kg) [28].

Analiza danych literaturowych opiera się głównie na informacjach z internetu – oprócz wyżej wymienionych, także np. [30]. Pozwala jednak wyciągnąć wnioski, że dominujące uzbrojenie BSL to:

- a) karabiny maszynowe do kalibru 7,62 mm oraz wielolufowe np. kalibru 40 mm (np. *DP-5X*);
- b) rakiety:
 - AGM-114 Hellfire (np. *General Atomics MQ-9 Reaper* [31, 32]),
 - Spike,
 - Hydra 70,
 - Brimstone.;
- c) bomby kierowane: GBU-38 JDAM, czy GBU-12 Paveway II [31];
- d) ładunki EFP.

Warto zwrócić uwagę na tendencję „sygnalizowaną” w powyższym wykazie przez brytyjską raketę Brimstone. Wykorzystano w niej głowicę radiolokacyjną, co pozwala rakiecie działać według zasady „wystrzel i zapomnij” [31]. Wskazuje to na tendencję rozwoju uzbrojenia w tym kierunku, aby jeden BSL mógł zwalczać kilka celów jednocześnie.

Oprócz uzbrojenia wymienionego wyżej, na salonach uzbrojenia prezentowane są środki bojowe dostosowane do współpracy z BSL, np.:

- Thales zaprezentował na Euronaval 2012 lekką wielozadaniową raketę kierowaną laserowo, LMM (Lightweight Multirole Missile) [16],
- Chińczycy na Airshow China 2012 zaprezentowali bomby precyzyjnego rażenia CM-502KG (głowica 11 kg) [33].

Omawiając krajowe możliwości rozwoju militarnych BSL, należy wymienić powstałą w roku 1997 firmę WB Electronics twórcę Grupy WB [34]. Najlepiej znanym BSL Grupy WB, produkowanym przez Flytronic, jest pokazany po raz pierwszy publicznie w roku 2010 *FlyEye* [35, 36]. Grupa WB pracuje nad innymi PBz, które są na etapie prób lub w fazie projektów. Innym rozwiązaniem w tej grupie BSL jest *E-310*, opracowany przez Eurotech oraz PIT – Radwar [37]. Ważnym osiągnięciem krajowym są VTOL opracowane przez Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, *ILX-27* prezentowany na Międzynarodowym Salonie Przemysłu Obronnego w Kielcach w wersji uzbrojonej [38] oraz *ATRAX* [39].

4. Pojazdy bezzałogowe na lądzie

Współczesne lądowe PBz, tzw. UGV, to bardzo zróżnicowane konstrukcje [40], nie tylko jeżdżące. Jeszcze kilka lat temu roboty czelakokształtne można było traktować jako element literatury „*science fiction*”. Współcześnie możemy obserwować wdrażanie tego typu maszyn. Na razie jest to tylko „zdalnie sterowany autonomiczny strażak” *SAFFiR* (ang. *Shipboard Autonomous Firefighting Robot*) [41], ale tego typu PBz mają znacznie większe możliwości pokonywania przeszkód niż UGV na kołach. Oczywiście, jeżdżące PBz są także stosowane do gaszenia pożarów [42], ale należy pamiętać, że prowadzone są badania nad rozwiązaniami alternatywnymi,

np. nad czworonożnymi PBz, jak *BigDog*, którego zaletą jest możliwość pokonywania stromych zboczy [43]. W kontekście możliwego uzbrojenia PBz, warto podkreślić, że *BigDog* może transportować ładunek 150 kg. W roku 2014 Polskie Siły Zbrojne rozpoczęły postępowanie przetargowe dotyczące pozyskania do 2016 kilkudziesięciu bezzałogowych pojazdów rozpoznawczych o kryptonimie *Tarantula* [44]. Z założenia ma to być pojazd nieuzbrojony, wyposażony w kamerę dzienną i termowizyjną, noktowizor, mikrofon kierunkowy oraz manipulator.

UGV są powszechnie używane w działaniach antyterrorystycznych. Krajowe rozwiązania w tym zakresie opracowane głównie przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, to roboty: *Inspector*, *Expert*, *PIAP Scout*, *Ibis*, *PIAP Gryf*, czy też *Taktyczny Robot Miotany (TRM)*. Najnowsze osiągnięcia zagraniczne w tej dziedzinie prezentuje *CUTLASS* [45]. Istnieje wiele typów bojowych UGV, np. *VIPeR* [46], który od początku projektowano m. in. jako „platformę” karabinu maszynowego Uzi. Uzbrojone wersje UGV określane są jako TUGV. Przykładem z USA jest nadal rozwijany projekt *Gladiator* [47], którego początki sięgają roku 1993, i który zaowocował konstrukcjami wyposażonymi między innymi w karabiny maszynowe kalibru 5,56 mm (M249 SAW), 7,62 mm (M240G), czy też pistolet maszynowy 9 mm Uzi.

W grudniu 2012 roku Izrael rozpoczął wykorzystywanie do ochrony granicy w Strefie Gazy *Guardium* UGV [48]. Skonstruowano je na bazie lekkiego samochodu Tomcar, jako pojazdy nie uzbrojone. Masa ładunku użytecznego wynosi 300 kg. W przyszłości mają zostać wprowadzone dodatkowo cięższe, TUGV.

5. Pojazdy bezzałogowe w środowisku wodnym

Działające głównie w morzach i oceanach PBz (tzw. AUV) są powszechnie stosowane do badań hydrologicznych, jak AUV *REMUS* (ang. *Remote Environmental Measuring UnitS*) [46]. Pojazdy te mogą być wykorzystywane w akcjach bojowych [49]. Główne zadania militarne AUV to misje wywiadowcze, zadania związane z nadzorem wybranego akwenu, rozpoznanie, łączność oraz walka przeciwminowa.

Rozwojowi AUV sprzyja ich stosunkowo niska cena. AUV *Iver2* w wersji podstawowej kosztował w kilka lat temu około 50 tys. USD [49]. Jeden z potentatów rynku pojazdów bezzałogowych (nie tylko USV i AUV, ale też UGV) firma ECA Robotics podaje [50], że sprzedała 500 pojazdów podwodnych do zwalczania min do 20 krajów oraz, że:

- rok 1972 - rozpoczęła erę zdalnie sterowanych bezzałogowych pojazdów podwodnych do zwalczania min Subsea Mine Identification and Destruction System typu PAP (sprzedaż 400 sztuk).
- rok 1982 - skonstruowała pierwszy na świecie całkowicie autonomiczny AUV *Epaluard*.

Krajowym przykładem realizacji walki przeciwminowej jest niszczyciel min projektu 258 Kormoran II, który rozpoczął się w roku 2009 a umowę na budowę podpisano w roku 2013 [11]. Kormoran II ma być wyposażony m. in. w:

- samobieżny sonar na pojeździe podwodnym *Orka*,
- autonomiczny pojazd podwodny Kongsberg Maritime *Hugin 1000MR*,
- kierowany przewodowo pojazd podwodny wielokrotnego użytku *Morświn* (opracowana w Centrum Morskich Technologii Militarnych Politechniki Gdańskiej konstrukcja ma zastąpić zdalnie kierowane pojazdy *Ukwiały*, stanowiące wyposażenie niszczycieli mini-trałowców projektu 206FM),
- system zdalnie sterowanych pojazdów podwodnych jednorazowego użycia do identyfikacji i niszczenia min morskich *Gluptak*.

Podstawowym narzędziem wykrywania min są sonary. Ich dotychczasowa ewolucja obejmuje 4 generacje [51]:

- I generacja: sonary podkilonowe,
- II generacja: wspólnie, przede wszystkim, holowane,
- III generacja: sonary zamontowane na samobieżnych pojazdach operujących pod okrętem, np. PVDS,
- IV generacja: sonary zamontowane na AUV.

Zarówno koncepcja wojny minowej SLAM F (fr. *Système de lutte nati-mines futur*), jak i program ESPADON (fr. *Évaluation de Solutions potentielles d'Automatisation de Déminage pour les Opérations Navales*) opiera się na współdziałaniu wielu bezzałogowych pojazdów podwodnych, autonomicznych i sterowanych przewodowo, stanowiących platformę transportową sonarów, np. należących do [51]:

- II generacji: katamaran *Sterenn Du*, półzanurzalny pojazd nawodny *Seakeeper*,
- III generacji: *Double Eagle Mk II* i *Double Eagle Mk III*,
- IV generacji: *Bluefin 21* (długości 3,5 m i masie 450 kg), *Alister* (długości 5 m i masie 950 kg).

W walce przeciwninowej analizowane są od kilku lat także rozwiązania typu AMDV, czyli autonomiczne samobieżne ładunki wybuchowe zdolne do „samodzielnego” podejmowania decyzji [51].

Ze względu na defensywny charakter tego typu zadań są to jednostki nieuzbrojone. Przykładem koncepcji innowacyjnych małych wielozadaniowych okrętów spełniających m. in. rolę platformy dla autonomicznych PBz jest projekt opracowany w Politechnice Gdańskiej [52]. Uwzględniono w nim współdziałanie bezzałogowych systemów morskich (BSM) i BSL. Głównym elementem systemu może być zdaniem autorów [52] trimaran (w dwóch wersjach - długości 16 m i 24 m), który może stanowić nie tylko platformę dla BSM i BSL, ale także może sam być sterowany jako obiekt bezzałogowy, jak też może być uzbrojony. Inne projekty AUV opracowane w Politechnice gdańskiej to obiekty:

- *Hydro-Sub*, przypowierzchniowy o długości całkowitej 4,7 m,
- *Sub-Stone*, wodno-naddenny o długości 6,2 m,
- *Fist-RP*, wodny o długości całkowitej 5,2 m.

Wysokość ww. obiektów zaprojektowano w zakresie od 1,1 m do 1,6 m. Przewiduje się opracowanie uzbrojonych 4 wersji *Fist-RP*: do celów patrolowych, do odstraszenia, do zwalczania obiektów nadwodnych i nawodnych oraz do zwalczania obiektów i okrętów podwodnych. Według [52] trwają prace nad zintegrowanym systemem Navy-RP, łączącym działanie jednostek załogowych i bezzałogowych.

Główną grupę nawodnych WPBz stanowią „analogi” łodzi motorowych, jak wykonany w Akademii Marynarki Wojennej i w Politechnice Gdańskiej *Edredon* [53]. USV mogą być uzbrajane w karabiny maszynowe do 7,62 mm, wyrzutnię granatów 40 mm, w tym hukowo-błyskowych oraz rakiety, np. *Protector®* – w rakiety Spike [54]. Na targach Euronaval 2012 zaprezentowano prototyp USV *Protector* wyposażony oprócz karabinu maszynowego 7,62 mm i dwóch wyrzutni pocisków Spike także w działko wodne mogące służyć nie tylko jako uzbrojenie niezabijające, ale też do gaszenia pożarów [16]. Możliwości działania USV są bardzo zróżnicowane: *Protector II* ma zasięg do 400 Mm i może działać do 48 h, natomiast *Vigilant* firmy ZyCraft ma zasięg ponad 2000 Mm i zachowuje zdolność działania przez ponad 30 dni. USV *Vigilant* może być wyposażony w małego wiroplata [16].

WPBz mogą być nosicielami wyrobów wybuchowych, stosowanych w walce z zagrożeniem minowym. Do walki tej stosowane są także PBz nawodne wyposażone np. w PBz podwodne typu ROV. Firma Lockheed Martin skonstruowała wielozadaniowy RMMV, wykorzystując do tego kadłub zdalnego systemu minowego. Podstawowym zadaniem RMMV ma być zwalczanie min morskich i improwizowanych morskich urządzeń wybuchowych [55].

Dostępne są liczne opracowania na temat PBz stosowanych w Marynarce Wojennej RP o nazwie *Ukwiał* [56 ÷ 58]. Używane są one do umieszczania ładunków do niszczenia min metodą wybuchową, zawierają do kilkudziesięciu kg materiału wybuchowego, jak np. *Toczki* [59]. Odpowiednikiem polskiego *Toczka* jest ładunek *Cobra* opracowany dla ROV *Sea Fox A*, który także pełnił funkcję zdalnego, niszcyciela min jednokrotnego użytku [16]. Dzięki zastosowaniu ładunku *Cobra*, czyli praktycznie nakładki na dziób ROV wykonanej z aluminium i tworzywa sztucznego i wypełnionej MW (całość waży 8 kg) ROV stał się pojazdem wielokrotnego użycia.

W Politechnice Krakowskiej, we współpracy m. in. z Akademią Marynarki Wojennej, realizowany jest od roku 2006 pomysł trzech studentów zbudowania BAUV z napędem falowym, znany jako *CyberRyba* [60]. Elementy budowy i zasadę działania *CyberRyby* przedstawiono w [61]. W roku 2013 podczas 2-giej edycji „Nocy Robotów PIAP” prezentowano piątą generację *CyberRyby*.

Techniki poruszania się w wodzie obiektów naśladujące kinematyką ryby opierają się na ruchu płetw (grzbietowej, odbytowej, bocznej), jak też na ruchu falowym ciała i płetwy ogonowej, tzw. system BCF (ang. *Body and/or Caudal Fin*). W ramach systemu BCF wyróżnia się pięć kategorii [62], związanych z naśladownictwem ruchu węgorzy, łososi, okoni, tuńczyków oraz rozdymek. Przykładem wykorzystania ruchów tuńczyka jest projekt U.S. Navy „Silent Nemo”, znany te jako „GhostSwimmer”, w którym celem jest - prezentowany już w internecie [63 ÷ 65] - robot zwiadowczy, który ma poruszać się i wyglądać dokładnie tak jak tuńczyk. Oznacza to także, że

docelowo może osiągać w wodzie prędkość 74 km/h [66, 67].

Pojazdy podwodne dla celów rozpoznania podwodnego wykorzystujące ruch falowy są przedmiotem projektu pt. „Autonomiczne pojazdy podwodne z cichym napędem falowym dla rozpoznania podwodnego” finansowanego w latach 2013-2016 ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju [68]. Projekt realizowany jest przez Konsorcjum Naukowo-Przemysłowe w składzie:

- Akademia Marynarki Wojennej (Lider),
- Politechnika Krakowska,
- Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów,
- Przedsiębiorstwo Badawczo – Produkcyjne FORKOS Sp. z o.o.

Aspekt militarny stosowania ROV ma także mało znany przejaw, o którym nie wolno zapomnieć analizując potrzeby w zakresie krajowych PBz. Według [69] w Morzu Bałtyckim zatopiono co najmniej od 42 000 do 65 000 ton amunicji chemicznej (amunicji artyleryjskiej, granatów, bomb lotniczych, beczek zawierających Bojowe Środki Trujące), a także inne materiały wojenne wyprodukowane w Niemczech do zakończenia II Wojny Światowej. Autorzy [69] szacują, że oznacza to zatopienie od 6 000 do 13 000 ton Bojowych Środków Trujących. W roku 2011 w ramach Programu Współpracy Transgranicznej Morza Bałtyckiego uruchomiono Projekt CHEMSEA – Chemical munitions search and assessment. Koordynatorem projektu jest Instytut Oceanologii PAN w Sopocie. Projekt zrzesza 11 instytucji naukowych i badawczych 5 państw nadbałtyckich. Z Polski, oprócz Instytutu Oceanologii PAN w programie uczestniczą, Akademia Marynarki Wojennej oraz Wojskowa Akademia Techniczna. Jednym z zadań jest przebadanie i inwentaryzacja obszarów potwierdzonego i prawdopodobnego występowania amunicji chemicznej. Inspekcja na obszarach o głębokości do 300 będzie realizowana m. in. z wykorzystaniem sterowanego przewodowo pojazdu ROV *Super Achille*, stosowanego przez Zakład Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej od około roku 2002 w inspekcjach na akwenach morskich i śródlądowych. W ramach projektu CHEMSEA przewidziano modernizację pojazdu *Super Achille* w celu umożliwienia poboru próbek osadów dennych i wody [69]. Dane techniczne tego typu ROV dostępne są na stronie firmy Arena Sub s.r.l. [70].

„Podbój” środowiska wodnego przez pojazdy bezzałogowe o „nietypowej” konstrukcji odbywa się nie tylko przez obiekty „rybonaśladowcze”, ale i o kształcie kuli (*GuardBot*, jako *Spherical Amphibious Robotic Vehicles System*) [71].

6. Podsumowanie

Przeprowadzona powyżej analiza istniejących rozwiązań wdrożonych oraz prototypów w zakresie PBz wskazuje, że takie obiekty będą istotnym elementem perspektywnego pola walki w kosmosie, powietrzu, na lądzie, na wodzie oraz pod wodą. Budowane są systemy umożliwiające prowadzenie działań militarnych w różnych środowiskach np. bezzałogowa „motorówka” wyposażona w drona. Dynamiczny rozwój PBz następuje zarówno w obszarze militarnym, jak i cywilnym. W tym drugim przypadku oprócz funkcji zabawki, bardzo ważną jest funkcjonalność PBz jako elementu misji ratunkowych oraz przeciwdziałających zagrożeniom chemicznym i terrorystycznym. Oprócz „oczywistego” kierunku rozwoju tzn. adaptowania pojazdów załogowych do funkcjonowania jako PBz, rozwijane są konstrukcje wykorzystujące kształty i zachowania zwierząt (ruch ryby, zwierząt lądowych), czy też ludzi.

W zakresie rozwoju uzbrojenia PBz można wskazać następujące prawidłowości:

6.1. Oprócz powszechnie opisywanego stosowania PBz jako nieuzbrojonego środka rozpoznania, coraz częściej ujawniane są informacje o ich wykorzystaniu jako broni ofensywnej. Na wyposażeniu PBz stosowane jest uzbrojenie znane z pojazdów załogowych. Rodzaj uzbrojenia dominującego w poszczególnych grupach PBz silnie zależy od warunków środowiskowych, w którym działają:

- a) Lądowe małe PBz – karabiny maszynowe kaliber do 7,62 mm,
- b) Lądowe duże PBz - karabiny maszynowe kaliber do 9 mm oraz ładunki wybuchowe do kilkudziesięciu kg,
- c) Morskie – rakiety o masie razem z wyrzutnią rzędu 30 kg, miny do kilkudziesięciu kg,
- d) Powietrzne:
 - duże i średnie: rakiety o masie razem z wyrzutnią rzędu 30 kg, bomby kierowane do 250 kg, ładunki EFP,

- małe VTOL – karabiny maszynowe, w tym wielolufowe 40 mm.

W działaniach antyterrorystycznych preferowana jest broń precyzyjnego rażenia, gdyż ogranicza oddziaływanie skutków wybuchu poza celem ataku, głównie na osoby postronne.

- 6.2. Podstawową zaletą PBz jest trudność wykrycia, dlatego preferowane napędy raketowe to takie, które pozostawiają jak najmniejszy ślad na torze lotu rakiety. Istotnym kierunkiem rozwoju rakiet przenoszonych przez drony jest możliwość ataku kilku obiektów, najlepiej na zasadzie „wystrzel i zapomnij”.
- 6.3. Wybór uzbrojenia uwarunkowany jest jego wpływem na zdolności poruszania się, tzn. preferowane jest takie uzbrojenie, które przy minimalnej masie i gabarytach zapewni maksymalną siłę ognia. Poszukiwane są zatem MW o maksymalnie wysokiej koncentracji energii.
- 6.4. Używanie „jednorazowych” PBz jako bomb jest na tyle drogie, że głównym obszarem rozwoju tego typu PBz będą konstrukcje wielokrotnego użytku tzn. przygotowany na wiele misji „nosiciel”, także zdolny do samodzielnej obrony, transportuje zdalnie inicjowane wyroby wybuchowe.
- 6.5. Uzbrojenie PBz będzie ewoluowało w kierunku możliwości wielokrotnego ataku w czasie jednej misji, tzn. nie jedna większa bomba, a dwie mniejsze. Ograniczenie widzialności śladu toru lotu pocisku wystrzelonego z drona można uzyskać nie tylko stosując rakiety o niskiej sygnaturze, ale i bomby kierowane, nieposiadające silników raketowych.

Literatura

- [1] [http://pl.wikipedia.org/wiki/Goliath_\(mina\)](http://pl.wikipedia.org/wiki/Goliath_(mina))
- [2] <http://pl.wikipedia.org/wiki/Mistel>
- [3] *Plonie zaminowany poligon w Hiszpanii*. http://wiadomosci.gazeta.pl/Wiadomosci/1,80708,6950654,Plonie_zaminowany_poligon_w_Hiszpanii.html
- [4] <http://www.kotte-zeller.de/Jamara-Observer-Quadrocopter-41-Kanal-24-GHz-RTF-Set-inkl-Kamera-038550.htm?websale8=kotte-zeller-shop&pi=901564&ref=haupt09>
- [5] <https://www.bitcraze.io/crazyflie-2/>
- [6] <http://robohub.org/drone-startups-anura-pocket-drone/>
- [7] <http://flynixie.com/>
- [8] K. Olszewska, *Roboty zapylające to nie konkurencja dla pszczół*. PAP – Nauka w Polsce, 31.07.2014, <http://naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news,401191,roboty-zapylajace-to-nie-konkurencja-dla-pszczol.html>
- [9] Phantom 2 H3-2D RTF - 0305 – DJI. <http://www.sklep.modelarnia.pl/index.php?p6122,phantom-2-h3-2d-rtf-0305-dji>
- [10] *W powietrzu pasażerski Jetstream zaadoptowany do lotów jako BSL*. 17.05.2013, <http://www.defence24.pl/powietrzu-pasazerski-jetstream-zaadoptowany-lotow-jako-bsl/>
- [11] Nowa Technika Wojskowa. Bezpieczeństwo, Wojsko, Przemysł 6, 2014, 65, 78, 88.
- [12] <http://www.piap.pl/layout/set/return/content/view/return/685>
- [13] *U.S. Military UAV tier system*. http://en.wikipedia.org/wiki/U.S._Military_UAV_tier_system#cite_note-10
- [14] http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle
- [15] *UN SRCT Drone Inquiry*. 2013, <http://unsrct-drones.com/report/63>
- [16] Dura M., *Euronaval 2012, czyli Francja kontra reszta świata*. Nowa Technika Wojskowa. Bezpieczeństwo, Wojsko, Przemysł 12, 2012, 92-100.
- [17] M. Szopa, *Ogólnopolskie konsorcjum i narodowy program bezzałogowców*. Nowa Technika Wojskowa, 4, 2014, 68-70
- [18] *Koniec poszukiwań drona. Polscy żołnierze dostaną nowego*. <http://wiadomosci.onet.pl/kraj/koniec-poszukiwan-drona-polscy-zolnierze-dostana-nowego/qb83b> (dostępna 10.05.2014).
- [19] *Kolejne udane demonstracje broni laserowej Lockheed Martina*. 13.05.2013, <http://www.defence24.pl/kolejne-udane-demonstracje-broni-laserowej-lockheed-martina/>
- [20] *Prompt Global Strike*. http://en.wikipedia.org/wiki/Prompt_Global_Strike
- [21] http://pl.wikipedia.org/wiki/Boeing_X-37

- [22] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_active_United_States_military_aircraft#Unmanned_aerial_vehicles
- [23] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_military_aircraft_of_the_United_States
- [24] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_unmanned_aerial_vehicles
- [25] <http://www.uavglobal.com/>
- [26] B. Piątek, B. Zarzycki, *Bezzałogowe środki lotnicze i ich zastosowanie*. Problemy Techniki Uzbrojenia, 2, 2012, ISSN 1230-380,165-74.
- [27] www.defence24.pl
- [28] Ciślak J., *Plan modernizacji technicznej Sił Zbrojnych RP na lata 2013-2022*. Nowa Technika Wojskowa. Bezpieczeństwo, Wojsko, Przemysł 1, 2013,14-22.
- [29] Pacholski L., *Kolejne próby uderzeniowych BSL*. Nowa Technika Wojskowa. Bezpieczeństwo, Wojsko, Przemysł 1, 2013, 68-70.
- [30] *Smart Weapons for UAV*. http://defense-update.com/features/du-1-07/feature_armedUAVs.htm
- [31] *Drony MQ-9 Reaper będą uzbrojone w brytyjskie rakiety Brimstone*. 5.05.2013, <http://www.defence24.pl/drony-mq-9-reaper-beda-uzbrojone-brytyjskie-rakiety-brimstone/>
- [32] http://en.wikipedia.org/wiki/AGM-114_Hellfire
- [33] Szulc T., *Nowe uzbrojenie "powietrze-ziemia" na salonie Zhuhai*. Nowa Technika Wojskowa. Bezpieczeństwo, Wojsko, Przemysł 1, 2013, 82-85.
- [34] WB Electronics. www.wb.com.pl
- [35] FlyEye. http://pl.wikipedia.org/wiki/WB_Electronics_FlyEye
- [36] Flytronic. <http://pl.wikipedia.org/wiki/Flytronic>
- [37] *Rewelacyjny dron z Mielca dla wojska*. <http://www.strefabiznesu.nowiny24.pl/artukul/rewelacyjny-dron-z-mielca-dla-wojska>
- [38] *MSPO: ILX-27 – polski śmigłowiec bezzałogowy*. 02.09.2013, http://www.defence24.pl/news_mspo-ilx-27-polski-smiglowiec-bezzałogowy
- [39] *Bezzałogowy statek powietrzny pionowego startu i lądowania ATRAX*. https://www.itwl.pl/attachments/article/424/Atrax_pl.pdf
- [40] http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_ground_vehicle
- [41] *Shipboard Autonomous Firefighting Robot (SAFFiR)*. <http://www.onr.navy.mil/en/Media-Center/Fact-Sheets/Shipboard-Robot-Saffir.aspx>
- [42] Roguski J., Czerwienko D., *Bezzałogowe platformy lądowe*. BiTP Vol. 30 Issue 2, 2013, pp. 81-90, ISSN 1895-8443, 06.2013, <http://czytelnia.cnbop.pl>
- [43] <http://en.wikipedia.org/wiki/BigDog>
- [44] *Bezzałogowa Tarantula dla plutonów rozpoznawczych*. Nowa Technika Wojskowa, 11, 2014, 6.
- [45] Remotec CUTLASS. <http://www.northropgrummaninternational.com/wp-content/uploads/2013/09/Remotec-CUTLASS.pdf>
- [46] <http://www.asimo.pl>
- [47] http://en.wikipedia.org/wiki/Gladiator_Tactical_Unmanned_Ground_Vehicle
- [48] *Wiadomości z kraju i ze świata: Bezzałogowe pojazdy naziemne w Strefie Gazy*. Nowa Technika Wojskowa. Bezpieczeństwo, Wojsko, Przemysł 1, 2013.
- [49] Dura M., *Jak kupić, aby nie kupić czyli historia przetargu na bezzałogowce dla Marynarki Wojennej*. Nowa Technika Wojskowa. Bezpieczeństwo, Wojsko, Przemysł. 2, 2013, 92-98.
- [50] *ECA Robotics*. Materiały reklamowe. Nowa Technika Wojskowa. Bezpieczeństwo, Wojsko, Przemysł. 2, 2013, 97.
- [51] Dura M., *Systemy przeciwwinowe Thalesa a Kormoran II*. Nowa Technika Wojskowa. Bezpieczeństwo, Wojsko, Przemysł. 2, 2013, 86-91.
- [52] L. Cwojdziański, M. Gerick, *Polskie innowacyjne rozwiązania w zakresie jednostek i obiektów morskich, w tym systemów bezzałogowych*. Nowa Technika Wojskowa. Bezpieczeństwo, Wojsko, Przemysł. 11, 2014, 94-98.
- [53] <http://www.usv-edredon.pl>
- [54] <http://www.naval-technology.com/projects/protector-unmanned-surface-vehicle/>

- [55] Miętkiewicz R., *Klasa Snorkeler*. Przegląd Morski grudzień 2012, 70-73.
- [56] *Torpeda została zniszczona o godzinie 11.00*. 01.10.2012, <http://www.mw.mil.pl>
- [57] http://www.underwater.pg.gda.pl/01_ukwial.htm
- [58] Szulc D., *Autonomiczny pojazd podwodny do poszukiwania i niszczenia min*. Problemy Techniki Uzbrojenia. XXXII, Zeszyt 86, (XII Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy Rozwoju, Produkcji i Eksploatacji Techniki Uzbrojenia”, Materiały - część I) ISSN 1230-3801, 1, 2003, 107-115.
- [59] *Toczki – Ładunki Wybuchowe do Niszczenia Min Morskich*. <http://www.ctm.gdynia.pl/products/systemy-broni-podwodnej,11/toczki-%E2-ladunki-wybuchowe-do-niszczenia-min-morskich,47.html>
- [60] CyberRyba. <http://www.cyberryba.pl/>
- [61] Malec M., Morawski M., Wojtas D., Zając J., *Cyberryba – Podwodny robot mobilny*. Pomiary Automatyka Robotyka 2/2010, 331-340.
- [62] Malec M., Morawski M., *Zmodernizowana koncepcja biomimicznego pojazdu podwodnego Cyberryba*. Polish Hyperbaric Research 2(39), 2012, 7-23.
- [63] *US Navy reveals its latest recruit: ‘Silent Nemo’ robofish can swim into enemy territory undetected - and is designed to look exactly like a tuna*. 12.2014, <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2871907/US-Navy-reveals-latest-recruit-Project-Silent-Nemo-robofish-set-swim-enemy-territory-undetected-designed-look-exactly-like-tuna-fish.html>
- [64] *U.S. Navy Creates Robot Tuna*. 12.2014, <http://www.newsweek.com/us-navy-creates-robot-tuna-291662>
- [65] *Navy spy “fish” could be operational next year*. 12.2014, <http://hamptonroads.com/2014/12/navy-spy-fish-could-be-operational-next-year>
- [66] <http://www.robotic-fish.net/index.php?lang=en&id=robots>
- [67] *Navyreadies ‘robo-tuna’ for stealth missions: Drone blends in with aquatic life*. The Washington Times. 3.07.2014, <http://www.washingtontimes.com/news/2014/jul/3/navy-readies-robo-tuna-stealth-missions-drone-blend/>
- [68] *Projekt Śledzik*. <http://www.sledzik.amw.gdynia.pl/>
- [69] Fabisiak J., Olejnik A., *Amunicja chemiczna zatopiona w Morzu Bałtyckim – Poszukiwania i ocena ryzyka – Projekt badawczy CHEMSEA*. Polish Hyperbaric Research 2(39), 2012, 25-52.
- [70] *ROV*. <http://www.arenasub.com/superachille.html>
- [71] *Spherical Amphibious Robotic Vehicles System*. <http://www.guardbot.org/>