

Krzysztof PLESKACZ

PERSPEKTYWA ROZWOJU BEZZAŁOGOWYCH, AUTONOMICZNYCH JEDNOSTEK PŁYWAJĄCYCH.

W artykule omówiono zostało zagadnienie rozwoju bezzałogowych, autonomicznych jednostek pływających.

Zaprezentowano argumenty wskazujące na konieczność rozwoju żeglugi w tym kierunku: poprawa bezpieczeństwa nawigacji i środowiska pracy marynarzy oraz obniżenie kosztów eksploatacji połączonych z ochroną środowiska morskiego.

Przedstawiono i omówiono również szczegółowo zagadnienia, kierunki, w których muszą podążać badania, aby stworzyć finalnie jednostkę częściowo lub w pełni autonomiczną.

WSTĘP

Na świecie, w dziedzinie komunikacji na lądzie i w powietrzu, istnieje już kilka rozwiązań dotyczących jednostek pełni lub częściowo autonomicznych. Natomiast w szeroko pojmowanej gospodarce morskiej spotykamy jedynie zautomatyzowany transport, ponieważ również na lądzie, w obrębie terminali kontenerowych.

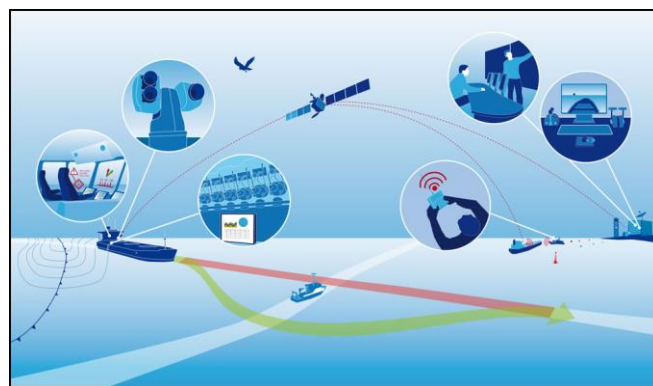
Ponieważ autonomia jednostek jest naturalnym efektem postępu, dlatego należy się skupić i rozpocząć lub kontynuować badania nad powstaniem bezzałogowej, autonomicznej jednostki pływającej.

Jednostka autonomiczna jest definiowana, jako następną generacją technologii systemów sterowania i przekazywania danych, która pozwoli bezprzewodowo monitorować i kontrolować wszystkie funkcje w obu przypadkach, gdy jednostka będzie obsadzona, i nie.

Technologie te obejmują zaawansowane systemy wspomaganie decyzji, które powinny zapewnić możliwość obsługi jednostek w części lub całkowicie zdalnie [10].

Systemy te będą programowane z wyprzedzeniem, podobnie jak aktualnie wykonuje się i zatwierdza plany podróży, od keji do keji, przed wyjściem statku w morze, zgodnie z wymaganiami konwencji SOLAS (ang. International Convention for the Safety of Life at Sea). Ale systemy autonomiczne będą zawierać w swojej strukturze pewien poziom sztucznej inteligencji. Przykładem może być funkcja pozwalająca wykrywać, identyfikować i unikać kolizji z innymi jednostkami. Współcześnie, w Akademii Morskiej w Szczecinie opracowywany jest system NAVDEC – Nawigacyjny System Wspomagania Decyzji w Sytuacji Kolizyjnej. Jest pierwszym na świecie narzędziem nawigacyjnym w żegludze morskiej, który realizuje obok funkcji informacyjnych zadania typowe dla systemów wspomaganie decyzji. System zabezpiecza przed błędami popełnianymi przez nawigatorów podczas kwalifikacji sytuacji spotkania oraz przed podejmowaniem błędnych decyzji przy wypracowaniu manewru antykolizyjnego [9].

W 2016 roku zakończył się Europejski projekt MUNIN (ang. Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks) współfinansowany przez UE w ramach siódmego programu ramowego. Jego zadaniem było opracowanie i weryfikacja koncepcji autonomicznej jednostki, kierowanej głównie poprzez zautomatyzowane systemy decyzyjne na pokładzie, ale kontrolowane zdalnie przez operatora na lądzie.



Rys. 1. Graficzne przedstawienie założeń programu MUNIN [10]

Autonomiczny, to niekoniecznie bezzałogowy. Po pierwsze, od czasu do czasu na pokładzie przebywać będą grupy, których celem będzie konserwacja, ewentualnie naprawa urządzeń. Oczekuje się również, że jednostki będą obsadzone na podejściu i na wyjściu z portów. Nieobsadzone pozostaną tylko jednostki w transoceanicznej fazie rejsu.

Jednakże statki zupełnie bez załogi również nie w pełni będą autonomiczne. Jednostki będą zdalnie monitorowane z brzegowego centrum zarządzania flotą. Operatorzy na lądzie będą informowani niezwłocznie, jeżeli zostaną przekroczone wartości progowe. Tutaj rodzą się największe wyzwania dla badaczy.

Dotyczyć będą one rodzaju informacji, jakie muszą być przekazywane, aby operator mógł we właściwy sposób ocenić sytuację. Oczywiście ilość informacji musi być odpowiednio filtrowana, aby nie wystąpiła sytuacja „zdalnego sterowania” statkiem przez cały okres podróży. Zatracona zostałaby wówczas idea jednostki autonomicznej. Wiąże się to również z możliwościami niezawodnego przekazywania danych. Dużej ilości w określonym czasie.

1. JEDNOSTKI AUTONOMICZNE, JAKO ŹRÓDŁO POPRAWY BEZPIECZEŃSTWA

Środowisko morskie jest bardzo dynamiczne. Obiekt znajdujący się w środowisku morskim jest nieustannie poddawany działaniu zmiennych sił, które determinują jego położenie w przestrzeni.

Analiza literatury światowej pozwala stwierdzić, że 75–96% wszystkich wypadków została spowodowana błędem ludzkim [6].

Dane statystyczne wykazują, że najczęściej występujące kategorie to: złe hipotezy i złe nawyki. Oba te rodzaje występują w ponad połowie wypadków.

Przyczyny spowodowane błędami zawartymi w kategorii systemu myślowego spowodowały zaistnienie 70% błędów i były obecne przy 93% wypadków.

Przyczyny z kategorii problemów społecznych wpłynęły na zaistnienie 7% błędów i przyczyniły się do powstania 21% wypadków.

Problemy sytuacyjne miały wpływ na powstanie 23% wszystkich błędów. Niepokojący jest fakt, iż udział kategorii osobowości (problemy myślowe, spośród której wyodrębniamy takie czynniki jak: brak dyscypliny, niesumienność, nieobowiązkowość, nieuczciwość, brak poczucia odpowiedzialności ma duży udział w całkowitej częstotliwości ludzkich błędów, (około 20%), które z kolei powodują powstanie wielu wypadków morskich (ok. 20% ogółu wypadków).

Analizując te dane, można łatwo zauważyć, jaki efekt miałyby wyeliminowanie szczególnych przyczyn na liczbę wypadków.

Najważniejszą rzeczą byłoby wyeliminowanie błędnych hipotez, co spowodowałoby uniknięcie ponad połowy wypadków.

Poprawa szkolenia może zaowocować 35% – owym obniżeniem liczby wypadków, poprawa projektowania ergonomiki mostka – 34% [2,6,7].

Jednakże najpoważniejszymi czynnikami pozostaną: zmęczenie i stres. Leżą one u podłoża większości wyżej wymienionych kategorii wypadków. Oczywiście ludzie nadal pozostaną włączeni bezpośrednio w proces monitorowania, zdalnego sterowania i konserwacji jednostek. Jednakże przeniesienie odpowiedzialności na operatora na ładzie może odegrać istotną rolę, gdyż eliminujemy element zmęczenia i stresu wywołanego chociażby złą pogodą.

2. JEDNOSTKI AUTONOMICZNE, A ZAGADNIENIE ŚRODOWISKA PRACY

Na rynku żeglugowym obserwuje się stały spadek zainteresowania szeroko pojmowanym zawodem marynarza. Staje się on coraz mniej atrakcyjny. W raporcie BIMCO (ang. Baltic and International Maritime Council Międzynarodowej) oraz ISF (ang. International Shipping Federation) pod egidą Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO), ogłoszono, że przeprowadzone analizy wskazują, że rynek żeglugowy stanie najprawdopodobniej w obliczu zaostreżenia niedoboru oficerów, szczególnie, że prognozowane jest odwrócenie tendencji i wzrost przewozów [4]. Badania przeprowadzone na wydziale Shipping and Marine Technology at Chalmers University of Technology wskazują ewidentnie na spadek okresu czasu, który nowo promowani kapitanowie zamierzają spędzić na statku [5].

Przyczyną może być, szczególnie dla młodego pokolenia, długotrwająca izolacja w obrębie zamkniętej przestrzeni wraz z heterogeniczną załogą. Poprzez rozwój mobilnych środków łączności pokolenie XXI wieku coraz gorzej znosi wszelkie ograniczenia w komunikacji interpersonalnej. Brak ciągłej łączności komórkowej staje się problemem.

Już w latach 90-tych poprzedniego wieku zarysował się niedobór kadry oficerskiej. Później wybuchł kryzys. Sytuacja się ustabilizowała. Ale co się stanie, gdy gospodarka odzyska tendencje wzrostowe? Możliwe, że jedynie jednostki autonomiczne, częściowo lub w pełni, pozwolą rozwiązać ten problem.

3. KOSZTY EKSPLOATACJI

Przedstawiciele przemysłu morskiego stale mówią o konieczności redukcji kosztów. Przykładem może być aktualny program naprawczy Polskiej Żeglugi Morskiej, który wymienia konieczność

ograniczenia kosztów eksploatacji chociażby poprzez redukcję załóg. Jednakże takie działanie przekłada się na wzrost: obciążenia pracą, stresu, problemów z bezpieczeństwem i równocześnie spadkiem atrakcyjności zawodu. Automatyzacja już częściowo wkroczyła na statki. Najmocniej w maszynie. Tam najwcześniej pojawiły się problemy z wykwalifikowaną kadrą, która zgodziłaby się pracować za określone wynagrodzenie. Pojawiły się przepisy i statki z bezwachtowym systemem obsady maszyny.

W tym kierunku powinny iść badania i działania we wszystkich działach na statku. Takie działania na poziomie jednostki mogą być bolesne, ale w skali przedsiębiorstwa mogą przynieść wymierne zyski.

4. OCHRONA ŚRODOWISKA

Wyniki badań przedstawione przez Międzynarodowy Zespół do spraw Zmian Klimatu przy ONZ wskazują na pilną konieczność ograniczenia gazów cieplarnianych [8]. W związku z powyższym Unia Europejska zobowiązała się do zmniejszenia emisji o 80 % do 2050 roku [1].

Statki są znaczącymi emiterami gazów cieplarnianych spalając kilka – kilkadziesiąt ton paliwa dziennie. Paliwa najgorszego gatunku. Ograniczenie prędkości kontenerowca o 30 % prowadzi do redukcji spalania paliwa o 50 % [3]. Oczywiście działa to w drugą stronę. Aby przewieźć tą samą ilość kontenerów należy wykorzystać więcej jednostek. Więcej jednostek będzie musiało spalić więcej paliwa. Jednakże badania przeprowadzone przez Pierre Cariou [5] wskazują na sumaryczny bilans zmniejszenia emisji o 11% i jest to wartość zbliżona do zaproponowanej przez komitet Ochrony Środowiska Morskiego IMO – 15% w 2018 roku.

Ale redukcja prędkości to: dłuższe rejsy, większe koszty załogowe, dalsze obniżenie atrakcyjności zawodu. Czyli podsumowując kolejny czynnik powodujący spadek atrakcyjności zawodu i wzrost niedoboru wysoko wykwalifikowanej kadry.

5. PROBLEMY, KTÓRE NALEŻY PRZEANALIZOWAĆ I ROZWIĄZAĆ CELEM OPRACOWANIA KONSTRUKCJI STATKU BEZZAŁOGOWEGO

Głównym problemem będzie brak bezpośredniego, fizycznego kontaktu pomiędzy człowiekiem a statkiem oraz postrzegania informacji z otaczającego środowiska morskiego. Kierowanie statkiem to nie tylko zbieranie i przetwarzanie danych pozyskanych z instrumentów nawigacyjnych. Przykładowo, podczas pokonywania wąskich przejść lub manewrowania w portach, nawigację opieramy o liczne punkty odniesienia, które pomagają, a wręcz umożliwiają doprecyzowanie pozycji i położenia statku.

Natomiast podczas podróży trans-oceanicznych, funkcja nawigatora ogranicza się głównie do monitorowania zaplanowanej podróży. Do tego celu służą wskazania instrumentów nawigacyjnych, gdyż brakuje jakichkolwiek punktów odniesienia. Jednakże i tutaj pojawia się zagrożenie. Stanowi je pogoda. W warunkach pogarszającej się pogody, czasami należy odstępować od zaplanowanej trasy. Odłączyć autopilota, przejść na ręczne sterowanie, czasami zmienić kurs i prędkość. Należy to robić w sposób dynamiczny. Precyzyjnie prowadzić monitoring i szybko podejmować decyzję celem ochrony załogi i ładunku. Mając, jako dane wejściowe parametry bezpieczeństwa związane z szeroko pojętą statecznością danego statku, można skorzystać z algorytmu określającego strefy zabronione oraz podwyższonego ryzyka, które są generowane przez zjawiska hydrometeorologiczne.

Przy zastosowaniu metod probabilistycznych można wyznaczyć obszary niebezpieczne dla określonej jednostki.

Nawigator w praktyce, podczas planowania podróży, uwzględnia:

- parametry wiatru: kierunek i siłę;
- falowanie: kierunek fal (wiatrowej i martwej) i stan morza;
- ze względu na współczesne wyposażenie nawigacyjne – sporadycznie: widzialność;
- podczas zimy: zalodzenie i ryzyko oblodzenia.

Natomiast rzadko – długości fali, a co za tym idzie: okres fali.

A jest to jeden z najważniejszych parametrów bezpieczeństwa, który może doprowadzić do przełamania lub dużych uszkodzeń związanych z nadmiernymi przechyłami bocznymi, a wręcz wywróceniem jednostki.

Istnieje już profesjonalne oprogramowanie różnych firm, określające sektory niebezpieczne.

Opracowywany algorytm powinien umożliwić nawigatorowi kompleksowo uwzględnić wszystkie hydrometeorologiczne parametry bezpieczeństwa statku w powiązaniu z kryteriami statecznościowymi i wytrzymałościowymi kadłuba danej jednostki.

Tutaj pojawia się szeroki zakres badań, które należy przeprowadzić, aby poznać: z jednej strony ogólne zasady zachowania statku na fali, z drugiej doprecyzować je dla danej jednostki z uwzględnieniem stateczności.

Wszystkie jednostki muszą spełniać określone warunki, tzw. zharmonizowanej koncepcji probabilistycznej, które mają na celu wyrównanie różnic między poszczególnymi typami statków:

- przygotowanie bazy do obliczeń statecznościowych – zapis kształtu, podział wewnętrzny;
- analiza wytrzymałości kadłuba – obwiednia momentów i sił tnących;
- analiza stateczności pod kątem spełnienia wszelkich wymagań dla nowo projektowanych oraz istniejących jednostek, wraz z ewentualną propozycją modyfikacji do potrzeb spełnienia wymagań;
- wykonanie Informacji o Stateczności;
- wykonanie obliczeń stateczności w stanie uszkodzonym. Metoda deterministyczna jak i probabilistyczna, również obliczenia z wodą na pokładzie lub oblodzeniem;
- przygotowanie wszelkich innych dokumentów statecznościowych wymaganych przepisami.

Kolejnym zagadnieniem są cechy manewrowe. Każda jednostka morska posiada indywidualne cechy manewrowe. Różnice mogą występować nawet na statkach siostrzanych, a cóż dopiero statki różnych typów, wielkości i konstrukcji. Dodatkowo dochodzą kwestie związane z napędem i sterowaniem: rodzaje i ilość sterów, śrub napędowych, dodatkowe urządzenia np.: stery strumieniowe. Inaczej będzie manewrował statek ze śrubą prawoskrętną klasyczną, a inaczej z prawoskrętną nastawną. Dlatego różnie będzie skręcał w prawo, inaczej w lewo. Promień skrętu zależy także od kąta wyłożenia steru.

Bezpieczeństwo nawigacji. Aktualnie poprzez dynamiczny rozwój systemu ECDIS (ang. Electronic Chart Display and Information System) uzyskane dane pozwolą nawigatorowi opracować optymalną trasę. Trasa ta będzie najkorzystniejsza z punktu widzenia bezpieczeństwa.

Standardowo przy pomocy takiego programu nawigator tworzy plan podróży wykorzystując elektroniczne mapy nawigacyjne, które zawierają informacje o:

- izobacie bezpieczeństwa – uwzględnia zanurzenie statku i zapas wody pod stępką;

- głębokości bezpiecznej – wartość głębokości określonej przez nawigatora w celu wyróżnienia przez ECDIS wszystkich pojedynczych głębokości równych i mniejszych od zadeklarowanej głębokości bezpiecznej;
- zagrożeniach wynikających z prześwitu pod przeszkodami;
- ostrzeżeniach zlokalizowanych wzdłuż planowanej trasy, między innymi takich, jak np. akwenty zabronione i ograniczone.

Kolejnym, spajającym elementem jest łączność. Zarówno w obrębie jednostki, jak i statek – operator na lądzie.

Jednostka autonomiczna musi być monitorowana z Centrum Sterowania na lądzie. Operatorzy będą szczególnie alarmowani, gdy zostaną przekroczone wartości progowe zaprogramowane przed rozpoczęciem podróży lub w trakcie jej modyfikacji. Aktualnie prowadzone badania wskazują na trzy drogi działań operatora:

1. Sterowanie pośrednie. Działanie polega na uaktualnieniu założonej trasy po uwzględnieniu np. aktualnych warunków hydrometeorologicznych lub obszarów zabronionych. W takiej konfiguracji jednostka nadal pozostaje pod kontrolą.
2. Sterowanie bezpośrednie poprzez specyficzne, określone działania związane z manewrowaniem jednostką. Ale nadal z wykorzystaniem elementów systemu autonomicznego. Może mieć to miejsce podczas np. akcji poszukiwawczo-ratowniczych, gdy statek musi osłonić jednostkę/osobę ratowaną od fali lub wiatru.
3. Sterowanie awaryjne z pominięciem elementów systemu autonomicznego. Oficer nadzorujący steruje bezpośrednio maszyną i sterem. Dobrym odwzorowaniem takiej sytuacji są wszelkie symulatory eksploatowane w ośrodkach szkoleniowych i na uczelniach morskich.

Wielkim wyzwaniem będzie określenie, jakie, w jakiej ilości oraz z jaką częstotliwością mają być przekazywane dane do Centrum Sterowania.

Wiąże się to z drożnością i niezawodnością kanałów łączności. Stworzenie niezawodnych systemów łączności stanowi niewątpliwie wyzwanie dla twórców koncepcji jednostki autonomicznej. Jednocześnie należy pamiętać o opcji utraty łączności.

PODSUMOWANIE

Powstające systemy powinny integrować już istniejące i eksploatowane elementy składowe. Dane wejściowe i wyjściowe powinny być zrozumiałe dla operatorów oraz w sposób przekonywujący dostarczać argumentów do podejmowania określonych działań.

Połączenie kilku elementów w jeden powinno przełożyć się bezpośrednio na krótszy czas oceny sytuacji, a co za tym idzie, bezpośrednio na podniesienie bezpieczeństwa żeglugi.

Na przestrzeni ostatnich lat poziom bezpieczeństwa na morzu uległ poprawie. Jednakże należy pamiętać, że dobra kultura bezpieczeństwa będzie podnosić renomę, a pojedynczy duży incydent może taką renomę zrujnować.

Wdrażanie proaktywnej strategii zarządzania bezpieczeństwem daje szansę zmniejszenia ryzyka wypadku poprzez podjęcie koniecznych działań (korygujących, zapobiegawczych, doskonalących) w celu minimalizacji zagrożeń, zbieraniu informacji z różnych źródeł, które poszerzają i poprawiają jej wiarygodność oraz stwarzają możliwość odpowiedniego jej przetworzenia i przeprowadzenia analizy bezpieczeństwa planowanej akcji.

Opracowywane systemy powinny być uniwersalne. Możliwe do adaptacji przez różne typy jednostek, operujących na całym świecie.

Wdrożenie do eksploatacji na danej jednostce powinno być proste ze względu na wymagania dotyczące obowiązkowego wypo-

sażenia jednostek. A co najważniejsze, powinno być użytkowane w niezmiennym trybie przez cały okres eksploatacji danego statku.

Wielkość oszczędności można oszacować jedynie prowadząc kompleksowe badania symulacyjne, a w przyszłości przejść do świata wirtualnego, gdzie poprzez zastosowanie makiet cyfrowych badać różne zależności i konfiguracje.

BIBLIOGRAFIA

1. *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*, European Commission, 2012.
2. Blanding H. C., *Automation of Ships and the Human Factor, Ship Technology and Research Symposium of The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Philadelphia*, 1987.
3. Cariou P. *Is slow steaming a sustainable means of reducing CO2 emissions from container shipping?*, Elsevier, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16 (3), s. 260-264, 2011.
4. Lang D. , *Update on the Worldwide Supply and Demand for Seafarers, Report from the Baltic and International Maritime Council (BIMCO) and the International Shipping Federation (ISF)*, 2010.
5. Man Y. Porathe T., Prison J., *Situation Awareness in Remote Control Centers for Unmanned Ships*, Human Factor in Ship Design and Operation, London 2014.
6. Rothblum A. M., *Human Error and Marine Safety*, U.S. Coast Guard and Research and Development Center, 2002.
7. Sanquist T. F., *Human Factors in Maritime Applications: A New Opportunity for Multi-Modal Transportation Research, Proceedings of the Human Factors 36th Annual Meeting*. 1992.
8. *United Nation's Intergovernmental panel on Climate Change*, ONZ 2014.
9. www.navdec.com (dostęp 24/03/2017).
10. www.unmanned-ship.org (dostęp 24/03/2017).

The prospect of the development of unmanned, autonomous vessels

The article discusses the issue of development of unmanned, autonomous vessels.

Presented arguments pointing that the needs for navigational development in this direction are: improving navigational safety and working environment of seafarers reduce operating costs associated with the protection of the marine environment.

Presented the topics and directions in which to follow the research and discussed in detail in direction to eventually create partially or fully autonomous vessel.

Autor:

dr inż. kpt. ż. w. **Krzysztof Pleskacz** – Akademia Morska w Szczecinie – Wydział Nawigacyjny – Instytut Nawigacji Morskiej – k.pleskacz@am.szczecin.pl

Wyniki badań powstałe w ramach realizacji pracy badawczej pt.: „Modelowanie ryzyka eksploatacji statku manewrującego na akwenie ograniczonym”, nr 4/S/INN/15 finansowanej z dotacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na finansowanie działalności statutowej