

AUTONOMICZNOŚĆ STATKÓW MORSKICH - KLASYFIKACJE

AUTONOMY OF SEA-GOING VESSELS - CLASSIFICATIONS

Wojciech SOKOŁOWSKI

w.sokolowski@amw.gdynia.pl

Akademia Marynarki Wojennej
Wydział Dowodzenia i Operacji Morskich
Instytut Operacji Morskich
Zakład Wsparcia Działań Sił Morskich

STRESZCZENIE

W artykule poruszono zagadnienia dotyczące autonomii statków morskich. Przedstawiono definicję i podział autonomicznych statków morskich. Scharakteryzowano także samo pojęcie autonomii statków morskich. Jednak najwięcej uwagi poświęcono wybranym klasyfikacjom poziomów autonomii statków morskich.

SUMMARY

The article discusses issues related to the autonomy of sea-going vessels. The definition and division of autonomous sea vessels is presented. The concept of autonomy of sea-going vessels was also characterized. However, the most attention was paid to selected classifications of the levels of autonomy of sea-going vessels.

Słowa kluczowe: autonomia, poziomy autonomii, klasyfikacja, statek autonomiczny

Key words: autonomy, levels of autonomy, classification, autonomous vessel

WSTĘP

Projektowana implementacja koncepcji w pełni lub w części autonomicznych statków morskich w chwili obecnej znajduje się w fazie początkowej, jednak z roku na rok przybywa podmiotów, które zaczynają pracować nad urzeczywistnieniem tej inicjatywy. Wizja nowej ery transportu morskiego staje się coraz bardziej realna. Postęp w tym zakresie możliwy jest w dużej mierze dzięki rozwojowi technologii informacyjnej i łączności, co ma kluczowe znaczenie dla możliwości funkcjonowania statku w sposób autonomiczny. Niezakłócona i pewna łączność jest po prostu czynnikiem koniecznym i niezbędnym, żeby statek mógł funkcjonować bez załogi na pokładzie.

Inną nie mniej istotną determinantą przejścia do epoki żeglugi autonomicznej jest uzasadnienie ekonomiczne całej koncepcji. Sama faza badań i projektów jest bardzo kosztowna, podobnie jak budowa już w pełni autonomicznych jednostek pływających. Niezbędna wiedza i technologie będą powstawać stopniowo i z punktu widzenia ekonomicznej strony całego projektu powinny być integrowane systematycznie. Oznacza to,

że niezbędna jest w tym zakresie współpraca między różnymi podmiotami, zajmującymi się określoną częścią tak złożonego i kosztownego projektu.

Kolejnym, nie mniej istotnym elementem wpływającym na możliwość urzeczywistnienia wizji żeglugi autonomicznej są kwestie prawne. Poruszanie się tego typu jednostek wymagać będzie dostosowania obecnych regulacji prawnych w zakresie żeglugi, zarówno na gruncie krajowym jak i międzynarodowym.

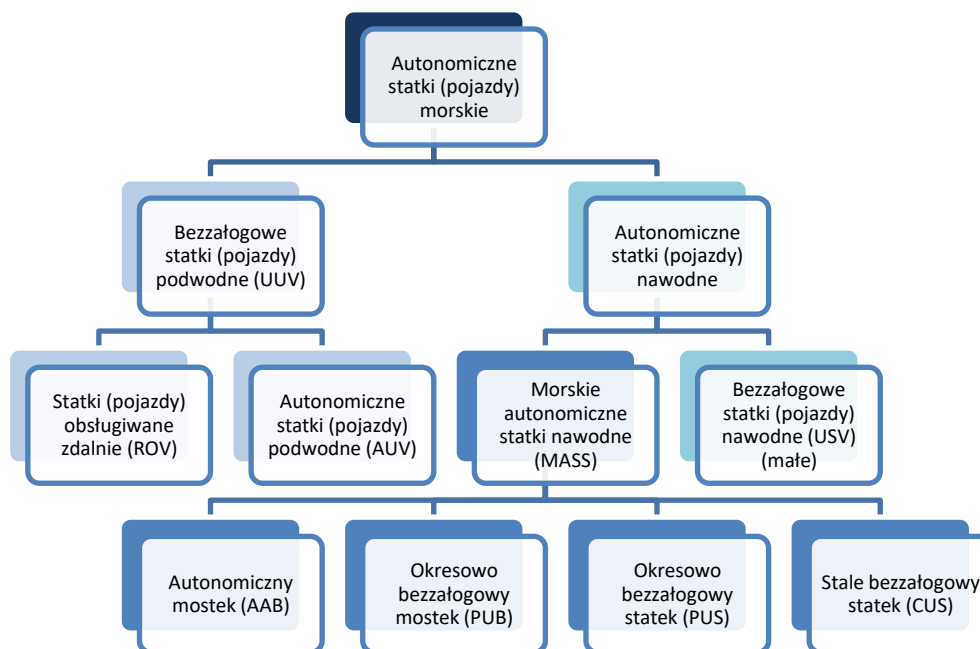
Tych czynników mających wpływ na powodzenie i realizację projektu żeglugi autonomicznej jest oczywiście więcej, niż te szerzej wspomniane. Bardzo często pojawia się chociażby element bezpieczeństwa, ocenianego z jednej strony z punktu widzenia osób znajdujących się na pokładzie, z drugiej jako ewentualne oddziaływania na otoczenie, co jest typowe dla wszystkich platform bezzałogowych niezależnie od środowiska, w którym się poruszają. Można także wspomnieć o konieczności przełamania konserwatywnego charakteru przemysłu morskiego czy o społecznej akceptacji zarówno ze strony osób korzystających z usług transportowych, jak i osób uczestniczących w procesie ich świadczenia.

Początkowy stan rozwoju ery żeglugi autonomicznej potwierdza także główny wątek niniejszego artykułu, czyli klasyfikacje samych statków autonomicznych, jak i poziomów ich autonomiczności, a dokładniej ich różnorodność i liczba, czyli brak przyjętego i zaakceptowanego przez wszystkie zaangażowane strony jednego, wspólnego podziału. Można jednak z dużą dozą pewności przypuszczać, że wraz z rozwojem tej koncepcji zostaną wypracowane określone normy i standardy w poruszonym zakresie.

1. AUTONOMICZNE STATKI MORSKIE

Terminy "autonomiczny" i "bezzałogowy" są używane w różnych kontekstach, często zamiennie, a nie są to w żaden sposób synonimy. Oczywiście funkcjonują zazwyczaj obok siebie, często w różnych kombinacjach, jednak, co należy podkreślić jeszcze raz, nie są pojęciami tożsamymi. Dla rozważań w niniejszym artykule przyjęto, że autonomiczny oznacza to, iż statek/pojazd może wykonywać zestaw określonych operacji bez lub z ograniczoną uwagą obsady głównie mostka nawigacyjnego (autonomiczność jest najczęściej postrzegana z punktu widzenia nawigacji jednostką pływającą). Nie oznacza to więc zawsze, że na pokładzie nie ma człowieka. Natomiast jeżeli chodzi o statek/pojazd bezzałogowy założono, że realizują one swoje funkcje bez operatorów pokładowych, którzy mogliby przejąć kontrolę nad jednostką, stąd na pokładzie mogą być inne osoby,

ale nie związane z nawigacją. Mając to na uwadze można przedstawić klasyfikację autonomicznych statków morskich, co zrobiono na rysunku 1.



Rys. 1. Klasyfikacja autonomicznych statków (pojazdów) morskich

Źródło: NFAS, 2017, s. 7.

Część, przedstawionej na rysunku, terminologii jest już używana powszechnie i można ją spotkać w publikacjach dotyczących nawodnych i podwodnych pojazdów autonomicznych, pozostałe, podobnie jak cała idea autonomicznych jednostek pływających, są stale tworzone. W tym miejscu należy także wyraźnie podkreślić, że nie każdą jednostkę określa się mianem statku, stąd też autor celowo używa dwóch pojęć, tj. statek i pojazd. Można z dużą dozą pewności przypuszczać, że z czasem przyjęta zostanie jakaś jedna konkretna klasyfikacja, w której kwestie autonomiczności i bezzałogowości zostaną ze sobą powiązane w określony sposób.

Autonomiczność, będąca przedmiotem niniejszej analizy, jest rozpatrywana z punktu widzenia morskich autonomicznych statków nawodnych (ang. Maritime Autonomous Surface Ships: MASS). Termin określający te jednostki został w minionym roku oficjalnie przyjęty przez Międzynarodową Organizację Morską (IMO, 2017). Nie jest jednak taki jednoznaczny, jest pojęciem dosyć szerokim, wymagającym dalszego uszczegółowienia. Jeżeli weźmie się pod uwagę zarówno inny sposób funkcjonowania konkretnej jednostki, jak i konieczność różnego ujęcia od strony legislacyjnej, można wyróżnić cztery różne typy tych statków, a mianowicie (NFAS, 2017, s. 7-8):

- *Mostek wspomagany autonomicznie/stale obecna załoga (ang. Autonomy Assisted Bridge: AAB/Continuously manned bridge):* mostek na statku jest zawsze obsadzony

załogą, która może natychmiast ingerować w bieżące operacje. To rozwiązanie nie będzie raczej wymagało specjalnych środków regulacyjnych, z wyjątkiem być może określonych standardów dla nowych operacji na mostku;

- *Okresowo bezzałogowy mostek (ang. Periodically Unmanned Bridge: PUB)*: statek może funkcjonować bez obsadzonego mostku w określonych momentach, np. na pełnym morzu i w czasie dobrej pogody. Na statku cały czas obecna jest obsada mostka, która w przypadku jakichkolwiek problemów jest natychmiast wzywana;
- *Okresowo bezzałogowy statek (ang. Periodically Unmanned Ship: PUS)*: statek operuje bez obsady mostka na pokładzie w określonych okresach, np. podczas długich przejść otwartymi morzami i oceanami. Poza nimi, np. w czasie fazy portowej na statek przybywa załoga, która kontroluje jej przebieg;
- *Stale bezzałogowy statek (ang. Continuously Unmanned Ship: CUS)*: statek jest przystosowany do stałego braku obsady mostka, ewentualnie z wyjątkiem jakichś sytuacji awaryjnych. Oznacza to, że na statku nie ma nikogo, kto byłby upoważniony do przejęcia kontroli nad mostkiem, inaczej statek byłby sklasyfikowany jako PUB. Oczywiście na statku mogą wciąż znajdować się inne osoby, np. załoga pasażerska lub obsługowa. Pod względem prawnym, ten jak i wcześniejszy przypadek, będą najprawdopodobniej wymagać podobnych regulacji.

Przedstawione klasy tego typu statków są oczywiście pewną propozycją, która jako kryterium przyjmuje bliżej nieokreślony poziom autonomii i sposób sprawowania nad nią nadzoru ze strony człowieka. Nie jest to oczywiście jedyna klasyfikacja. Brytyjska grupa robocza *the UK Maritime Autonomous Systems Working Group* dokonuje innego podziału morskich autonomicznych statków nawodnych, przy czym kryterium podziału to głównie ich długość i prędkość (Tabela 1).

Tabela 1. Klasy morskich autonomicznych statków nawodnych

Klasa	Charakterystyka
Ultra lekkie	długość mniejsza niż 7 m, prędkość maksymalna 4 węzły
Lekkie	długość w zakresie 7-12 m, prędkość maksymalna 7 węzłów
Małe	długość w zakresie 12-14 m
Duże	długość powyżej 24 m (i 100 GT)
Dużej prędkości	prędkość eksploatacyjna nie mniejsza niż 7,19 węzła

Źródło: Maritime UK, 2017, s. 17.

Można się spodziewać, że w przestrzeni międzynarodowej będą istniały różne klasyfikacje tego typu jednostek, w zależności od potrzeb i ich przeznaczenia. Ale konieczność opracowania i implementacji stosownych regulacji prawnych w zakresie projektowania i użytkowania morskich autonomicznych statków nawodnych wymusi przyjęcie przynajmniej w tym zakresie jednej wspólnej dla wszystkich klasyfikacji, opierającej się o uzgodnione i ściśle określone kryteria.

2. AUTONOMICZNOŚĆ STATKÓW MORSKICH

Znając ogólną istotę morskich autonomicznych statków nawodnych można przejść do bardziej szczegółowych rozważań z zakresu ich autonomiczności, próbując ją scharakteryzować i określić.

Na wstępie można zadać sobie pytanie po co w ogóle rozwijać przedmiotową technologię? Odpowiedź mogłaby być kolejnym opracowaniem, dlatego też za prof. Utne przedstawionych zostanie kilka najważniejszych elementów przemawiających za rozwojem systemów autonomicznych, są to (Utne, 2017, s. 8):

- bardziej inteligentne systemy, mniej zależne od ludzkich operatorów;
- unikalne (lub tańsze) rozwiązanie w przypadku braku (lub ograniczonej) komunikacji (przepustowość, zasięg);
- mogą być mniejsze, lżejsze, tańsze i bezpieczniejsze w przemieszczaniu się i obsłudze;
- nie są narażone na niedobór operatorów z odpowiednimi uprawnieniami;
- wielofunkcyjność, odporność na błędy i stabilność pracy;
- niezbędne do realizacji wielu nowych funkcji;
- możliwość prowadzenia operacji w złożonym, trudnym środowisku (np. brudnym lub niebezpiecznym dla człowieka).

Oczywiście mimo tych wszystkich zalet, przynajmniej na obecnym stadium rozwoju i badań, nie w każdych warunkach możliwe jest zapewnienie pełnej, 100% autonomiczności statków morskich. Zachowanie statku i wymagana ilość ludzkiej interakcji w dużej mierze zależy i zależeć będzie od stanu, rodzaju statku i wykonywanych przez niego operacji. W czasie żeglugi na otwartym morzu statek może być teoretycznie w pełni autonomiczny, jednak na niektórych etapach rejsu (np. przejścia cieśninami, kanałami, operacje portowe) wymagać będzie zdecydowanie większej uwagi ludzkich operatorów, łącznie z podejmowaniem przez nich określonych decyzji. Jest tu pewna analogia do funkcjonowania robotów mobilnych, które do pewnego momentu mogą pracować samodzielnie, głównie przy

wykonywaniu prostych operacji, natomiast wraz ze wzrostem poziomu złożoności realizowanych zadań zachodzi konieczność zwiększonej interakcji z ludzkim operatorem. W tym kontekście mówi się o autonomii "regulowanej" i "dynamicznej" (AAWA, 2016, s. 7).

W pełni wdrożona autonomia zapewnia określonym systemom statku samodzielną interpretację i ocenę zjawisk zachodzących w ich otoczeniu i umiejętność właściwej reakcji w każdej sytuacji. Często jednak można spotkać się z poglądem, że pełna autonomia niekoniecznie jest najlepszym i uzasadnionym ekonomicznie rozwiązaniem dla wszystkich rodzajów statków nawodnych. Mimo tego już od jakiegoś czasu trwają prace nad stopniowym przejściem od obecnej automatyzacji nawigacji do jej w pełni autonomicznej postaci.

Poziomy autonomii, stopnie autonomii i inne koncepcje dotyczące tego pojęcia zostały szeroko omówione w literaturze. Jednak w głównej mierze skupiają się na technice lądowej i powietrznej lub w ogólny sposób opisują samo pojęcie autonomiczności, w mniejszym stopniu dotyczą statków autonomicznych (może poza podwodnymi). Skupiają się na mniejszej liczbie ewentualnych kombinacji, np. często zakłada się, że w pojeździe zawsze znajduje się osoba, tak jak w autonomicznym pojeździe drogowym (SAE, 2016) lub że kontrolowany system zawsze działa bez jakiegokolwiek osoby na pokładzie, ale tylko za pośrednictwem teleoperacji, jak w klasyfikacji Sheridana (Sheridan i in., 1978. s. 2-7).

W zależności od obecności operatorów-ludzi i ich zaangażowania w monitorowanie, planowanie, realizację i kontrolę poszczególnych operacji realizowanych na tych statkach, można zidentyfikować różne poziomy ich autonomii. Podobnie jak z klasyfikacjami samych jednostek, tak i w tym zakresie istnieje wiele różnych podziałów, podejść i interpretacji, które cały czas mają miejsce i tak jak rozwija się era autonomicznych statków (pojazdów) morskich, tak stale będą zachodzić prace nad standardowymi klasyfikacjami pomagającymi w identyfikacji i określeniu różnych poziomów autonomii na statkach.

Co do zasady można przyjąć, że na niższym lub średnim poziomie autonomii statków, zastosowana będzie określona sztuczna inteligencja, pozwalająca przejąć daną część zadań operatora na mostku. Będzie ona jednak pozostawała pod stałą kontrolą kompetentnego członka załogi znajdującego się na pokładzie, mogącego interweniować w przypadku pojawiających się problemów.

Natomiast przy wyższym stopniu autonomii statków, część kontroli nadzorczej może zostać przeniesiona do dedykowanego Brzegowego Centrum Kontroli (SCC), w którym nadzorujący operator może monitorować działanie kilku statków jednocześnie i zdalnie interweniować, gdy zajdzie taka potrzeba. SCC może ponosić odpowiedzialność

również za wykonywanie newralgicznych operacji, np. wejście i wyjście do i z portu, które mogłyby być sterowane przez obsługę drogą radiową.

Z kolei na najwyższym poziomie autonomii statków, funkcjonowałyby one bez stałego nadzoru człowieka obecnego na pokładzie statku, ani w jakimkolwiek centrum kontroli brzegowej. Jednak póki co bardziej realny, przynajmniej w początkowej fazie, wydaje się taki system autonomiczny, który w przypadku sytuacji problemowej, której mimo posiadania odpowiednich algorytmów i bazy danych nie będzie w stanie samodzielnie rozwiązać, zawsze będzie miał możliwość kontaktu z SCC w celu uzyskania pomocy. Oczywiście wymagać to będzie wydajnych i niezawodnych systemów łączności, bez których trudno w ogóle mówić o szansie na wdrożenie nawet tego poziomu autonomiczności.

3. WYBRANE KLASYFIKACJE POZIOMÓW AUTONOMICZNOŚCI

Jak wspomniano na wstępie, nie ma jednej klasyfikacji poziomów autonomiczności statków morskich. Sama autonomia systemów bezzałogowych również ma wiele interpretacji, poszczególni autorzy przyjmują różne punkty odniesienia, różne kryteria, co skutkuje powstawaniem wielu odrębnych podziałów. Jest to jednak typowe dla zagadnień we wstępnej fazie rozwoju. Nie inaczej jest z erą autonomicznej żeglugi, czego potwierdzeniem są wybrane i przedstawione w dalszej części klasyfikacje autonomii statków morskich.

Jako pierwszy podział autonomii statków morskich można przedstawić ten, zaproponowany przez *Norwegian Forum for Autonomous Ships* (NFAS, 2017, s. 12). Wzięto w nim pod uwagę dwa czynniki:

- sposób obsady mostka nawigacyjnego;
- poziom autonomii wykonywania poszczególnych operacji, niezależnie od miejsca, tj. czy będzie to statek czy jakieś brzegowe centrum kontroli.

Jeżeli chodzi o zakres obsługi mostka nawigacyjnego to wyróżniono tu trzy poziomy:

- mostek obsadzony (AAB, PUB);
- mostek nieobsadzony - obsada mostka na pokładzie (PUB - kiedy na mostku nie ma obsady);
- mostek nieobsadzony - brak obsady na pokładzie (PUS i CUS).

Z kolei autonomia wykonywania poszczególnych operacji została podzielona na cztery grupy, mowa tu oczywiście o statkach towarowych. Jest ona bardzo podobna do innych, omówionych w innych źródłach, różnica polega tylko na tym, że nie uwzględnia się w niej sposobu obsady mostka nawigacyjnego, i tak są to:

- *wspomaganie decyzji* - ten poziom wychodzi na przeciw oczekiwaniom dzisiejszych i przyszłych statków wyposażonych w radary antykolizyjne (ARPA), powszechne systemy automatyzacji takie jak np. autopiloty itp. Załoga nadal sprawuje bezpośrednią kontrolę nad statkiem i nadzoruje wszystkie operacje. Poziom ten często określa się jako brak autonomii;
- *automatyzacja* - statek posiada bardziej zaawansowane systemy automatyzacji, które mogą wykonywać skomplikowane operacje bez udziału człowieka, np. dynamiczne pozycjonowanie czy automatyczne cumowanie. Operacje tego typu przebiegają zgodnie z zaprogramowanymi algorytmami, a człowiek ingeruje w nie tylko w przypadku wystąpienia sytuacji niepożądanych lub zakończenia danej operacji. Brzegowe centrum kontroli lub załoga mostka nawigacyjnego może zawsze interweniować przejmując kierowanie/sterowanie w sposób zdalny lub bezpośredni;
- *autonomia ograniczona* - statek, w większości sytuacji, może funkcjonować w pełni automatycznie. Posiada wstępnie zdefiniowane opcje/sekwencje sposobów rozwiązywania często pojawiających się sytuacji problemowych, np. unikanie kolizji oraz maksymalne tolerancje odchyień w zakresie ustalonej trasy lub czasu przybycia do portu. Jeżeli systemy te nie są w stanie rozwiązać określonych problemów wówczas informują o tym człowieka. Obsada brzegowego centrum kontroli czy mostka nawigacyjnego stale nadzoruje wszystkie operacje i przejmuje kontrolę nad statkiem na wspomniane wcześniej wezwanie systemu. Dopóki to nie nastąpi system samodzielnie czuwa nad bezpieczeństwem jednostki;
- *autonomia pełna* - statek samodzielnie obsługuje wszystkie niezbędne operacje. Nie jest nadzorowany przez brzegowe centrum kontroli ani obsadę mostka nawigacyjnego. Ten poziom autonomii jest raczej realny dla krótkich tras, realizowanych w dosyć zamkniętym i kontrolowanym środowisku. W krótkiej perspektywie czasu tego typu rozwiązania wydają się mało prawdopodobne w zakresie ich implementacji, systemy te są bardzo zaawansowane i rozbudowane, dodatkowo istnieje wysokie ryzyko ich awarii i utraty.

Dokonując kompilacji tych różnych poziomów zarówno w zakresie sposobu obsady mostka nawigacyjnego, jak i autonomii wykonywania poszczególnych operacji, można otrzymać różne rodzaje autonomii statków, co przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Rodzaje autonomii statków

	mostek obsadzony	mostek nieobsadzony - obsada mostka na pokładzie	mostek nieobsadzony, brak obsady na pokładzie
wsparcie decyzji	bezpośrednia kontrola brak autonomii	kontrola zdalna	kontrola zdalna
automatyzacja	mostek zautomatyzowany	statek zautomatyzowany	statek zautomatyzowany
autonomia ograniczona	-	autonomia ograniczona	autonomia ograniczona
autonomia pełna	-	-	autonomia pełna

Źródło: Opracowanie własne na podstawie NFAS, 2017, s. 12.

Niektóre komórki w tabeli zostały oznaczone kreską, ze względu na to, że nieuzasadnione jest wyróżnienie rodzaju autonomiczności statku na tych poziomach. Na przykład z oczywistych względów nie ma większego sensu obsadzać mostka i jednocześnie wprowadzać ograniczonej lub pełnej autonomii w zakresie realizacji poszczególnych operacji.

Dla stale obsadzonego mostka zdefiniowano dwa możliwe rodzaje autonomii:

- *bezpośrednia kontrola*: załoga mostka stale kontroluje operacje, mogą być stosowane proste systemy automatyzacji, np. autopilot lub zaawansowane funkcje wspomagania decyzji. Nie jest to rodzaj autonomii, ale uwzględniono go w taksonomii dla zachowania jej kompletności,
- *mostek zautomatyzowany*: mostek ten kontroluje statek, natomiast jego obsada stale monitoruje sytuację i może interweniować w dowolnym momencie. Poziom tej automatyzacji może być relatywnie wysoki, aczkolwiek załoga jest zawsze gotowa do interwencji.

Z kolei w systemach całkowicie lub okresowo bezzałogowych istnieją cztery rodzaje autonomii, w każdym co do założenia statek musi funkcjonować niezawodnie bez obsady mostka:

- *kontrola zdalna*: podobnie jak sterowanie bezpośrednie, jednak tutaj to brzegowe centrum kontroli nadzoruje statek. W tym przypadku, podobnie jak przy kontroli bezpośredniej można poddawać w wątpliwość czy jest to już rodzaj autonomii. Jednak ze względu na brak stuprocentowej pewności, że łącza komunikacyjne będą zawsze niezawodne, w większości przypadków statek będzie potrzebował procedur awaryjnych, które będą aktywowane autonomicznie, w przypadku utraty łączności;
- *statek zautomatyzowany*: podobnie jak mostek zautomatyzowany, ale pojawia się nadzór realizowany przez brzegowe centrum kontroli;

- *autonomia ograniczona*: statek nadzorowany przez brzegowe centrum kontroli;
- *autonomia pełna*: brak nadzoru statku. Ten rodzaj autonomii jest co do zasady skomplikowany do wdrożenia, a także oznacza, że właściciel statku ma ograniczoną kontrolę nad jego funkcjonowaniem. Wdrożenie do transportu morskiego tego typu statków będzie wymagało istotnych zmian w regulacjach prawnych.

Inną klasyfikację poziomów autonomiczności statków morskich (ang. Levels of autonomy - LoA) zaproponowała profesor Ingrid Bouwer Utne, wyróżniła cztery następujące poziomy (Utne, 2017, s. 18):

- poziom 1. *Operacje zautomatyzowane (kontrola zdalna)*. System pracuje w sposób zautomatyzowany. Operator kieruje i kontroluje wszystkie funkcje, niektóre są wcześniej zaprogramowane. Stan systemu, warunki środowiskowe, dane z sensorów prezentowane są operatorowi poprzez interfejs człowiek-maszyna (ang. human-machine-interface - HMI). Przykład: inspekcje i prace podwodne wykonywane przez zdalnie sterowane pojazdy podwodne;
- poziom 2. *Zarządzanie za zgodą*. System automatycznie wydaje zalecenia dotyczące sposobu realizacji określonych prac, procesów, jednocześnie zwraca się do operatora w istotnych momentach w zakresie zdobycia określonych informacji lub podjęcia decyzji. Na tym poziomie system może mieć ograniczoną szerokość pasma komunikacyjnego, w tym opóźnienie czasowe wynikające np. z fizycznego oddalenia. System może wykonywać wiele funkcji niezależnie od nadzoru człowieka, gdy zostanie do tego upoważniony przez operatora. Przykład: dynamiczne pozycjonowanie statku lub zadania inspekcji podwodnych wykonywane przez autonomiczne statki podwodne (AUV) z wykorzystaniem wsparcia statków nawodnych;
- poziom 3. *Półautonomiczność lub zarządzanie przez wyjątki*. System automatycznie wykonuje czynności związane z rejsem w sytuacjach, w których czas ludzkiej reakcji jest zbyt długi. Operator może nadpisać lub zmienić parametry i anulować/przekierować dane czynności/reakcje w określonych ramach czasowych. Uwaga operatora jest skupiana tylko na wyjątkach (odstępstwach) i w tym zakresie podejmuje on decyzje (tzw. kontrola nadzorcza człowieka). Przykład: dynamiczne pozycjonowanie statku, system zarządzania energią lub monitorowanie mórz i oceanów przez AUV;

- poziom 4. *Wysoka autonomiczność operacji*. System automatycznie wykonuje funkcje związane z rejsem i innymi procesami w nieograniczonym środowisku. Ma możliwość planowania rejsu, trasy lub innych procesów i dokonywania zmian w tych planach. Operator ludzki może być informowany o postępach, ale system jest niezależny i "inteligentny" ("funkcjonuje bez udziału człowieka"). W systemach załogowych operator ludzki jest obecny, ale pełni bardziej rolę nadzorczą z możliwością interweniowania. Przykład: monitorowanie mórz i oceanów przez AUV bez wsparcia statków nawodnych, inspekcje instalacji/infrastruktury podwodnej przez AUV.

Jeszcze inaczej poziomy autonomii systemów bezzałogowych, systemów zdalnie obsługiwanych, zdalnie monitorowanych i bezzałogowych zostały zdefiniowane przez Lloyds Register, dotyczą one jedynie aspektów nawigacyjnych (Lloyd's Register, 2017, s. 1-2):

- poziom 0. *Sterowanie ręczne*. Sterowanie czy ustawianie kursu odbywa się ręcznie. Operator jest na pokładzie lub steruje zdalnie za pośrednictwem łącza radiowego;
- poziom 1. *Pokładowe systemy wspomaganie decyzji*. Automatyczne sterowanie prędkością i kursem zgodnie z ustalonymi wartościami i planem trasy. Kurs i prędkość są mierzone za pomocą czujników pokładowych. Operator ustawia kurs i pożądaną prędkość, następnie monitoruje te parametry i jeśli to konieczne dokonuje stosownych korekt;
- poziom 2. *Zewnętrzne lub pokładowe systemy wspomaganie decyzji*. Podobnie jak na poziomie 1, wszystkie działania podejmowane są przez człowieka, narzędzia wspomaganie decyzji mogą przedstawiać różne opcje wyboru i potencjalne skutki podjętych działań. Dane te mogą być dostarczane przez systemy pokładowe oraz zewnętrzne;
- poziom 3. *Współdziałanie z człowiekiem, który monitoruje i zatwierdza*. Człowiek znajduje się w pętli decyzyjnej, nadzoruje funkcjonowanie systemów pokładowych i zatwierdza określone działania przed ich wykonaniem przez system, który je proponuje na podstawie informacji pochodzących z różnych sensorów pokładowych oraz otoczenia zewnętrznego;
- poziom 4. *Współdziałanie z człowiekiem, który monitoruje i może interweniować*. Decyzje i działania są wykonywane autonomicznie ale pod nadzorem człowieka. W przypadku istotnych decyzji człowiek ma możliwość współdecydowania. Operator monitoruje działanie systemu i interweniuje, jeśli zajdzie taka potrzeba. Monitorowanie może odbywać się na lądzie;

- poziom 5. *Autonomia monitorowana*. Decyzje są podejmowane i wdrażane przez system. System na podstawie wielu różnych informacji oblicza własne działania i je wykonuje. W przypadku niepewności co do interpretacji/oceny konkretnej sytuacji może kontaktować się z operatorem. Zadania realizowane przez system są rzadko nadzorowane;
- poziom 6. *Pełna autonomia*. Funkcjonowanie systemu odbywa się bez nadzoru. Oblicza on swoje działania, ich konsekwencje i towarzyszące ryzyko. Posiada odpowiednie zasoby informacyjne, zarówno na temat otoczenia, jak i poprzednich, typowych sytuacji.

Ostatnim przykładem podziału poziomów autonomiczności platform morskich może być klasyfikacja zaproponowana przez Japończyków, która dzieli je w następujący sposób (Hirayama, 2018, s. 7):

- poziom 0. *Statki konwencjonalne*. Człowiek monitoruje otoczenie statku, bazując na pojedynczych informacjach. Wszystkie decyzje podejmowane są przez człowieka w oparciu o jego wiedzę. Proste operacje mogą być zautomatyzowane;
- poziom 1. *Statki zaawansowane* (od 2017 roku). Człowiek monitoruje otoczenie statku, bazując na odpowiednio zintegrowanych informacjach. Wszystkie decyzje podejmowane są przez człowieka w oparciu o jego wiedzę. Wiele operacji wykonywanych jest w sposób zautomatyzowany z wykorzystaniem odpowiedniego oprzyrządowania;
- poziom 2. *Wysoce wspomagane statki*. Człowiek monitoruje otoczenie statku, wspomagając się właściwym systemem. Wszystkie decyzje podejmowane są przez człowieka w oparciu o zintegrowane informacje. Znaczna liczba operacji wykonywana jest w sposób zautomatyzowany z wykorzystaniem zaawansowanych narzędzi;
- poziom 3. *Statki warunkowo autonomiczne*. Statek monitoruje swoje otoczenie w sposób autonomiczny, ale w określonym zakresie. Statek podejmuje decyzje autonomicznie, jednak odbywa się to w określonych warunkach. W ograniczonych warunkach statek wykonuje poszczególne operacje w sposób automatyczny;
- poziom 4. *Statki autonomiczne*. Statek rozpoznaje swoje otoczenie w sposób autonomiczny, do momentu w którym potrzebuje pomocy człowieka. Statek podejmuje decyzje autonomicznie tak długo, dopóki nie zachodzi konieczność wsparcia ze strony człowieka. Statek wykonuje poszczególne operacje w sposób automatyczny, ale może w każdym momencie zwrócić się o pomoc człowieka;

- poziom 5. *Statki w pełni autonomiczne*. Statek rozpoznaje swoje otoczenie w sposób autonomiczny, w każdych warunkach. Statek podejmuje decyzje autonomicznie. Statek wykonuje poszczególne operacje w sposób automatyczny.

4. PODSUMOWANIE

Można postawić hipotezę dotyczącą przejścia do ery autonomicznej żeglugi bezzałogowej, że będzie ona następowała stopniowo, wprowadzając poszczególne stopnie autonomii, rozwijanie ich, testowanie w praktyce i dalszą ewolucję, co zajmie kilka najbliższych dziesięcioleci. Wydaje się także uzasadnione stwierdzenie, że pierwsze jednostki autonomiczne nadal będą wymagać obecności niewielkiej liczby członków załogi na pokładzie, jako ewentualne wsparcie w przypadku napotkanych problemów na morzu. Stąd też pierwsze jednostki będą miały charakter hybrydowy i cechować je będzie autonomia dynamiczna.

W bliskiej perspektywie czasowej można spodziewać się statków nawet na wyższych poziomach autonomii, jednak wykorzystywane będą raczej w lokalnych, specyficznych regionach, które wyjątkowo dobrze nadają się do realizacji operacji bezzałogowych. Wynika to z jednej strony z ryzyka ekonomicznego, natomiast z drugiej musi istnieć przekonanie w zakresie wydajności, niezawodności i bezpieczeństwa tych rozwiązań zanim zostaną wdrożone na szeroką skalę. Jednak już na tym etapie można założyć, że funkcjonowanie statków autonomicznych będzie bezpieczne dla otoczenia co najmniej na takim samym poziomie jak obecnie poruszających się jednostek pływających. Przy czym należy wyraźnie podkreślić, że oprócz pozytywnej strony tych rozwiązań, polegającej na zmniejszeniu liczby ludzkich błędów, istnieje także wymiar nacechowany negatywnie, będą to nowe rodzaje zagrożeń, wymagające identyfikacji i stosownego przeciwdziałania. Powszechne wykorzystanie statków autonomicznych będzie także w dużym stopniu zależało od sposobu ich postrzegania przez społeczeństwo i przemysł. Należy na te elementy również zwrócić uwagę, żeby autonomiczna żegluga uzyskała uznanie kulturowe i stała się właściwą normą w przemyśle morskim.

Konkludując już same systemy klasyfikacyjne poziomów autonomii statków morskich należy podkreślić, że te, które zostały omówione i scharakteryzowane w niniejszym artykule nie są oczywiście zbiorem kompletnym, nie ujęto wszystkich obecnie istniejących. Wybrano te najbardziej ciekawe i rozbudowane, dodatkowo stworzone w różnych środowiskach zarówno naukowych jak i przemysłowych. Powstałe do tej pory różne systemy klasyfikacyjne na pewno nie wyczerpują prac nad standardowymi klasyfikacjami pomagającymi w identyfikacji

i określeniu różnych poziomów autonomii na statkach. Tak jak będzie rozwijała się era żeglugi bezzałogowej, tak też będzie następowała ewolucja systemów klasyfikacyjnych. W pewnej perspektywie czasowej nastąpi także przyjęcie w tym zakresie określonych norm/standardów obowiązujących w całym środowisku międzynarodowym. Staną się one podstawą projektowania, budowy i funkcjonowania autonomicznych statków morskich oraz jasnym punktem odniesienia dla nowych, niezbędnych regulacji prawnych.

LITERATURA

AAWA (2016). *Remote and Autonomous Ship - The next steps*, London: AAWA.

Hirayama, A. (2018). *Activities for Realization of Autonomous vessels*, International Workshop on Maritime Autonomous Surface Ships and IMO regulations, Londyn.

IMO MARITIME SAFETY COMMITTEE. (2017). 98th session, Agenda item 20. *Maritime Autonomous Surface Ships, Proposal for a regulatory scoping exercise*. Submitted by Denmark, Estonia, Finland, Japan, the Netherlands, Norway, the Republic of Korea, the United Kingdom and the United States. IMO Document MSC 98/20/2.

Lloyd's Register (2017). *LR Code for Unmanned Marine Systems*, London.

Maritime UK (2017). *Being a Responsible Industry: An Industry Code of Practice*, ver. 1.0, London: Maritime UK.

NFAS. (2017). *Definitions for Autonomous Merchant Ships*. Norwegia: NFAS.

Utne, I.B. (2017). *NTNU Centre for Autonomous Marine Operations and Systems: -Shipping and digitalization*, Department of Marine Technology, NTNU.

SAE J3016, *Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems*, Revision September 2016, SAE International.

Sheridan, T.B., Verplank, W.L. (1978). *Human and computer control of undersea teleoperators*, MIT Man-Machine Systems Laboratory.